

PANKOTAI

HERPAY

**Erdészeti
szállítástan**

PANKOTAI
HERPAY **Erdészeti szállítástan**









DR. PANKOTAI GÁBOR • DR. HERPAY IMRE



BUDAPEST 1965

Erdészeti szállítástan

OEE Könyvtár
Áll.EII. 2018

257/L 2019

4/5

Országos Erdészeti Egyesület
KÖNYVTÁRA

MEZŐGAZDASÁGI KIADÓ

Dr. Walek Károly (1878–1952), a volt Bányamérnöki és Erdőmérnöki Főiskola matematika professzora emlékének

Lektorok

Dr. techn. SALI EMIL

az Országos Erdészeti Főigazgatóság vezetőjének helyettese,
a mezőgazdasági (erdészeti) tudományok kandidátusa

Dr. techn. NEMESDY ERVIN

Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem tanszékvezető egyetemi
tanára, a műszaki tudományok doktora

© Dr. Pankotai Gábor, dr. Herpay Imre, 1965

*A Földművelésügyi Miniszter az Erdészeti és Faipari
Egyetem hallgatói részére tankönyvként engedélyezte*

Tartalomjegyzék

Előszó

1. Bevezetés az erdészeti szállítástanba

1.1	Az erdészeti szállítás fogalma és jelentősége	15
1.2	A szállító jármű és pálya kapcsolata	16
1.3	Az erdészeti szállítás néhány fontos alapfogalma	17
1.4	Az erdészeti szállítás jellemzői és alaptörvényei	18
1.5	Történeti áttekintés	19
1.6	Az erdészeti szállítástan beosztása	21

2. Erdőgazdasági utak tervezése, építése és üzemben tartása

2.1	Alapfogalmak	25
2.2	Az erdei utak járművei	27
2.21	Fogatos járművek és vontatások	27
2.211	Fogatos járművek	27
2.212	A fogatos vonóerő	32
2.22	Gépjárművek és vontatások	38
2.221	Tehergépkocsik	38
2.222	Vontatók	41
2.223	Különleges gépjárművek	49
2.224	A gépjárművek vonóereje	51
2.225	Gépjárművek üzemanyagfogyasztása	55
2.226	A gumiabroncsok	56
2.227	Az adhéziós vontatás és a vontatási ellenállások	58
2.228	A járművek fékezése és a fékút	67
2.3	Erdőgazdasági utak tervezése	68
2.31	Tervezési elemek	69
2.311	Az erdei utak keresztmetszete	69
2.312	Az erdei utak emelkedőviszonyai	73
2.313	Az utak ívviszonyai	78
2.314	A szabad kilátás biztosítása	95
2.32	Ívkitűzések geometriája	97
2.321	Körívek kitűzése	97
2.322	Átmeneti íves körívek kitűzése	100
2.323	Lekerekítő ívek kitűzése	101
2.33	A tervezés végrehajtása és a termőművelet elkészítése	103
2.331	Az út nyomvonalának kiválasztása és kitűzése	103
2.332	A vonal kiválasztásának szempontjai	108
2.333	A terepalakulatok hatása a nyomvonal kiválasztására	108
2.334	Elágazó utak tervezése	111
2.335	A vonal kiválasztásánál figyelembe veendő üzemi szempontok	113
2.336	A pálya tengelyvonalának tervezése, kitűzése és bemérése	113
2.337	Az útpálya építési tervének elkészítése	122
2.338	A mozgósítandó földtömeg meghatározása és a földmozgatás tervezése	128
2.339	A termőműveletek (tervdokumentáció) kiállítás és a tervezési munkák előkészítése	137
2.4	Talajmechanikai alapismeretek (Dr. Herpay Imre)	139
2.41	Bevezetés	139
2.42	Talajfizikai jellemzők	141

2.421 Szemeloszlás	141
2.422 Fajsúly és térfogatsúly	145
2.423 Hézagterefogat és hézagtenyező. Tömörség	146
2.424 Természetes víztartalom és relatív nedvesség	149
2.425 Konzisztencia-határok	148
2.426 A talaj vízáteresztő-képessége és a víz kapilláris emelkedése a talajban	152
2.427 A talaj egyirányú nyomószilárdsága	154
2.428 A talajok összenyomódása	155
2.429 Sűrűdés és kohézió	157
2.43 A talajok szerkezete	160
2.44 A talaj szervesanyag-tartalma és káros vegyületei	161
2.45 A talajok osztályozása	164
2.46 Elméleti talajmechanika	164
2.461 Tényleges és semleges feszültségek	166
2.462 A végtelen féltér feszültségállapota	166
2.463 Féltér plasztikus egyensúlyi állapot	166
2.464 Aktív földnyomás	167
2.465 Passzív földnyomás	178
2.466 Szabad rézsűk állékonysága	179
2.467 A talaj teherbírása	184
2.468 Feszültségek eloszlása homogén féltérben	188
2.469 Feszültségeloszlás kétrétegű rendszerben	191
2.47 Gyakorlati talajmechanika	193
2.471 Talajfeltárás	193
2.472 Tömörítés	197
2.473 Térfogatváltozó talajok	200
2.474 Fagykár és olvadási kár	201
2.475 Talajfeszültség alapozásoknál	204
2.476 Alaptestek süllyedésének számítása	207
2.477 Az alapozási mód megválasztása	210
2.478 Az alapozási sík felvétele	211
2.479 Talajmechanikai szakvélemény	211
2.5 Útépítési anyagok	212
2.51 Alapfogalmak	212
2.52 Kőnemű útépítési anyagok	212
2.521 Kőnemű anyagok választékai	212
2.522 Kőzetek kitermelésével kapcsolatos általános tudnivalók	214
2.523 Szilárd kőzetek kitermelése	216
2.524 Nagyobb anyagnyerőhelyek berendezése	227
2.53 Szénhidrogéntartalmú kötőanyagok (Dr. Herpay Imre)	229
2.531 Szénhidrogéntartalmú kötőanyagok minőségi vizsgálata	229
2.532 A bitumenek és kátrányok terminológiája	231
2.6 Erdei utak alépitménye	234
2.61 Földművek tervezése	234
2.611 Földművek anyaga és jellemzői	234
2.612 Töltések alapozása	240
2.613 Földművek védelme	243
2.614 Földművek romlása	247
2.615 Hófűvás és görgeteg elleni védelem	249
2.62 Erdei utak műtárgyai	250
2.621 Alapfogalmak	250
2.622 Támasztófalak	250
2.623 Áteresztők, és kishidak	256
2.624 Műtárgyak alapozásának kivitelezése (dr. Herpay Imre)	283
2.63 A pályatest vízvédelme	290
2.631 Alapelvek	290
2.632 Általános vízvédelem	291
2.633 Vízterelők	294
2.634 Csőáteresztők,	298
2.7 Erdei útépítések alépitményi munkáinak kivitelezése	301
2.71 Általános tudnivalók	301
2.72 Előkészítő munkák	302
2.73 Föld fejtése, szállítása és töltések építése	303
2.731 Általános tudnivalók	303
2.732 A földmunkagépek és az építés végrehajtása	304
2.733 Munkaszervezési szempontok	320
2.734 Balesetelhárítás a földmunkánál	323

2.8	Erdei útpályák (dr. Herpay Imre)	323
2.81	Erdei utak pályaszerkezetének kialakítására ható tényezők	325
2.811	Erdőgazdasági tényezők	325
2.812	Forgalom	326
2.813	Talajviszonyok	328
2.814	Éghajlat	329
2.815	A pályaszerkezet méretezése	334
2.82	Pályaszerkezet építésének szükségessége	334
2.83	A pályaszerkezet építéséhez szükséges felszerelések	336
2.84	Közönséges földutak	341
2.841	Közönséges földutak forgalma, tervezése és építése	341
2.842	Közönséges földutak üzeme	345
2.843	Közönséges földutak karbantartása	345
2.85	Javitott földutak és talajstabilizációk	346
2.851	Mechanikai stabilizáció	347
2.852	Cementstabilizáció	357
2.853	Mészstabilizáció	362
2.854	Bitumenstabilizáció	363
2.855	Vegyszeres stabilizációk	374
2.86	Makadám pályaszerkezetek	375
2.87	Aszfaltburkolatok	386
2.871	Felületi bevonás	386
2.872	Itatott makadám	394
2.873	Aszfaltzúzalék-szőnyeg	397
2.874	Kötőzúzalékos makadám	398
2.88	Pályaszerkezetek karbantartása	399
2.881	A vízvezetés biztosítása	499
2.882	Mechanikai stabilizáció fenntartása	400
2.883	Bitumenstabilizáció fenntartása	401
2.884	Makadám zúzottkőpálya fenntartása	401
2.885	Felületi bevonás fenntartása	402
2.886	Fenntartási munkák szervezése	403
2.89	Pályaszerkezetek tervezése és gazdaságossága	404
2.891	Méretezési módszerek	404
2.892	Pályaszerkezetek tervezése	420
2.893	Héjburkolatok	427
2.894	Pályaszerkezetek kiválasztása és gazdaságossága	428

3. Az erdőgazdasági anyagmozgatás tervezése és költségszámítása

3.1	Az anyagmozgatási folyamat alapegyenletei	435
3.2	Erdészeti szállítógépek üzemköltségei	441
3.3	Anyagmozgatási költségegyenletek	444
3.4	Számítások anyagmozgatási folyamatok tervezéséhez	446
3.41	Rakodási kapacitás meghatározása	446
3.42	Többgépes szállítás tervezése pótkocsis vontatóknál	447
3.43	Önrakodó berendezések vizsgálata	450
3.44	Rakodók kapacitásának meghatározása	451
3.45	Az elméleti és a redukált teljesítmény	454
3.46	Fel- és levonulás által okozott veszteség	454
3.47	Üzemi menetdiagramok	455

4. Erdőgazdasági sodronykötélpályák

4.1	A kötélpályákról általában	459
4.2	Kötélpálya-rendszerek	460
4.21	Egykötteles kötélpályák	461
4.211	Angol rendszerű kötélpályák	461
4.212	Lasso-Kábel berendezés	461
4.22	Kétkötteles kötélpályák	463
4.221	Kötélpályák	463
4.222	Kötéldaruk	468
4.23	Kötélvonzolós módszerek	474
4.3	Kötélpályák szerkezeti részei	481
4.31	Sodronykötél	481
4.32	A kötélzorítók és egyéb kötélvezetődek	489

4.33	Állványszerelvények	490
4.331	Hordkötélsaruk	490
4.332	Pályagörgők és vonókötélterelő villák	492
4.34	Állványok	494
4.35	Kihorgonyzások	501
4.36	Hajtóművek	502
4.361	Csörlők	502
4.362	Pályahajtások	505
4.37	Kocsiszerkezetek	506
4.371	Végtelen vonókötélű pályák kocsiszerkezetei	507
4.372	Kötéldaruk kocsiszerkezetei	508
4.4	A kötelek statikája	512
4.41	Az önsúly hatására kialakuló kötélgörbe	516
4.42	A kötélgörbe alakulása „Q” hasznos teher hatása alatt	518
4.43	A kötélgörbe ívhosszúsága	520
4.44	A terhelt kötélgörbe alakulása a teher áthaladása közben	521
4.15	Mindkét végén elmozdulásmentesen lehorgonyzott hordkötél szerelési feszítésének számítása	523
4.5	A hordkötél méretezése	525
4.6	Pályatervezési számítások	529
4.61	A hordkötél és vonókötél megválasztása	529
4.62	Ideiglenes állványkiosztás és egyúttal a hordkötélgörbe berajzolása	530
4.63	Hordkötél törésszögek ellenőrzése és az ideiglenes állványkiosztás módosítása	531
4.64	A kötélgörbe berajzolása, a törésszögek végleges kiszámítása és a kötélméret ellenőrzése	532
4.641	A kötélterő alakulása feszítőszúly esetén és a feszítőszúly meghatározása	533
4.642	Mindkét végén szilárdan lehorgonyzott hordkötél szerelési feszítésének meghatározása	535
4.643	A törésszögek pontos kiszámítása	537
4.644	Kötélgörbe, ill. befüggés számítása többkocsis üzem esetén	538
4.65	Támaszerők meghatározása és az állványok méretezése	539
4.66	Lehorgonyzások ellenőrzése	541
4.67	A pályahajlás tervezése	543
4.671	Vonókötél méretezése	544
4.672	Meghajtóművek műszaki jellemzői	545
4.68	Példa kötéldaru hordkötélinek számítására	548
4.7	Kötélpályák építése	552
4.71	Kötélkapcsolások	552
4.72	Eszközök és felszerelések	557
4.73	Kötélpályák szerelése	558
4.74	A kötélterő ellenőrzése a hordkötélben	561
4.75	A pálya leszerelése	562
4.8	Kötélpályák az erdészeti üzemben	563
4.81	A sodronykötélpályás anyagmozgatás erdészeti jelentősége	563
4.82	Erdészeti kötélpályák és kötéldaruk gazdaságossága	564
4.83	Kötélpályák és kötéldaruk telepítése és üzeme	568
4.831	Kötélpályák	568
4.832	Kötéldaruk	571
4.9	Balesetelhárítás a sodronyköteles anyagmozgatásnál	574

5. Az erdészeti szállítás munkafolyamata

5.1	A fa, mint az anyagmozgatás tárgya	579
5.11	Külső tulajdonságok	579
5.12	Belső tulajdonságok	580
5.2	A faanyag-mozgatás folyamata	581
5.21	A faanyagmozgatás, mint egységes munkafolyamat	581
5.22	Az átrakások szerepe	583
5.23	Az időjárásbiztonság szerepe	585
5.24	Az erdőgazdasági anyagmozgatás szakaszossága	585
5.3	Közelítés (anyagmozgatás a termőterületen)	587
5.31	A közelítés jellemzői	587
5.32	A közelítési művelet kialakításának általános erdőgazdasági szempontjai	588
5.33	A közelítő nyomhálózat	589
5.34	A közelítési rendszerek elnevezései	592
5.35	A közelítési módszerek	594

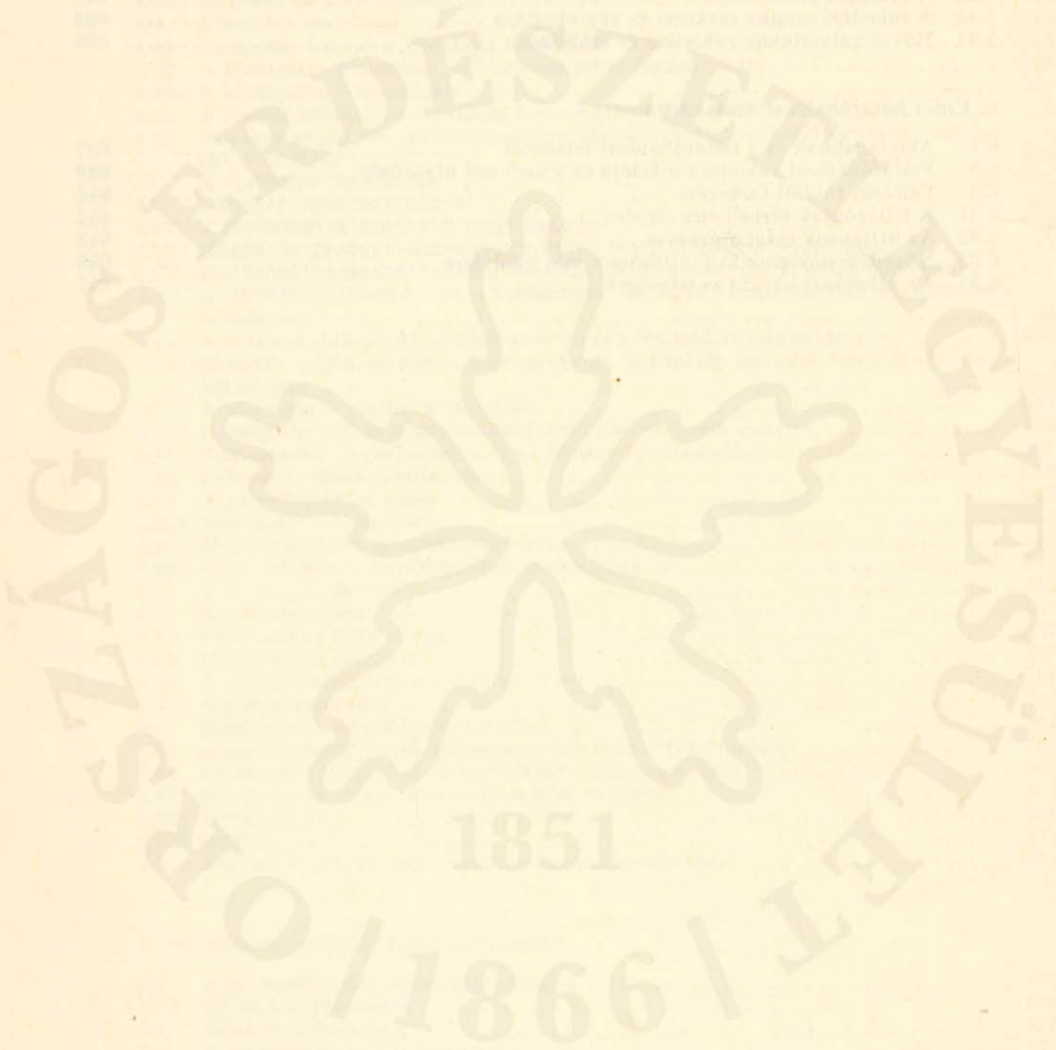
5.36	A közelítés eszközei	597
5.361	Közelítés emberi erővel	597
5.362	Közelítés állati erővel	597
5.363	Közelítés motoros erővel (Gépi közelítés)	598
5.364	Közelítés nehézségi erő segítségével	601
5.37	Közelítési károk	605
5.38	A termőterület anyagmozgatási jellemzői	609
5.39	Közelítési munkák szervezési kérdései	615
5.4	A rakodás és az erdei rakodók	618
5.41	Alapfogalmak	618
5.42	A rakodók kialakítása	619
5.43	A rakodási munka eszközei és végrehajtása	623
5.44	Rövid választékok rakodása és szállítása	630

6. Erdei feltáróhálózat kialakítása

6.1	Alapfogalmak és a feltáróhálózat feladatai	637
6.2	Feltáróhálózat rakodói funkciója és a kedvező útsűrűség	639
6.3	Feltárás távlati tervezése	642
6.31	A feltáróutak térbeli elrendezése	642
6.32	Az úttípusok meghatározása	643
6.33	Növedékesoportok kialakításának más módszere	645
6.34	Az úthálózat okozta veszteségek	647

1851

/1866/



Az Erdészeti Szállítástan felsőfokú oktatása hazánkban jelentős múltra tekint vissza. A múlt században hosszú ideig, a kor technikai színvonalának megfelelően, az Erdőhasználatban keretében került előadásra, majd később a szállítóberendezések építésével kapcsolatos részeket a Bányászati és Erdészeti Akadémia Építéstani Tanszéke oktatta kellő részletességgel. A fejlődés fontos lépcsőjének tekinthetjük *Sobó Jenő* akadémiai tanárnak 1899-ben Selmecbányán megjelent 970 oldalas könyvét, mely tartalmát tekintve, annak ellenére, hogy az „*Erdészeti Építéstan*” II. részeként „Út-, vasút- és hidépítéstan” címet viseli, az akkori technikai színvonalnak és felfogásnak megfelelő Erdészeti Szállítástanak tekinthető. A vágástéri anyagmozgatást a tarvágásos üzemmódnak és az akkori termelési viszonyoknak megfelelő szinten, mérsékelt terjedelemben, továbbra is az Erdőhasználatban tárgyalta.

Sobó Jenő munkája először foglalkozik a kötélpálya-építéssel és ennek tárgyköréből is igen részletes és korszerű ismereteket ad.

Ettől az időponttól kezdve hazánk felszabadulásáig, sőt még azután is, az erdészeti szállítástechnikát, melyet három félévben oktattak, az erdei vasút uralta. Ennek jegyében került kiadásra 1920-ban a már akkor „Bányamérnöki és Erdőmérnöki Főiskola” címet viselő intézetünkben *Jankó Sándor* főiskolai tanár kétkötetes *Erdei Szállító Berendezések* c. könyve.

1923-ban *Modrovich Ferenc* (1887–1947) vezetése alatt megalakult az *Erdészeti Szállítóberendezések* önálló tanszéke.

1929/31-ben megjelent *Modrovich Ferenc* egyetemi tanár Erdészeti Szállítóberendezések c. jegyzete is, mely bővítve és átdolgozva az 1942/43-as tanévnem ismét kiadásra került.

Egyetemünk elődjénél, az Erdőmérnöki Főiskolán a felszabadulás óta megjelent jegyzetek és az oktatás módszere *Modrovich Ferenc* kiváló munkájához igazodtak.

A technika rohamos fejlődése, a szocialista társadalmi – gazdasági renddel megnyíló lehetőségek az erdőgazdasági üzem régi kereteit szétfeszítették, az anyagmozgatásban és az erdei útépítésben növekvő számban alkalmazott gépek számos kialakult szabályt felborítottak. Beruházásaink lehetővé tették, hogy az erdők feltárását rendszeresen és igen jelentős lépésekkel folytassuk, és a szállítóhálózatot az erdei termékek leszállításán túl a korszerű, belterjes erdőgazdálkodás ütdőerévé fejlesszük ki.

Az évente szállítási költségekre és a szállítással kapcsolatos beruházásokra fordított csaknem félmilliárd forint alaposan megindokolja korszerű erdészeti szállítástani ismeretanyag elkészítését és oktatását. Ezt a most Egyetemünkön bevezetett új tanulmányi program keretében meg is valósítottuk.

E tankönyv az új program szellemében készült és magába foglalja három félév anyagát. Elsősorban tankönyv, bár célul tűztük ki, hogy üzemben dolgozó szakemberek részére is használható legyen.

Anyaga támaszkodik az Egyetemünkön oktatótt összes alap- és alapozó tárgyra, különösképpen a két félévben oktatótt Mechanikára, és kapcsolódik az összes szaktárgyához, főleg az Erdészeti Géptanhoz és az Erdőhasználat-tanhoz.

Az Erdészeti Szállítástan óraszámának mintegy 50%-át gyakorlati órák teszik ki. A gyakorlati órákon az erdőmérnökhallgatók a tervezés terepi és irodai munkáit, a szállítás üzemi feladatainak megoldását gyakorolják. A gyakorlatok anyagára az Erdészeti Szállítástani Tanszék megfelelő útmutatókat, példatárakat dolgozott ki és bocsátott a hallgatók rendelkezésére, melyek könyvünk anyagát kiegészítik.

Az Erdészeti Szállítástan teljes anyaga Sobó Jenő és Jankó Sándor professzorok említett munkái óta könyv alakban most kerül először kiadásra, ezért feltehető, hogy a szakközönség nagyobb részletességet kívánt volna. A tankönyv-jelleg azonban már eleve bizonyos korlátok közé kényszerített minket, így számos helyen az elvek ismertetésén túl nem mehettünk. A technika közismerten rohamos fejlődése egyébként is kizárja, hogy könnyen korszerűtlenné váló részletkérdéseket behatóan tárgyaljunk. A teljességre sem törekedhettünk, mert feláldoztuk volna az anyag áttekinthetőségét.

Könyvünk összeállításához sokan nyújtottak segítséget. Köszönet illeti *dr. Salí Emil* erdészeti főigazgatóhelyettest, aki szorgalmazta e könyv kiadását és mint lektor különösen az üzemi vonatkozású részek kidolgozásánál nyújtott segítséget, továbbá *dr. Nemesdy Ervin* tanszékvezető egyetemi tanárt, aki a mérnöki vonatkozású részek elkészítésénél adott hasznos tanácsokat.

Köszönjük Rácz József egyetemi adjunktusnak az ábrák és képek elkészítését, Szalay Pálné egyetemi adminisztrátornak a kézirat gépelését és rendezését, és Árkai Zoltán laboránsnak a kézirat rendezésével kapcsolatos munkáját.

Nem mulaszthatjuk el, hogy köszönetet mondjunk az erdők sok-sok dolgozójának, munkásoknak, technikusoknak és erdőmérnököknek, akik mint munkatársaink ismereteink gyarapításához hozzájárultak, így különösen a Pilsí, Nyugatbükki, Magasbakonyi, Délsomogyi és Délzalai Erdőgazdaságok dolgozóinak.

Reméljük, hogy a szaktársadalmunk bírálata is segítséget nyújt könyvünk és rajta keresztül egyetemi oktatásunk tökéletesítéséhez.

Sopron, 1963. október 30.

A szerzők

1. Bevezetés az erdészeti szállítástanba

1.1 Az erdészeti szállítás fogalma és jelentősége

1.2 A szállító jármű és pálya kapcsolata

1.3 Az erdészeti szállítás néhány fontos alapfogalma

1.4 Az erdészeti szállítás jellemzői és alaptörvényei

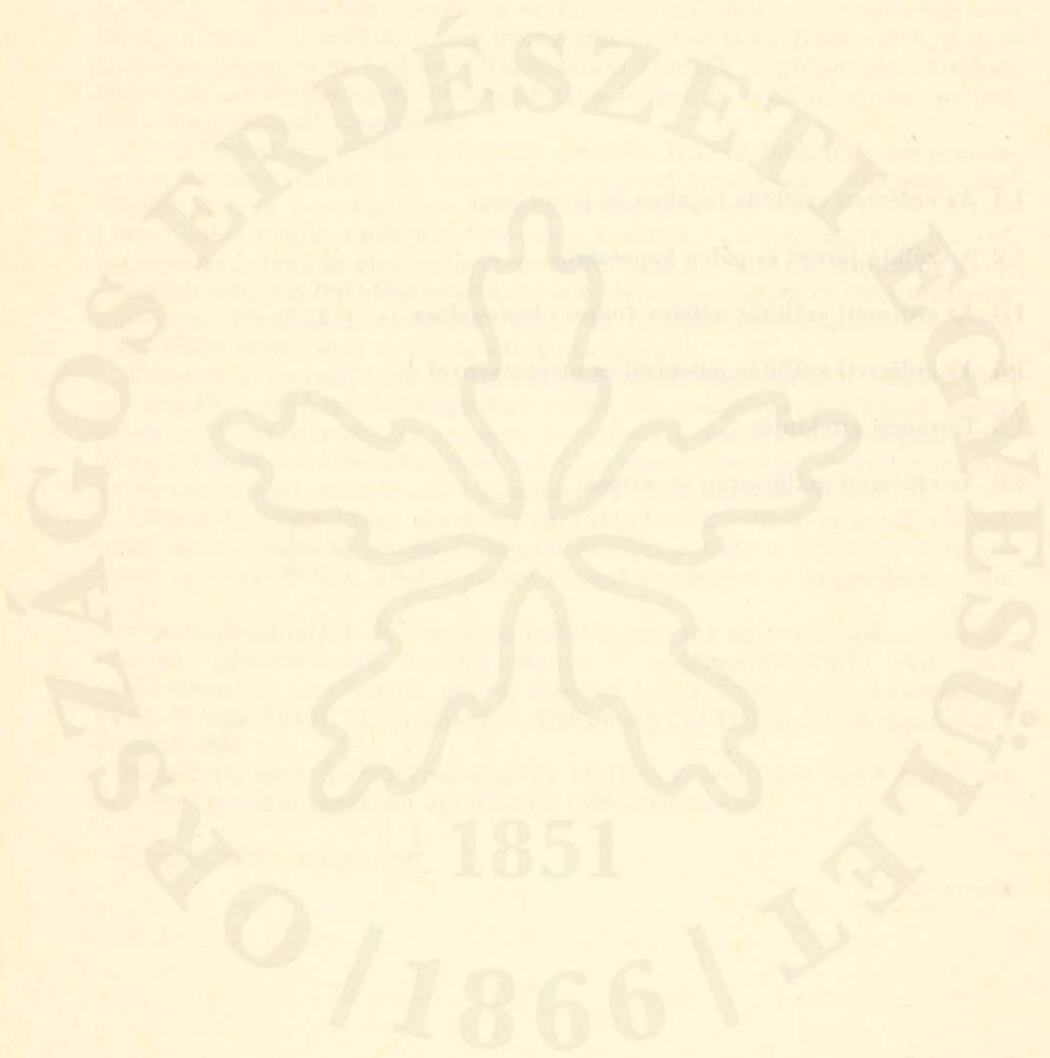
1.5 Történeti áttekintés

1.6 Az erdészeti szállítástan beosztása

1851

/1866/

A bevezetés az erdészeti szakkönyvtárban



1.1 Az erdészeti szállítás fogalma és jelentősége

A szállítási munka általánosságban különböző terheknek, azaz nyersanyagoknak, gyártmányoknak, eszközöknek és munkaerőknek mozgatása. A termelés folyamata a termelvénynek (terméknek) forgalomba hozataláig át meg át van szőve szállítási munkával. Minél nagyobb térben dolgozik egy termelő üzem, annál nagyobb a termék előállításához és forgalomba hozatalához szükséges szállítási munka.

Ebből következőleg a szállítási munka nagyságát tekintve az erdőgazdálkodás a mezőgazdasággal és bányászattal együtt élen jár a többi termelési ághoz viszonyítva.

Élesen el kell különíteni az üzemen belüli szállítás fogalmát az üzemen kívüli, közforgalmú berendezéseken történő szállítástól. Az erdőgazdálkodás termékének az üzemen belüli mindennemű mozgatása az árutermelés folyamatához tartozik és, mint azt később megvilágítjuk, szorosan kapcsolódik a termelési folyamathoz, annak kialakítását erősen befolyásolja.

Az erdészeti szállítástan elsősorban az erdészeti üzem belső szállításával, azaz a munkásoknak, gépeknek és eszközöknek a termelési helyre, a kidöntött faanyagok a közforgalmú szállítóberendezések rakodójára való mozgatásával és a szállításhoz szükséges létesítmények építésével és fenntartásával foglalkozik. Az üzemen kívüli szállítást csak annyiban érinti, amennyiben az a termelés folyamatára érzékelhető hatással van.

Az erdészeti szállítási munkák mennyiségileg legnagyobb része a faanyag-szállítás. Ez lényegében a fa megtermelési munkái és a fa feldolgozásának műveletei közé esik, ezeket összekapcsolja. A másik, mennyiségileg sokkal kisebb, de fontosságban egyre növekvő rész az erdőgazdasági termeléshez nélkülözhetetlen anyagok, gépek, személyek helyszínre való szállítása. A modern erdőgazdasági üzem mindig több és több munkagépet alkalmaz, ezek segédanyaga, alkatrészei stb. mind helyszínre szállításra várnak. Az erdei munkások és műszaki dolgozók szállítása, munkaképességük megóvása és munkakörülményeik javítása a szocialista nagyüzemi erdőgazdálkodás feladata.

Az erdészet szállítási munkájának jelentőségét kiemeli az a tény, hogy az erdőgazdaság szállítási munkára évente mintegy 280 millió forintot fordít, ami a fakitermelési költségek 45%-a.

1.2 A szállító jármű és pálya kapcsolata

Az erdészeti szállítás gazdaságos kialakítása a pálya és a jármű dialektikus kapcsolatának ismeretében mehet végbe.

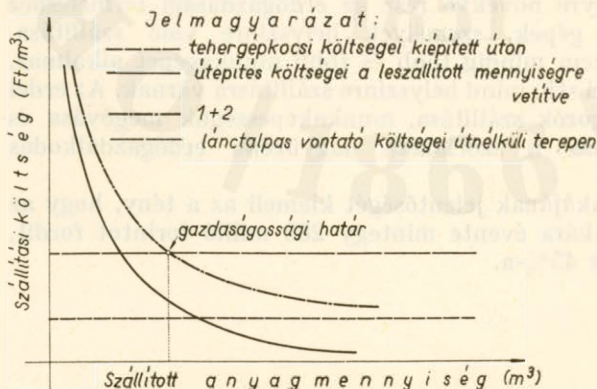
Mint tudjuk, a társadalom fejlődésében az ember megjelenése óta jelentős szerepet játszik a szállítás. A fejlődés kezdetén az ember a tüzeléshez, az építkezéshez szükséges fát, esetleg kőanyagot a talajon kötelekkel vonszolta a felhasználás helyére. Később a talaj és a vonszalék között fellépő tetemes súrlódás leküzdésére a tárgy alá dorongokat helyezett. A dorongok alkalmazásából fejlődött ki a kerék, a kerékből a jármű. A fejlődés folyamata ma is tart, szakemberek és intézetek egész sora foglalkozik a járműtechnika fejlesztésével. Törekvésük az, hogy minél korszerűbb futóművű járművekkel csökkentsék a talaj és a jármű között fellépő ellenállás nagyságát, a vontatási feltételek biztosítása mellett.

De másik lehetőség is adódott a továbbítandó teher és a talaj közötti ellenállás csökkentésére, nevezetesen a talajnak olyan kedvező átalakítása, hogy rajta a vonszolt teher, későbbiekben a terhelt jármű súrlódása, gördülési ellenállása csökkenjék. Ebből a törekvésből alakultak ki az utak, később a vasutak és egyéb pályák, valamint a korszerű út-, vasút- és kötélpálya-technika.

A jármű és a pálya, mint látjuk, ellentmondásos viszonyban vannak egymással. A szállítások fejlődése voltaképpen ennek a viszonyoknak a változása, a szállítástechnikával foglalkozó szakemberek feladata pedig ennek az ellentmondásnak a technika rendelkezésre álló eszközeivel való feloldása.

A cél mindig a legkisebb energiával való továbbítás. Az energia felmerülhet mint vontatási vagy pályaépítésre fordított energia és visszatükröződik a vontatási, illetve a pályaépítési és fenntartási költségekben. Kisebb pályaépítési költség nagyobb vontatási költséggel jár és fordítva.

A gazdaságilag helyes megoldás kiválasztására jelentős hatással van a vontatás gyakorisága, illetve a szállított mennyiség. A pályaépítés és fenntartás költségei nem emelkednek arányosan a rajtuk leszállított anyag, áru mennyiségével, a vontatás költségei azonban azzal mindig arányosak. A leszállított anyagmennyiség egységére, pl. az 1 m³ fára vonatkoztatott vontatási költség a leszállítandó mennyiségtől csaknem független, az egységre vonatkoztatott pályaépítési és fenntartási költség azonban a leszállítandó mennyiséggel fordítottan arányos. Ebből nyilvánvaló, hogy annál inkább előnyös a költséges pálya és olcsó vontatási energia, minél nagyobb mennyiségű anyag szállításáról van szó. Az összefüggést az 1.2-1. ábra világosan szemlélteti. A megoldások egyik szélső határa, amikor egyáltalán nem érdemes pályát



építeni, hanem megfelelően kialakított járművel közvetlenül a terepen mozgunk. Ezt a megoldást a gazdaságosságán kívül szükségessé teheti az is, hogy a területet termőterület gyanánt hasznosítsuk, tehát természetes állapotában kell meghagynunk, vagy növénytermesztési célra kell megmunkálnunk. Ilyen esetekben már a gazdálkodási ágak egészen speci-

ális szállítási feladataihoz érkezünk el, amelyek már a termeléstechnikához szorosan kapcsolódnak.

A jármű és az útpálya ellentmondásos összefüggése során rá kell még mutatni a következőkre:

A gépi járművekben és eszközökben jelentős beruházási érték fekszik. Ennek nagysága a gépek üzemóra-költségén belül jelentkezik. Így a pálya nélküli anyagmozgatás fajlagos költségeihez is mindig egy bizonyos beruházási költségérték tapad. Ennek nagysága az egy üzemórára eső teljesítménynek függvénye. A teljesítmény viszont erősen függ a pályaviszonyoktól – tehát, ha a pályaviszonyokat beruházási ráfordítással javítjuk, az anyagmozgatási költségeknek a jármű beruházási költségeiből származó része is csökken.

1.3 Az erdészeti szállítás néhány fontos alapfogalma

Az erdei szállítás a pályától, a körülményektől függően szakaszokra oszlik. Ezek a szakaszok a következők:

1. *Közelítés.* Ez a faanyagnak a fatermelésre kijelölt területen való mozgatása. Jellemzője tehát, hogy a munkaterületen álló fák a művelet során akadályt képeznek, valamint a munkaterületen álló fák (újulat stb.) és az erdőtalaj a munka végzése során nem, vagy lehetőleg kismértékben rongálható meg.

2. *Kiszállítás.* A közelítéshez kapcsolódó művelet, amelyen a fatermesztésre kijelölt területről kiközelített anyagnak a szilárd, minden időben járható útig való mozgatása értendő.

3. *A szállítás* a minden időben járható úton való mozgatás. Az egyes szakaszokat rakodók kapcsolják össze, amelyek alkalmasak bizonyos mennyiségű anyag hosszabb-rövidebb ideig való tárolására.

Rá kell mutatnunk arra, hogy az egyes szakaszok nem különülnek el mindig, hanem kapcsolódnak.

Az erdőben kialakított állandó, tartamosan üzemeltetett szállítóberendezések hálózatát feltáráshálózatnak nevezzük, a feltáráshálózat létesítése a feltárási művelete.

Erdőgazdaságunkban a feltáráshálózatot főleg az erdei utak alkotják, de ehhez számíthatók még a meglévő erdei vasutak, sőt a víziutak is.

A feltáráshálózat alkotja az erdei közlekedés vázát, melyre a korszerű gazdálkodás minden művelete támaszkodik. A feltáráshálózatot kiegészíti még a nem tartamosan üzemeltetett pályarendszer, kötélpályák, közelítő nyomok, csúsztatók rendszere.

A szállítási munkák szervezésére és gazdaságosságára nagy hatással van az *anyagkoncentráció*, amin a ha-onként egy-egy alkalommal kitermelt, tehát leszállításra kerülő anyagmennyiséget értjük. Minél kisebb a koncentráció, annál nagyobb területen kell az anyagot összegyűjteni, ami a mozgatási költséget emeli. Az anyagkoncentráció így befolyással van egy-egy berendezés, eljárás alkalmazhatóságára.

Fontos fogalom az ún. „*gravitációs irány*”. Ezen a terepen a vízfolyás, tehát az állandó lejtő irányát értjük. A szállításra fordított energia ui. annál kisebb, minél inkább felhasználjuk a lejtőirányú szállítást. Bizonyos esetek a lejtővel szemben való szállítást teszik szükségessé. Ezt a gyakorlat gravitáció ellen való szállításnak vagy néha „*kényszergravitációnak*” nevezi.

Az erdei termékek forgalma – eltekintve a kisebb terjedelmű csemete, építési anyag, segédanyag, munkagép helyszínre való szállítását – egyirányú áramlás jellegű. Mivel a fatermés pontos helyét és megjelenési idejét éves viszonylatban ismerjük (üzemterv, vágásterv), az eszközök és építmények az

üzem részét képezik, a dolgozók az üzem vezetőjének fegyelmi jogkörébe tartoznak, az erdei szállítás mind technikai, mind költség szempontjából pontosan tervezhető.

Az anyagmozgatási folyamat a következő részekből tevődik össze:

- a) Eszközök felvonulása a munkahelyre a telephelyről.
- b) Anyagfelrakás (felterhelés).
- c) Tehermenet, tulajdonképpeni anyagszállítási munka.
- d) Anyaglerakás (leterhelés).
- e) Üres menet.

Az üres menet után vagy ismétlődik az anyagszállítási ciklus, vagy az eszköz visszatér telephelyére (esetleg a munkahelyen marad, pl. kötélpálya).

Az előadott folyamat az erdőgazdasági gyakorlatban a következő formákban jelentkezik:

Ingajáratként, midőn azonos fel- és leterhelőhely között a munkanap folyamán többször fordulva végzi a szállítási munkát.

Gyűjtő szállítási folyamatként, midőn az eszköz az anyagot több helyen terheli fel és egy helyen terheli le. Jellemző példája a közelítés.

Anyagelosztó folyamatként, mely az előző fordítottja. Az eszköz az anyagot egy helyen terheli fel, és több helyen terheli le. Jellemző példája az útépítési anyag széthordása az útvonalon.

A szállító-anyagmozgató eszközök teljesítményeit két csoportra oszthatjuk:

1. Üzemi teljesítmények: a szállítási munka teljes időráfordítása, menetidő, állásidő, megtett km.

2. Szállítási teljesítmények, a leszállított tonna, illetve m^3 mennyiség és a leszállított tonna, illetve m^3 mennyiség és a szállítási úthossz szorzata, azaz a tonnakilométer, illetve m^3 km.

Az üzemi teljesítmények a szállítási teljesítmények előállítását szolgálják.

A menetidő és a szállítási idő viszonyát *menetidőtényezőnek* nevezzük.

Visszuar alatt a faanyaggal nem terhelt, az erdei rakodóra üresen visszairányított jármű kihasználását értjük, pl. segédanyag, munkás stb. kiszállítását.

1.4 Az erdészeti szállítás jellemzői és alaptörvényei

a) A szállítandó anyagnak értékéhez képest nagy terjedelme. Alig akad a népgazdaságban olyan termék, amelynek értéke terjedelméhez képest olyan kicsi, mint a faanyagé. Ez a gazdaságosság kérdését erősen kiemeli.

b) A szállítás időnyerő jelensége. Az erdőgazdaságban a mezőgazdasághoz hasonlóan a biológiai tényezők és az időjárás a szállítási időpontot bizonyos mértékig korlátozott közé szorítják. A faanyag romlandó volta, a nedvkeringés szünetelésére korlátozott kitermelési időny a szállítási munkák időpontját megszabja. Így az eszközök és berendezések bizonyos fokig lökés-szerűen, legtöbbször kedvezőtlen időjárási viszonyok között kerülnek kihasználásra.

c) A viszonylag kis mozgatási távolság, mely – mint látni fogjuk – az eszközök állásidejének fontosságát, azaz a szervezési kérdések súlyát hozza előtérbe. Az átlagos szállítási távolság, bár az előző évekhez viszonyítva kissé mértékű emelkedést mutat, mégsem lépte túl az 1961/62. gazdasági évben a 13,7 km-t. (Ezen belül a tehergépkocsi szállítási távolsága 17,7 km.)

d) A domborzati viszonyok hatása. A domborzati viszonyok a szállítás energiaszükségletére, az eszközök alkalmazhatóságára, a feltáráshálózat létesítési költségeire vannak nagy hatással, ami a pénzügyi ráfordítások nagysá-

gában jelentkezik. Így pl. a fakitermelési költségekből százalékosan az anyagmozgatás az alábbi összeget teszi ki egyes erdőgazdaságokban, domborzat szerint csoportosítva:

Hegyvidék:	Pilisi Áll. Eg.	54%
	Vértesi Áll. Eg.	51%
	Börzsönyi Áll. Eg.	58%
Dombvidék:	Középsomogyi Áll. Eg.	48%
	Délzalai Áll. Eg.	51%
Síkvidék:	Hajdúsági Áll. Eg.	32%
	Békési Áll. Eg.	33%

Az erdészeti szállítási munkák kialakításánál a következő törvényszerűségeket kell figyelembe venni:

1. Az egyszer mozgásba hozott teher lehetőleg ne kerüljön nyugalmi helyzetbe addig, míg végső rendeltetési helyét el nem éri. Ezért törekedjünk a szállítási szakaszok számának csökkentésére, a szükségtelen rakodási munkák elkerülésére. (*Kontinuitás tétele.*)

2. A nehézségi erő hatását igyekezzünk kihasználni azáltal, hogy a szállítási irányokat a lejtő irányában válasszuk meg. A raktározásnál lehetőleg úgy raktározzunk, hogy az onnan továbbszállításra kerülő anyag felülről lefelé mozogjon. (*Gravitáció tétele.*)

3. Az anyagot minden megfogásnál lehetőleg osztályozzuk is. (*Osztályozás tétele.*)

4. A rakományt lehetőleg a szállítási eszközhöz alakítsuk, vagy a szállítási eszközt válasszuk meg a rakomány szerint. Ez történhet rakományegységek kialakításával, kötegeléssel, konténeres szállítással. A *rakomány kialakítás* e tétele hatással van a választékok kialakítási helyének megválasztására.

5. Az emberek és gépek munkateljesítménye az egyes választékok egy m^3 -re eső darabszámától függ. A munka költsége a növekvő m^3 -enkénti darabszámmal növekszik. A másik oldalon viszont ennek határt szab az, hogy bizonyos térfogaton felüli darabok az eszköz, munkás teherbírását meghaladják. Így minden anyagmozgatási folyamatnál az alkalmazott eszközök és módszerek szerint van egy kedvező db/m^3 szám. (*Darab—tömeg törvény.*)

A felsorolt öt alaptörvényt a szállítási technológia kialakításánál nem szabad mereven alkalmazni, hanem az üzemi körülmények, anyagi adottságok figyelembevételével.

1.5 Történeti áttekintés

A Magyar Népköztársaság erdőterületein egészen a felszabadulásig az alig 5%-ot kitevő állami erdőgazdaságok és egynéhány magán-erdőbirtokon kívül kezdetleges, technikailag fejletlen gazdálkodás folyt. Ennek következtében az erdészetiállítás eszközei és módszerei is kezdetlegesek voltak.

A múlt század második felében kezdődött meg az akkor fejlett technikát képviselő keskeny nyomközű vasutak építése az erdőgazdaságban, de nagyobb ütemet csak az első világháború alatt és közvetlen utána mutatott, midőn az ország faellátása érdekében a nehezen hozzáférhető erdők feltárására a fakitermelő vállalatok, helyenként a birtokosok azt kifizetőnek találták. E vasutak gazdaságosságának emelése a faanyag-koncentrációt emelték, ami végső fokon az üzemtervből ma is rögzíthető roppant tarvágásokhoz vezetett.

Erdei vasútépítéseink alakulásáról az 1.5-1. táblázat ad felvilágosítást.

1.5-1. táblázat. Erdei vasútépítések alakulása hazánkban

Építési időszak	Hossz [km]	%
1875 – 1900	35,0	5,1
1901 – 1905	97,5	14,1
1906 – 1910	110,6	17,1
1911 – 1915	52,0	7,7
1915 – 1920	208,7	30,8
1921 – 1925	135,5	19,9
1926 – 1930	–	–
1931 – 1935	–	–
1936 – 1940	10,0	1,5
1941 – 1945	6,3	0,9
1946 – 1950	7,2	1,1
1951 – 1955	17,1	2,5
Összesen:	679,9	100,0
Ebből: Hegyvidék		54,2
Dombvidék		34,9
Síkvidék		10,9

Az erdei vasútépítések korszaka az 1925. évvel lényegében le is zárult. Az ezt követő időkben csak jelentéktelen kiegészítések, valamint néhány, főleg síkvidéki vasút épült.

A vasút kötöttebb műszaki adottságainál fogva nehezen alkalmazkodik a terephez, így a korszerű gazdálkodásnak megfelelő és az erdő területét sűrűn behálózó szállítórendszer kialakítása ilyen módon nehezen érhető el. Ezért második világháború alatt

és után rohamosan fejlődő gépkocsitechnikával szemben a versenyben lemaradt.

Az erdei vasúttal szemben az úthálózat fejlesztését a következő fontos körülmények mozdították elő:

1. Az erdőgazdálkodás korszerű tevékenysége az üzemtesten belül minden erdőrészletbe gyakori beavatkozást követel. A gondos állomány-ápolások, a természetes felújítás mind olyan tényezők, melyek megkövetelik, hogy a modern szállítástechnika az erdőrészletig eljusson. Csökken tehát az anyagkoncentráció.

2. A fogatos energia helyett népgazdasági okokból mindinkább a motoros vontatás jut előtérbe. A fogat – mint látni fogjuk – a rövid anyagmozgatási távolságokra szorul vissza. 1945 előtt a feudális alapokon álló mezőgazdaság a téli holtidényben előállítási áron alul adta a fogatenergiát az erdőgazdaságnak. A mezőgazdaság szocialista átszervezése és nagyfokú gépesítése következtében az erdőgazdaság saját maga kell, hogy ellássa a feladatait, mégpedig a 14%-ról 50%-ra megnövekedett és egyre növekvő iparifa kihozatal miatt nemcsak a mezőgazdasági holtidényben, hanem folyamatosan. Az élelmiszerárak világszerte növekvő tendenciája következtében a fogaterő is drágább lesz, így csak a másképpen el nem végezhető munkára kell alkalmazni.

3. Az erdőgazdasági termeléshez most már a nélkülözhetetlen gépek és nem utolsósorban a folyton igényesebb munkaerő felvonultatása csak megfelelő úthálózattal lehetséges. A szocialista társadalom nem kényszerítheti 10–12 km napi gyaloglásra a nehéz erdei terep munkásait.

4. Az erdei útépítések és az utak karbantartása jól beleilleszkedik az állandó erdei munkásgárda foglalkoztatottságának tervébe. Éppen az erdőgazdasági munkák kieső idejében nyújt kedvező elfoglaltságot az útépítés és karbantartás munkája.

1.5-II. táblázat. Erdei útépítések fejlődése hazánkban

	Erdői út		
	I. osztályú	II. osztályú	összesen
1920-ig	18,5	69,0	87,5
1921 – 1930	58,3	287,1	345,4
1931 – 1938	111,2	242,6	353,8
1939 – 1944	15,8	44,7	60,5
Összesen 1945-ig	203,8	643,4	847,2
1945 – 1956	288,7	87,5	376,2
1957 – 1960	70,1	274,8	344,9
Összesen 1960-ig	358,8	362,3	721,1

5. Az anyagmozgatás gépesítésével jelentős költségmegtakarítás érhető el. A gépesítés ilyen nagy arányú fejlődése természetesen csak az úthálózat megfelelően nagy arányú fejlesztésével vált lehetővé.

Az erdőgazdaságok ma meglévő úthálózatát az 1.5-II. táblázat adataiból láthatjuk.

Az erdőtalaj védelme, a felújító vágásos üzemmód követelményei a felszabadulás után a figyelmet a legelhanyagoltabb anyagmozgatási munkára, a közelítésre terelték. A közelítésnek költségkihatásait ugyan csökkenti az úthálózat sűrítése, de ez az újulat- és talajvédelmet nem oldja meg. Az erdészeti szállítással foglalkozó szakemberek feladata tehát a fakitermelési technológiával összehangolt munkamódszer és ehhez megfelelő eszközök és gépek kialakítása.

A történeti távlat áttekintése után az erdészeti szállítás feladatát a következőkben körvonalazhatjuk: Korszerű és sűrű, gépjárművel járható úthálózat építése és a talajt, állományt kímélő közelítési technika kialakítása.

1.6 Az erdészeti szállítástan beosztása

Az erdészeti szállítástan első részében a szállításhoz szükséges létesítmények, szállító, kiszállító utak, rakodók tervezésével és építésével, valamint a feltáró úthálózaton közlekedő járművek szállítástechnikai kérdéseivel foglalkozik.

A későbbi fejezetekben a korszerű erdészeti kötélpályák tervezését, felszerelését és üzemét ismertetjük, majd az erdészeti szállítások szervezésével, a közelítési eszközökkel és technológiával foglalkozunk, végezetül kitérünk az erdei úthálózat távlati tervezésére.

ORSZÁGOS ERDÉSZETI EGYESÜLET



1851

/1866/

2. Erdőgazdasági utak tervezése, építése és üzemeltetése

2.1 Alapfogalmak

2.2 Az erdei utak járművei

2.3 Erdőgazdasági utak tervezése

2.4 Talajmechanikai alapismeretek (Dr. Herpay Imre)

2.5 Útépitési anyagok

2.6 Erdei utak alépítménye

2.7 Erdei utak alépítményi munkáinak kivitelezése

2.8 Erdei útpályák (Dr. Herpay Imre)

2. Erdőgazdálkodási terv készítése, felülvizsgálata és módosítása



2.1 Alapfogalmak

Az útépités technikájának első nyomait már a történelem előtti idők maradványaiban megtekinthetjük. Ösvény, csapás, út, autópálya jelzik a fejlődés további szakaszait.

Az erdővidékek nehéz terepviszonyai, érintetlen, lakott helytől távoleső területe, a kedvezőtlen időjárási viszonyok az általános útépitési technika mellett az elmúlt 150 év alatt kialakították az erdészeti útépités gyakorlatát, annál is inkább, mert az erdészeti útépités, fenntartás és üzemelés költségei, azaz az úthálózat gazdasági következményei az erdőgazdálkodásra hárultak, a fatermékek árában csapódtak le.

Az erdei utaknak az erdőgazdálkodás technikai követelményeihez kell igazodniuk, az erdőgazdálkodás távlati követelményeit is szem előtt tartva. A tartamos gazdálkodásra való törekvés a célnak tartamosan megfelelő, jól átgondolt, az üzem egészére kiterjedő úthálózat kialakítását követeli. Erre az úthálózatra, mint vázra támaszkodik a többi technikai berendezés és igazodik az erdő térbeli rendje. Mindezek felismerése kifejlesztette az erdei feltáráshálózat távlati gazdasági tervezésének tudományát. Az így megtervezett úthálózatnak azután nagy távlatban meg kell felelnie az üzem szállítási, erdőművelési és általában üzemviteli követelményeinek.

Az erdészeti útépités elsősorban a technikai tervezéssel kezdődik, mert csak ennek ismeretében lehet az úthálózatot a gazdasági követelményekhez igazítani. A technikai tervezés ismertetése előtt szükséges, hogy néhány alapvető útépitési fogalommal megismerkedjünk.

Az út általában vonalas létesítmény, azaz hosszúsági kiterjedéséhez képest szélessége jelentéktelen. A tervezés alapjául az út geometriai hossz tengelye, az ún. *pályatengely* szolgál.

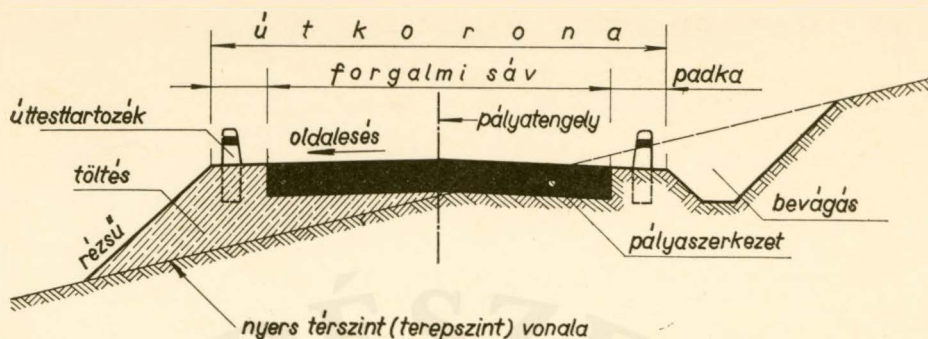
Az utat tervezés és építés szempontjából alépítményre és felépítményre osztjuk. Az *alépítmény*hez tartozik a földmű rézsűivel, biztosító és víztelenítő berendezéseivel; a *felépítmény*hez a pályaszerkezet (burkolat) és az úttest-tartozékok (korlátok, kerékvető, jelzőtáblák stb.).

Az út felülete, ahol a járművek haladnak, az ún. *járófelület*. Az a szélesség, ahol a forgalom lebonyolódik, a *forgalmi sáv*. Az utak forgalmi sávja lehet egy, kettő vagy többnyomú, aszerint, hogy azon egymás mellett egy, kettő vagy több jármű zavartalanul közlekedhet.

Ha a járófelületet az alépítmény földanyagától eltérő anyagokkal megerősítjük, akkor ezt a megerősítést *pályaszerkezetnek* nevezzük.

Azok az utak, ahol a járófelület nincs megerősítve, az ún. *földutak*, a többiek a megerősítés neme szerint *javitott* (nemesített) *földutak* és *pályaszerkezettel ellátott utak*.

A pályaszerkezet ráhelyezése előtt az alépítmény felületét megfelelően tömő-



2.1-1. ábra. Az útpályatest elrendezése

rítjük. Ezt a felületet *tükörnek* nevezzük. A tükröt gyakran a kész alépítménybe vágjuk be, és a kikerülő anyagból a forgalmi sávot két oldalról szegélyező ún. *padkát* alakítjuk ki (2.1-1. ábra). A padka szerepéről később lesz szó.

Az erdőgazdasági úthálózat a közutakhoz csatlakozik. *Közutaknak* nevezük azokat az utakat, utcákat és tereket, melyeket rendeltetésszerű használatra bárki igénybe vehet, míg az erdőgazdasági utak gazdasági célú létesítmények, rajtuk csak az üzemi járművek forgalma megengedett.

A közutak és az erdőgazdasági utak közötti lényeges különbség a következő:

a) Az erdőgazdasági utak célja – mint már említettük – az erdei termékek szállítása és létesítésükkel, üzemükkel kapcsolatos összes kiadások (leírás, fenntartás stb.) az erdei termékek előállítási költségeit terhelik. Ez már eleve megszabja azt, hogy az erdei utak műszaki követelményeivel a technikai lehetőségeknek addig az alsó határáig szálljunk le, amelynél még biztonságosan és olcsón üzemelhetünk. (Technikai minimum elve.)

b) Az erdei utak üzemét az erdőgazdaságok tartják kézben, ezért azon előre megtervezett menetrendszerű üzemet tudnak szervezni, ami egy nyomú pályán is lehetővé teszi a gazdaságos üzem.

c) Erdei utakon – éppen a b) pontban mondtak következtében – a járművek bizonyos meghatározott időben közlekedhetnek, a jármű típusa és terhelése előre ismert, a teherszállítás iránya már a kiépítéskor meghatározott.

d) Az erdei utak igénybevétele – a járműszámot tekintve – éves viszonylatban nem nagy, ha azonban meggondoljuk, hogy a forgalom az utak egy részénél az évek egy bizonyos szakára korlátozódik, sűrűsödik, más helyzetekkel állunk szemben. Ha ehhez hozzátesszük, hogy ezek az időszakok legtöbbször a fenntartás szempontjából a legkényesebbek – késő őszi, korai tavasz – és azt, hogy a használatos járművek tengelynyomása nem csekély, az erdei utak igénybevétele már nem mondható optimálisnak.

Vontatási energia szempontjából az erdőgazdasági utakon közlekedő járműveket két csoportra osztjuk:

1. Állati erővel vontatott vagy fogatos járművekre;
2. motoros vontatású járművekre.

Az utak a vasutakkal szemben ún. szabad nyomú pályák, tehát róluk a jármű letérhet, azokat elhagyhatja. Így lehetséges, hogy a különböző minőségű útpályákon, sőt a terepen is ugyanazon jármű közlekedjék.

2.2 Az erdei utak járművei

2.21 Fogatos járművek és vontatásuk

2.211 Fogatos járművek

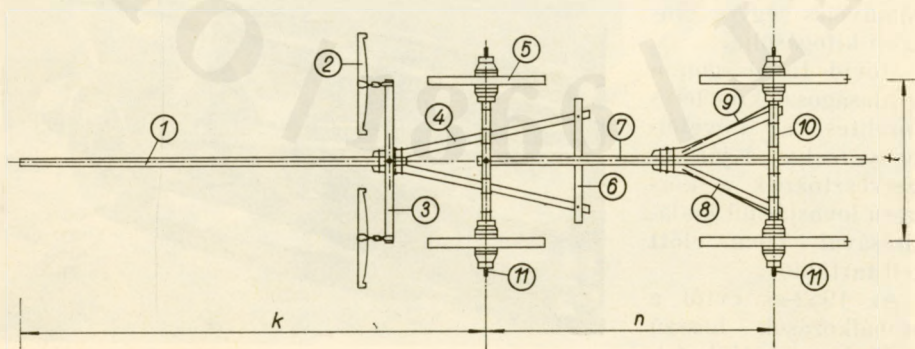
Hazánkban még mindig legelterjedtebb fogatos jármű a gazdasági szekér, amely vasabroncsos kerekekkel van ellátva. Itt-ott próbálkoznak megfelelő gumiabroncsos kocsik kialakításával, a jelenleg használatosak azonban nagy önsúlyúak, és az erdei csapákra alkalmatlan felépítésük miatt nem tudtak elterjedni.

Az erdőgazdaságok fogatos járműveinek főbb műszaki adatait a 2.21-I. táblázat mutatja be.

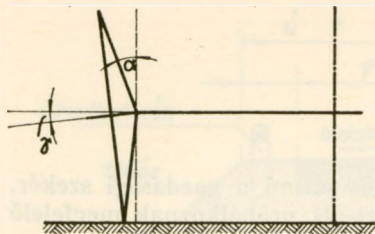
A gazdasági szekerek szabványosításával a MSZ 2550–2555 sz. szabványok foglalkoznak. A szabványok ötféle gazdasági szekeret állapítanak meg (0,4–0,8 t ön- és 1,6–4,0 t raksúllyal); az abroncsok méretei 50/12 mm–100/20 mm között változnak. A gazdasági szekernél az első kerékpár általában nem fordul a kocsiszekrény alá. A fordulási szög határa: 25–30°.

2.21-I. táblázat. Az erdőgazdaságban használatos fogatos járművek műszaki adatai

Sor-sz.	Kocsi típus	Nyomtáv	Tengelytáv	Kerék-átmérő	Kerék-talpszélesség	Rúd nélküli hosszúság	Terhelt kocsi szélesség	Terhelt kocsi magasság	Önsúly	Rak-súly	Üzemi sebesség
											km/óra
m									Mp		
1.	Ökrös szekér	1,10	2,20	0,9	0,065	3–5	1,60	0,50	0,6	1,6	2–3
		1,25	3,50	1,4	0,10		2,00	2,50	1,10	2,2	
2.	Lovas szekér	1,10	2,00	0,75	0,075	3–6	1,70	1,60	0,6	1,6	3–4
		1,35	4,00	1,20	0,10		2,00	2,00	0,9	2,0	
3.	MSZ S 016. sz. szekér	1,12	1,91	0,80 1,00	0,05	3,35	1,64	1,50	0,44	1,6	3–4
4.	Légtönlős kocsi	1,10	2,4	0,70	0,15	3,0	2,00	1,4	0,8	5,0	3–5
		1,80	5,20	1,10	0,20	6,5	3,4	2,5	1,2	8,0	



2.21-1. ábra. Gazdasági szekér alváza



2.21-2. ábra. Vasabroncos kocsikerék dőlése

A kocsik kerekei fából készülnek és melegen ráhúzott vasabroncs szorítja össze őket. A legjobb kerékanyag:

Kerékagy: cser, szil; Keréktalp: bükk, kőris; Küllő: akác.

A kerekek küllői enyhe szög alatt elhajlanak a függőleges siktól, de a merőleges erőátadást a tengely enyhe hajlata biztosítja (2.21-2. ábra).

Az útfelület szempontjából az abroncsszélesség a döntő. Általános szabály, hogy az abroncsszélesség 1 cm-ére eső terhelés a 90–120 kp-ot ne lépje túl.

Mint előbb mondtuk, gazdasági szekér abroncsszélessége 5–10, tehát egy kerékre eső terhelés 0,5–1,0 Mp. lehet.

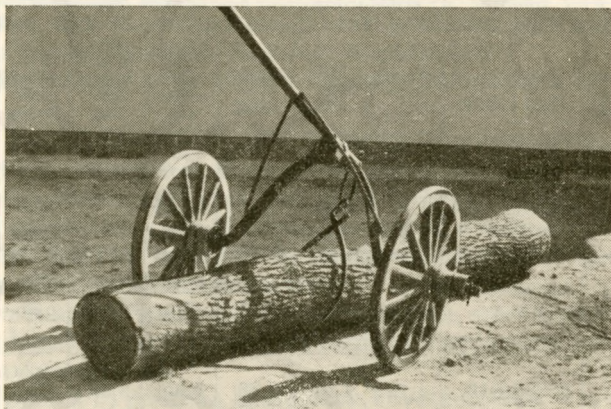
Az úthálózat fejlesztése és az utakon gyorsan, viszonylag kisköltséggel üzemelő gépjárművek a lovas fogatokat a közelítési szakaszra szorították vissza. A vasabroncos szekerek hátrányai a rövid távolságon mindinkább kihangsúlyozódnak és a talajban, újulatban okozott károkat a belterjességre törekvő erdőművelés egyre inkább kifogásolja.

Rövid távolságon a gazdaságos és kíméletes közelítés a követelmény, melyet a járműszerkesztőknek a korszerű lovasjármű kialakításával szem előtt kell tartaniok.

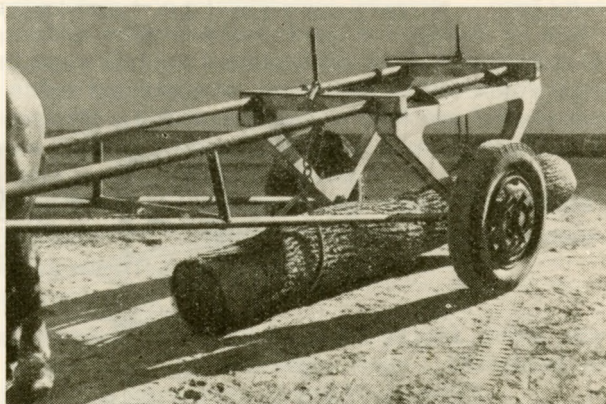
Az 1952-es évtől a próbálkozások hosszú sorát jegyezhetjük fel.

28 Általában kétkerekes

Az ökröket járomba fogják, a vonóerőt a rúd közvetíti. A lovakat a hámfák két végére lánc- vagy kötélstráanggal fogjuk be. A hámfák az ún. „förhérc”-re vannak kapcsolva. Az erdőben inkább elterjed az ún. „bókony”, mely voltaképpen kétkarú emelő, melynek egyik végén az egyik hámfá, a másikon a másik hámfá van bekapcsolva. A mérleg a jobban húzó állat felé billen, így a kocsit ráfut a lustán húzó állatra, ami azután fokozott munkára serkenti (2.21-1. ábra).



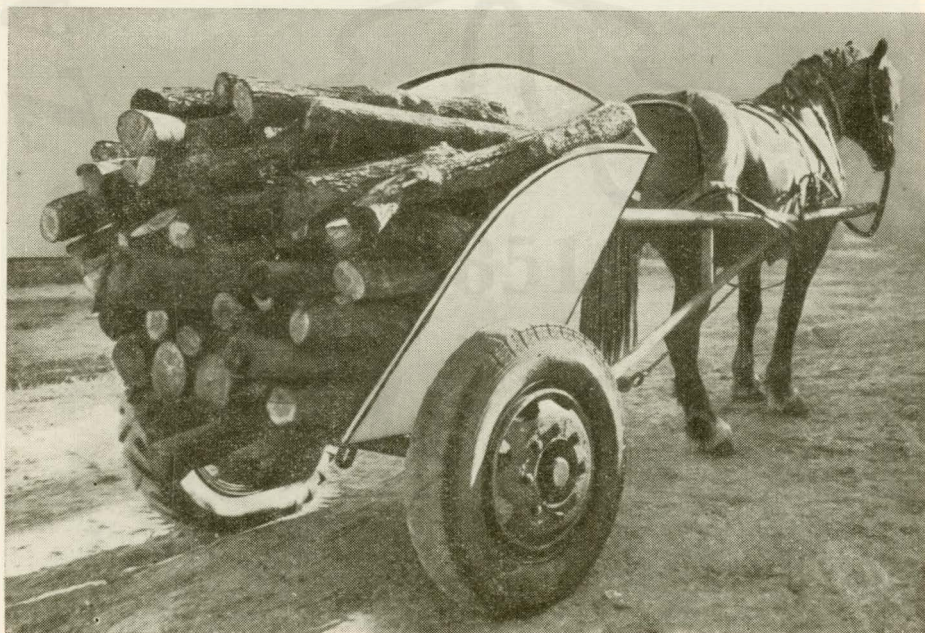
2.21-3. ábra. Weidinger-féle közelítő kerékpár. Önsúlya: 149 kp. Teherbírása: 1,2 m³ rönk. Vasabroncos kerekek átmérője: 92 cm



2.21-4. ábra. Huszár-féle kétszavas kerékpár. Önsúlya: 347 kp. Teherbírása: 2 m³ rönk. Fűvott gumiabroncs: 7,50–20



2.21-5. ábra. Hradeci kerékpár. Csehszlovák gyártmány. Súlyja: 102 kp. Teherbírása: 1,5 m³.
Tömör gumikerék magassága: 51 cm



2.21-6. ábra. Huszár-féle lódömper. Önsúlya: 378 kp. Teherbírása: 1 m³. Fűvott gumiabroncs
mérete: 7,50 – 20



2.21-7. ábra. Visegrádi közelítő kerékpár



a

30 2.21-8. ábra. ERTI kerékpár tölgy rönkököt közelít (a).

megoldásokkal jelentkeznek az újítók, de nem ritka az a gondolat sem, hogy két egységből a nehezebb rönkök, szálfák részére négykerekű megoldást állítsanak össze.

Említésre méltók az 1952-ben kipróbált Weidinger-féle kerékpár (2.21-3. ábra), 1956-ban a Huszár-féle kétsavasos kerékpár (2.21-4. ábra), a kétrészes hradeci taliga (2.21-5. ábra) és rövid választék részére a Huszár által szerkesztett lódömper (2.21-6. ábra).

Az első üzemszerűen is kipróbált és használatban levő kerékpárt a Visegrádi Erdészet és Gépműhely dolgozói tervezték és készítették el 1958 tavaszán. A kerékpár részletes ismertetését a következőkben adjuk meg:

A 3 mm-es lemezből készült hajlított és hegesztett szekrényes tartó, 60 mm-es csőből készült vonókerettel. A vonórudak a vonókerethez gumituskókkal csatlakoznak. A rakfelület a vázhoz csuklóval kapcsolódik, így a leterhelés billentéssel történik. Rakoncák a munkahelyen található faanyagból készülnek.

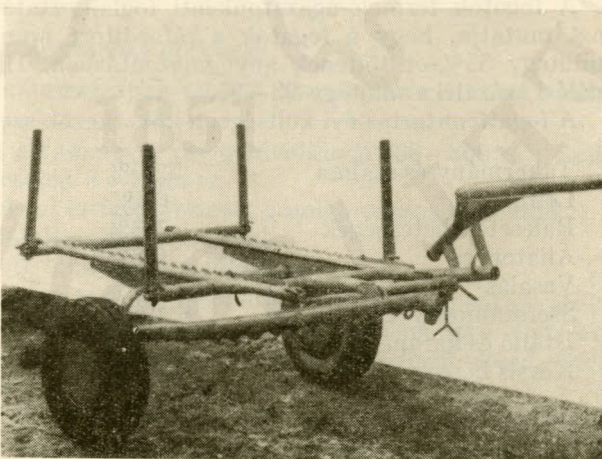
A kerékpár méretei:

teljes hossz 3925 mm;
teljes szélesség 1250 mm;
nyomtáv 1075 mm;
rakfelület 1,9 m²;
rakfelület magassága 700 mm;
önsúly 195 kp;
raksúly 1 Mp;
kerékabroncs 7,00×9

A fékszerkezet belső pofás dobfék, ráfutó rendszerű, kiegyenlítő



b



c

2.21-8. ábra. A kerékpár csőrő szerkezete (b). A kerékpár rövid választékhoz átalakítva (c)

szerkezettel. A visegrádi kerékpár mintegy négyéves üzemi használatban kiforrott egyszerű típus. Kis önsúlya és nem túl bonyolult szerkezete teszi kedvelté.

A visegrádi kerékpár üzembe vétele után rövid idővel jelentek meg az erdőgazdaságokban az Erdészeti Tudományos Intézet kutatói által szerkesztett kerékpárok. Ezek a kerékpárok különböző méretben és teherbírással készültek kísérleti célokra. Üzemszerű kipróbálásra az 1961-es típusú került. Az üzemi alkalmazás kiértékelésének végeredménye még nem ismert, műszaki adatai a következők:

A kerékpár alváza csőből készült, meghajlított ívtartó. Tartozéka a futómű, melynek szalagféket magában foglaló agya a csőtartó végein foglal helyet.

A rudazat több elemből összehegesztett csőtartó. A kerékpárra szerelhető egy keret a rövid választék céljaira, vagy egy rönk közelítésére alkalmas kettős ívtartó, melyre a rönk megemelésére kézi csörlők vannak erősítve.

A rönk-adaptert $0,25 \text{ m}^3$ -t és az $1,5 \text{ m}$ hosszát meghaladó választékok mozgatásánál használjuk. Ezen aluli méretek esetén a rakoncákkal ellátott billenthető keretet szerelik fel. A kerékpárról a 2.21-8. a, b ábrák adnak áttekinthető képet.

A kerékpár fontosabb műszaki adatai:

megengedett terhelés $0,9 \text{ Mp}$;

önsúly 220 kp ;

nyomtáv 1250 mm ;

szabad magasság $\left\{ \begin{array}{l} \text{kerettel } 485 \text{ mm} \\ \text{rönkadapterrel } 930 \text{ mm;} \end{array} \right.$

gumibroncs, jelzése $7,00 \times 9$ (570 mm átmérő).

2.212 A fogatos vonóerő

Az erdőgazdaságok a fogatos járművek vontatására lovakat és néhol ökröket alkalmaznak. A fogatok részt vesznek még a különböző kisebb talajművelő, csemetekerti, erdővédelmi eszközök vontatásában.

A fogatok termelő-ágazatonkénti foglalkoztatásának többéves vizsgálata azt mutatja, hogy a fogatok a ráfordított munkaórákat figyelembe véve mintegy 55% -ot töltenek anyagmozgatásban. Hasznos üzemidejük kihasználási százaléka mintegy $93-95$.

A fogatfenntartás évi költségei a következők szerint oszlanak meg:

Takarmány és szalma	52,0%
Leírás	6,4%
Balesetek-betegségek	1,3%
Állatorvos	0,8%
Vasalás	8,1%
Szerszámozás	1,6%
Istálló és karám	0,8%
Kocsis bére	29,0%
	<hr/>
	100,0%

Erdőgazdaságainkban egy lovasfogát óraköltsége mintegy 24 Ft -ot tesz ki. Ezek az okok a fogatgazdaságok lóállományának állandó csökkenésére vezettek. A magyar erdőgazdaság fogatállományának alakulását a 2.21-II. táblázatban ismertetjük.

Gazdasági év	Az eg-ok lovaknak létszáma, db	Index	Üzemi fogat, m ³	Index	Magán fogat, m ³	Index	Közeli-tés-ben	Ki-szállí-tás-ban	Szál-lítás-ban
1954/55	5918	100	1 150 000	100	ismeretlen	—	—	—	—
1955/56	5194	88	1 187 000	103	672 000	100	—	—	—
1956/57	4394	74	979 000	76	370 000	55	—	—	—
1957/58	4092	69	1 293 000	113	541 000	81	0,9	2,2	5,30
1958/59	3884	65	1 439 970	125	532 454	79	0,7	2,0	4,80
1959/60	4634	78	1 760 358	153	422 381	63	0,6	1,6	4,20
1960/61	4830	82	2 025 926	176	294 028	43	0,49	1,47	4,04
1961/62	4656	79	2 275 110	198	198 238	30	0,43	1,11	3,35

Jegyzet:

Az 1953. évi lóállomány 6400 db.

1954. évi lóállomány 6570 db volt.

Az adatok a termelő fogatokra vonatkoznak, ezenfelül van még az Eg-ban mintegy 620 db egyéb munkát végző ló is (311 fogat). A számokban nincs benne az esetleges szaporulat állománya.

A lóállomány csökkentését a kiterjedt útépitéssel kapcsolatos gépesítés és a megmaradó fogatok munkájának ésszerűsítése tette lehetővé. Ez az ésszerűsítés a lóállomány helyes megválasztásával, megfelelő szerszámozással és vasalással, valamint korszerű járművekkel, segédeszközökkel és munkaszervezéssel érhető el.

Nem minden lófajta hasznosítja egyformán a takarmányt. Az erdőgazdaságok céljára a hucul ménnel keresztezett középnehéz ló volna alkalmas. A sok szedett-vedett fajta helyett ezt kellene tenyészteni. A nehéz ló nagy súlyánál fogva a hegyi terepre kedvezőtlen. A lovakat ötvenes koruk előtt erdei munkára alkalmazni nem szabad!

A gépi anyagmozgatás erőteljes fejlődése mellett a lovakat a következő esetekben alkalmazhatjuk még gazdaságosan:

a) Ahol a munka kis mennyisége miatt a gépek felvonulása vagy kihasználása nem gazdaságos.

b) Ahol a munka különös ügyességet, szinte emberi értelmet helyettesítő körültekintést igényel.

c) Ahol nagyon ingadozó erőfeszítés szükséges.

A lófogatok erdészeti alkalmazásának módját összefoglalva a következőkben jelöljük meg:

1. Közeli-tési munkában alkalmazva, rövid távolságon (50–800 m). Szállításban kis mennyiségek esetén 3–4 km-re.

2. Megfelelő szerszámozással és felszereléssel, gumiabroncsos kocsikkal.

3. Idomított megfelelő lófajta alkalmazásával.

4. Megfelelően kidolgozott munkatechnológiával.

Az erdőművelés tökéletesedésével, az apróbb munkáknál még sokáig szükség lesz lovakra. A törzskiválasztó gyéritések, felújító vágások apró, szétszórt fatömegeinek közeli-tése, az itt-ott jelentkező erdővédelmi jellegű kitermelések kiszállítása a fogatokra vár.

Elérendő cél, hogy 1000 ha erdőterületet egy fogat szolgáljon ki. A fogat-teljesítmények fejlődését a 2.21-III. táblázatban feltüntetett országos adatok tükrözik.

Az állati (fogatos) vonóerőnek kétféle vontatási teljesítményét különböztetjük meg. Nevezetesen: 1. az állat fizikai felépítésén alapuló vonóteljesít-

Gazdasági év	1957/58	1958/59	1959/60	1960/61	1961/62
Fogatlétszám	2 046	1 942	2 317	2 415	2 328
Teljesítmény m ³ km	2 541 500	2 885 600	3 007 700	2 858 782	2 554 859
Szállított mennyiség	1 293 000	1 439 970	1 760 400	2 025 926	2 275 110
Egy fogatra eső m ³ km	1 250	1 480	1 310	1 175	1 095
Egy fogatra eső m ³	635	740	760	840	955

ményt, azaz azt a vonóteljesítményt, melyet testi felépítése alapján ki tud fejteni. Ez egyszersmind az állat vonóteljesítményének maximális értéke. Gyakorlati tapasztalat alapján ez a maximális érték – beleértve a saját súlyának mozgatásához, saját „ellenállásának” legyőzéséhez szükséges erőt is – egyenlő az állat súlyával. 2. Az effektív vonóteljesítményt, amely az állat (fogat) vontatás szempontjából számba vehető teljesítményét jelenti.

Az állati teljesítménynek határt szab az idő-tényező, mert az állati szervezet – a géppel ellentétben – fárad. Ezért az állati munkateljesítményt az állat egy napi teljes munkaideje alatt káros elfáradás nélkül elvégzett munkamennyiségéből kell kiszámítani.

Az élmotor egy napi munkája:

$$L[\text{kp} \cdot \text{m}] = p[\text{kp}] \cdot v[\text{m}/\text{óra}] \cdot t[\text{óra}] \quad (22/1)$$

p az egész munkaidő alatt kifejtett vonóerő átlagos értéke

v az egész munkaidő alatt kifejtett sebesség átlagos értéke

t napi munkaidő (8 vagy 10 óra)

A munka értéke korlátozott, mert a szorzat minden egyes tényezőjének megvan a maximuma, az egyes tényezők is függenek egymástól. Pl. súlyával egyenértékű vonóerőt az állat csak néhány percig képes kifejteni, ha a szokottnál nagyobb sebességgel vontatunk, az állat hamar kifárad és vonóereje visszaesik. Ha az optimális értékeket p_0 , v_0 és t_0 -betűkkel jelöljük, a három tényező közötti kapcsolatot *Maschek* után a következő egyenlettel fejezhetjük ki:

$$\frac{p}{p_0} + \frac{v}{v_0} + \frac{t}{t_0} = 3 \quad (22/2)$$

A *Maschek*-féle formula csak akkor érvényes, ha kis eltérések vannak a tényezők között. Ha az eltérések nagyobbak, a *Zielinsky* által javított formula használható:

$$\frac{p}{p_0} + \frac{v}{v_0} + \frac{t}{t_0} - \frac{\left(\frac{p}{p_0} - \frac{v}{v_0}\right)^2}{12} = 3 \quad (22/3)$$

Az egyenlet érvényességi határai: $p=6p_0$, $v=6v_0$ és $t=6t_0$ és a vonóerő. *Maschek*kal szemben, a hasznos vonóerőt jelenti, vagyis az állat bizonytalan értékű ellenállása elhagyható.

A (22/3) képlet alapján a napi teljesítmény a következők szerint számítható:

$$\frac{v}{v_0} = \left(\frac{p}{p_0} + 6\right) - 2 \left[3 \left(2 \frac{p}{p_0} + \frac{t}{t_0} \right) \right]^{1/2}$$

Mivel $L_{\max} = t_0 \cdot v_0 \cdot p_0$ és $L = v \cdot t \cdot p$, ezt a két egyenletet elosztva:

$$\frac{L}{L_{\max}} = \frac{t \cdot v \cdot p}{t_0 \cdot v_0 \cdot p_0} = \frac{t}{t_0} \left\{ \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 + 6 \frac{p}{p_0} - 2 \frac{p}{p_0} \left[3 \left(2 \frac{p}{p_0} + \frac{t}{t_0} \right) \right]^{1/2} \right\}$$

A normális munkaidő, azaz $t = t_0 = 8$ óra esetén a napi teljesítmény értéke:

$$L_8 = L_{\max} \left\{ \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 + 6 \frac{p}{p_0} - 2 \frac{p}{p_0} \left[3 \left(2 \frac{p}{p_0} + 1 \right) \right]^{1/2} \right\}$$

$t_0 = 10$ és

$t_0 = 8$ esetén

$$L_{10} = L_{\max} \cdot 1,25 \left\{ \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 + 6 \frac{p}{p_0} - 2 \frac{p}{p_0} \left[3 \left(2 \frac{p}{p_0} + 1,25 \right) \right]^{1/2} \right\}$$

A normális napi teljesítmény tehát a $\frac{p}{p_0}$ viszony függvénye.

Zielinsky szerint ezek az egyenletek által ábrázolt teljesítménygörbék az ún. Ergis-görbék.

Az optimális vonóerő $p_0 = G \cdot n$, ahol G az állat súlya

Az optimális sebesség: lónál 4000 [m/ó]

ökörnél 2000 – 2500 [m/ó]

Az optimális időtényező: $t_0 = 8$ óra

n értéke általában 0,14 ~ 0,20.

Szvirscsevszky szerint a ló haladási sebessége:

2 km-ig terjedő távolságon: teherrel 3,8 km/ó

üresen 5,2 km/ó, pihenés nem kell

2 km-nél hosszabb távolságon 10% pihenővel:

teherrel 4,20 km/ó

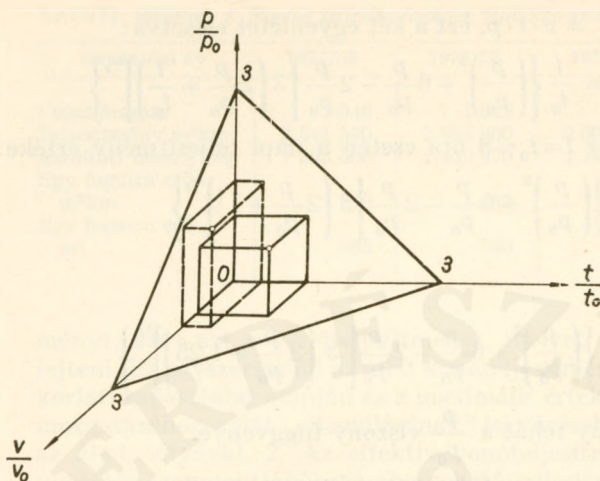
üresen 5,75 km/ó

A vonóállatok teljesítményének nagyságára a 2.21-IV. táblázat adatai adnak felvilágosítást.

2.21-IV. táblázat. A vonóállatok és az ember fizikai teljesítőképessége

Megnevezés	Átlagos súly kp	Ált. vonóerő		Átlagos sebesség m/sec	Átl. teljesítő képesség mkp/sec	Napi teljesítmény mkp/nap
		rövid	hosszú			
		úton				
	kp	kp-ban				
Erős ló	750	250	90	0,8 1,1	90	2,592 000
Közepes ló	400	150	75	1,1	62,5	2,376 000
Könnyű ló	250	120	60	1,1	66	1,900 800
Őszvér	250	120	60	1,0	60	172 800
Szamár	150	60	35	0,8	28	806 400
Nehéz ökör	750	250	75	0,4 0,6	37,5	1,080 000
Közepes ökör	400	120	60	0,5 0,7	36,0	1,036 800
Nehéz tehén	650	150	60	0,4 0,5	27	777 600
Közepes tehén	350	120	50	0,5 0,6	27	777 600
Bivaly	450	300	100	0,4 0,6	50	1,840 000
Ember	75	15	15	0,8	12	345 600

Rövid távolságon a ló és ökör vonóerejének kétszeresét tudja kifejtetni.



2.21-9. ábra. A Maschek-féle sík

A Maschek-féle (22/2) formula egy térbeli síkkal ábrázolható, ahol a három viszonyszám közül bármelyik értéke 3-ra emelkedik, a többi szükségképpen „0”. A három változó összetartozó értékeit a síkon egy pont ábrázolja. A ponthoz tartozó ordináták által határolt hasáb köbtartalma arányos a teljesítménnyel. A hasáb köbtartalma akkor legnagyobb, ha minden oldala az egység (kocka), azaz a legnagyobb teljesítmény akkor van, ha $p = p_0$, és $t = t_0$, valamint

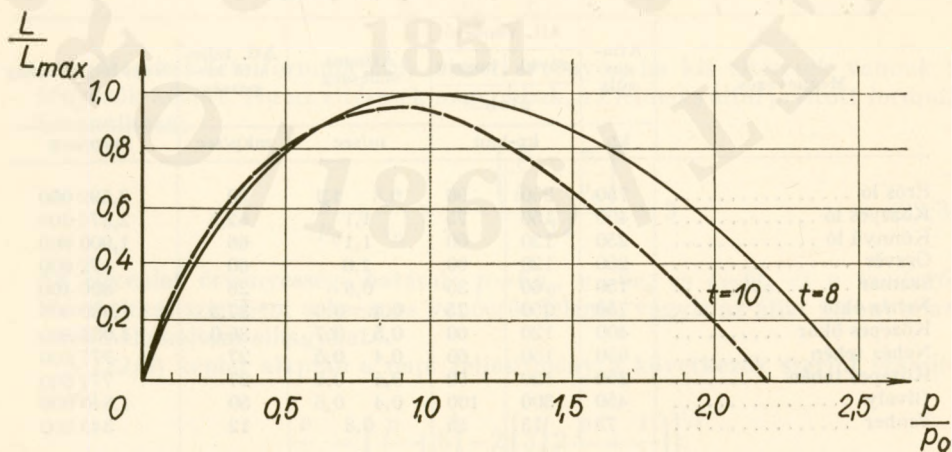
$v = v_0$, vagyis a vonóerő, napi munkaidő és sebesség normális (2.21-9. ábra).

A 8 és 10 órás munkanapra a 2.21-V. táblázat alapján szerkesztett Ergis-görbéket a 2.21-10. ábrán mutatjuk be.

Az Ergis-görbék segítségével a szállítási költségek – a fogatnap költségek ismeretében – bármilyen viszonyok között meghatározhatók. Először meghatározzuk a pályához szükséges p vonóerőt, majd a $\frac{p}{p_0}$ viszonyoknak megfelelő napi teljesítmény ordinátáját.

2.21-V. táblázat. Az Ergis-görbék szerkesztési adatai

$\frac{p}{p_0}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,127	2,20	2,40
L_8	0,23	0,423	0,58	0,70	0,80	0,88	0,94	0,98	0,99	1,00	0,98	0,91	0,80	0,67	0,51	–	0,33	0,15
L_{10}	0,24	0,48	0,60	0,72	0,81	0,89	0,93	0,95	0,96	0,94	0,87	0,75	0,575	0,39	0,17	0,00	–	–



36 2.21-10. ábra. Ergis görbék

A megfelelő teljesítmény függ a helyes vasalástól. A jó vasalás védi az állat patáját és biztosítja a vonóerejének jó kihasználását. A vasalás minőségére befolyással bíró tényezők: a ló járása, sebessége, emelkedő, pálya minősége, szükséges vonóerő stb.

Ha a fogatot m vonóállat vontatja, az összes vonóerő nem arányos az állatok számával, hanem annál kisebb. Bockelberg után közöljük azokat az értékeket, amelyekkel az egy állatra eső vonóerőt szorozni kell, hogy az m számú állat vonóerejét kapjuk.

Lovak száma:	m	1	2	3	4	5	6	7	8
Viszonyszám:	n	1,00	1,96	2,61	3,20	3,65	3,84	3,85	3,95

Röviden meg kell emlékezni még az állat visszatartó erejéről, mely völgymentnél jön számításba. Ez a vonóerő fele, ill. harmada. Ha ennél több szükséges, fékszerkezetről kell gondoskodni. A vidékeinken használatos ún. kerékbekötés igen káros. A bekötött kerék az útburkolatot rongálja, a keletkezett csatornába behatoló víz erodáló hatása megbontja a felületet és utat nyit a burkolat pusztulására. A kerékbekötést be kell tiltani üzemi szállításainknál.

A ló vonóerejét a pata, ill. a patkó közvetíti a burkolatra. A burkolaton a patkó a sarkával kapaszkodik meg, melynek átlagos felülete $1-1,2 \text{ cm}^2$. Téli és csúszós viszonyok között a patkóba éles sarkokat szoktak becsavarni. Egy sarokvasról, amennyiben egy 350 kp-os lóról van szó – Vásárhelyi szerint –, kb. 58,3 kp függőleges és 11,7 kp vízszintes erő hat a burkolatra. Tekintve a sarokvas kis felületét, ez az útpálya erős igénybevételezt jelenti.

A gépi vontatás elterjedésével vizsgálatok folytak arra nézve, hogy egy ló erejét hány gépi LE helyettesíti. Hazai viszonyok szerint egy ló erejének átlagosan 3,8 vontató LE felel meg. Ez az arány munkanemenként változó.

Példa. Egy 400 kp közepes súlyú lovakból álló fogat napi 6 órás munkaidővel 140 kp átlagos vonóerővel dolgozik. Kérdés, mekkora sebesség mellett használható ki legjobban a fogat?

$$p_0 = \frac{400}{4} = 100 \text{ kp}, v_0 = 1,1 \text{ m/sec} = 1,1 \cdot 3600 = 4000 \text{ m/óra},$$

$$p = \frac{140}{2} = 70 \text{ kp}$$

a) Maschek szerint (22/2)

$$\frac{p}{100} + \frac{v}{4000} + \frac{t}{8} = 3,0 \quad \text{mivel } p = 70 \text{ kp és } t = 6 \text{ ó.}$$

$$\frac{v}{4000} = 3,0 - \left[\frac{70}{100} + \frac{6}{8} \right] = 3,0 - 1,45 = 1,55,$$

$$v = 1,55 \cdot 4000 = 6200 \text{ m/ó} = 1,77 \text{ m/sec.}$$

b) Zielinsky szerint (22/3)

$$\frac{p}{100} + \frac{v}{4000} + \frac{6}{8} - \frac{\left(\frac{p}{100} - \frac{v}{4000} \right)^2}{12} = 3,$$

$$0,7 + \frac{v}{4000} + 0,75 - \frac{\left(0,7 - \frac{v}{4000} \right)^2}{12} = 3,$$

$$\left(0,7 - \frac{v}{4000} \right)^2 = \left(\frac{v}{4000} - 1,55 \right) 12 = \frac{12v}{4000} - 18,6.$$

$$0,49 - 1,4 \frac{v}{4000} + \frac{v^2}{4000^2} = \frac{12v}{4000} - 18,6.$$

$$\frac{v^2}{4000^2} - \frac{13,4 v}{4000} + 19,9 = 0, \quad \text{innen } v = 6800 \text{ m/ó} = 1,88 \text{ m/sec.}$$

Az élőmotor elmélete a kérdésben mutatkozó összefüggések érzékeltetésére alkalmas. Az élőmotor tartós alkalmazása gazdaságosan csak bizonyos teljesítménykeretek között lehetséges. Ezek a keretek az optimális üzemi sebesség, a legkedvezőbb vonóerő és napi munkaidő. Ha bármelyik tényezőt emeljük, a többiek közül legalább egyet csökkenteni kell, ellenkező esetben az élőmotor leromlásával számolhatunk. Bármelyik tényezőnek csökkentése a másik javára azonban végső fokon a munkateljesítmény rovására megy.

2.22 Gépjárművek és vontatásuk

Az erdőgazdaságban használatos gépi járműveket két nagyobb csoportra osztjuk: Első csoportba tartoznak azok a járművek, melyeknek a teher befogadására alkalmas felépítményük van. Ezek a tehergépkocsik vagy teherautók; a másik csoportba azok, amelyek teher befogadására alkalmas felépítményű kocsit vontatnak maguk után. Ezek a vontatók vagy traktorok. A két csoport között átmenetek lehetségesek.

2.221 Tehergépkocsik

A tehergépkocsi rakfelülettel ellátott motorhajtású jármű. Feladataik szerint a tehergépkocsik lehetnek szokványosak vagy különlegesek. A különleges tehergépkocsik rakfelület helyett más felszereléssel vannak ellátva (lakókocsi, darus kocsi stb.).

A rakfelület kiképzése is eltérő lehet. Így vannak önürítő-billenő tehergépkocsik, tartálykocsik, hosszú fa szállítására alkalmas felépítményű kocsik.

Az egyes típusokon belül a tehergépkocsikat műszaki adataik szerint csoportosíthatjuk. Legfontosabb műszaki adatok a következők: Külső hosszúság, külső szélesség és külső magasság. A rakfelület magassága a pálya szintje felett. A nyomköz, a tengelytávolság, a szabad magasság, amelyet az alváz legalacsonyabb pontjától a pálya szintjéig mérünk. A kocsi rakterülete m^2 -ben, a kocsiszekrény térfogata m^3 -ben, a hatóságilag engedélyezett teherbírás. Önsúly, azaz a jármű súlya pótkerekek, felszerelés, személyzet és üzemanyag nélkül. Teljes súly, a jármű súlya felszerelve, személyzettel együtt. Fontos jellemző szám még a keréknyomás, a gumiabroncs-méret és a jármű fordulási sugara.

A tehergépkocsi üzemi sebessége jelentős, de az ezzel elért teljesítmény csak hosszabb útvonalon egyenlíti ki a rakodásban eltöltött várakozási időt. A rakodási idő csökkentésével, különösen rövid útvonalon, a tehergépkocsi teljesítményének jelentős növelését érhetjük el. Ezért, és a gépkocsimotor energiájának a nehéz testi munkát jelentő rakodás elvégzésére való felhasználására a tehergépkocsit ún. *önrakodó berendezésekkel* szokás felszerelni. Ezek lehetővé teszik, hogy a gépkocsikat az útvonal egész hosszában raktározott anyaggal, mindennemű rakodórámpa építése nélkül felterhelhetjük.

A legismertebb önrakodó berendezések:

a) *Gépkocsira szerelhető hidraulikus daruk.* A gépkocsira szerelhető darukat kihajtható (könyökös) vagy kitolható (teleszkópos) gémmel szokás felszerelni. A teleszkópos darukat kihúzható acélkötéllel is felszerelik, ami lehetővé teszi a gépkocsitól távolabb levő anyag behúzását. A kötél behúzását a daru hidraulikus emelőhengerének kinyomásával működtetett csigasor végzi el, és 9–12 m távolságra levő anyag behúzása is lehetséges vele.

A teher megfogása a legkorszerűbb daruknál hidraulikusan működtetett fogóval, a többiekénél mechanikus fogószerszeggel vagy kötélhurokkal tör-

ténik. Az előbbi lehetővé teszi, hogy a darut egy fő kezelje. A daru működtetése vezérlő karokkal történik.

A darut a vezetőülést mögé vagy a tehergépkocsi végére, esetleg a pótkocsira szerelik. Az utóbbi két megoldás előnye, hogy a daru 360°-kal körülfordítható.

Nagyobb daruk esetén a tehergépkocsit az elbillenés ellen hidraulikusan leereszthető támaszokkal szerelik fel.

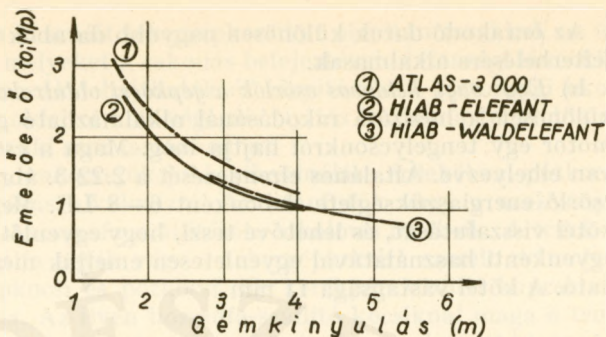
A daruk szerkesztésénél arra törekednek, hogy lehető legnagyobb emelőképeséget és emellett lehetőleg nagy gémhosszat érjenek el.

A legnagyobb gémhosszúság, típusok szerint, 3,5–7 m között van. Az emelő magasság 5–8 m. A daruszerkezetek önsúlya 0,5–1,0 Mp.

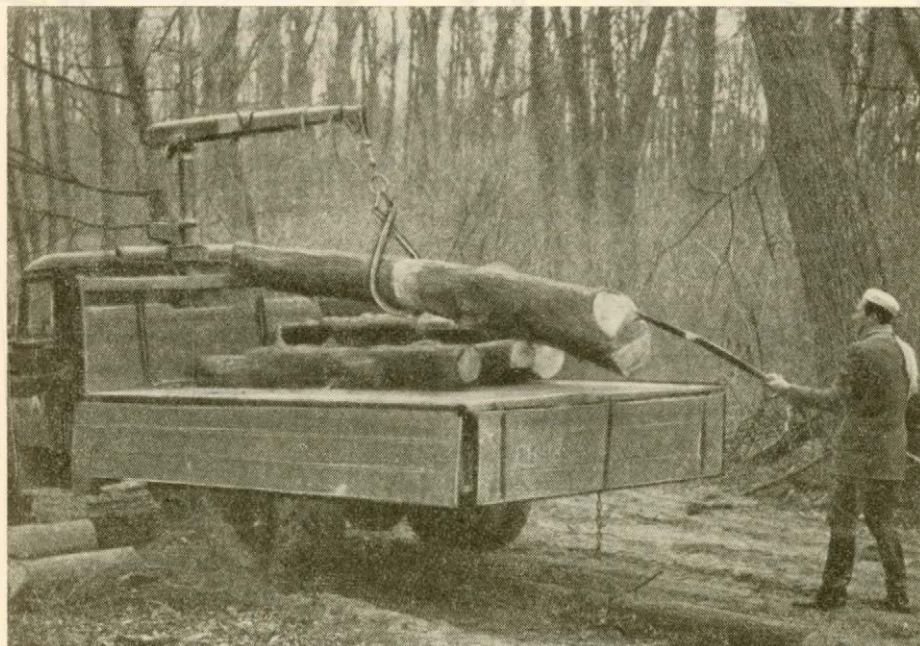
Az emelő erő a gép kinyúlási hosszának növekedésével csökken. A 2.22-1. ábrán néhány daru emelőerejének változását mutatjuk be a gémhossz függvényében.

Az erdőgazdaságainkban használatos HIAB-193. hidraulikus darut a 2.22-2. ábrán mutatjuk be.

Műszaki adatai a következők: gép hossza 3,5–5,2 m. Emelési magasság: 6,5–8,0 m. Fordíthatóság: 190°. Önsúly támaszokkal: 550 kp. Tércsükséglet a szereléshez: 35 cm.



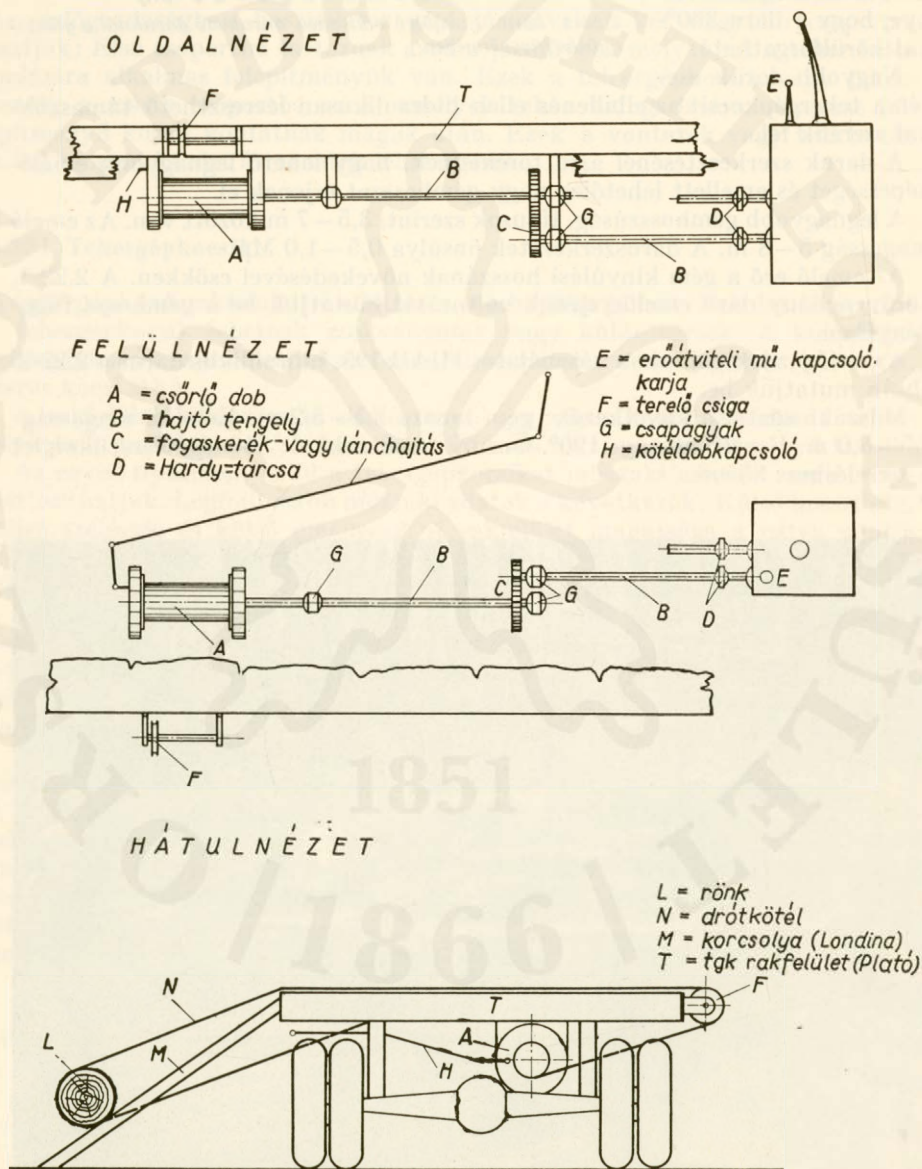
2.22-1. ábra. Emelőerő változása önnyakodó daruknál a gémkinyúlás függvényében



2.22-2. ábra. Hiab-193. hidraulikus daru erdei munkában

Az önrakodó daruk különösen nagyobb darabok vagy kötegelt választékok felterhelésére alkalmasak.

b) Egy- vagy kétdobos csörlők a gépkocsi oldalrakodására. A csörlős rakodás különösen a hosszúfa rakodásánál alkalmazható gazdaságosan. A csörlőt a motor egy tengelycsonkról hajtja meg. Maga a csörlő a vezetőfülke mögött van elhelyezve. Általános elrendezését a 2.22-3. ábra mutatja be. A felterhelt csörlő energiaszüksége dobonként 6–8 LE. Megfelelő fék akadályozza a kötel visszafutását, és lehetővé teszi, hogy egyenlőtlen vastag törzset a dobok egyenkénti használatával egyenletesen emeljük meg. A teher 50 m-ig behúzható. A kötel vastagsága 11 mm.



40 2.22-3 ábra. Önrakodó csörlő elrendezése tehergépkocsin

A hosszúfa szállítására használt tehergépkocsikat oldaltámaszokkal, az ún. rakoncákkal kell ellátni, melyeket a rakodás befejeztével biztonsági láncokkal kapcsolnak össze. A rakoncák lehajthatók és kinyitásukat, biztonsági okokból, mindig az ellenkező oldalról kell végezni. Nyitás közben a teheroldalon, ahol az anyag legördül, senki sem tartózkodhat.

A tehergépkocsi után, vonóerejük jobb kihasználása érdekében, pótkocsikat, ún. utánfutókat szokás alkalmazni. Az utánfutók vagy a szokványos közötti pótkocsi, vagy a hosszúfa szállítására alkalmas *truck*-ok. A *truck*-ok alkalmazása esetén a szálfá egyik vége a tehergépkocsira szerelt zsámolyon fekszik fel és a tehergépkocsi és pótkocsi, ill. kerékpár közötti kapcsolatot maga a rakomány alkotja. Az ilyen hosszúfa-szállító kocsiknál maga a *truck* tengelye is kanyarbeálló, ami a hegyi utak szűkös ívviszonyai miatt kívánatos. A kanyarbeállást kézi vagy a vezetőfülkéből irányított villamos vezérlésű csavarorsós szerkezet végzi.

Használatosak háromtengelyes, összes kerékmeghajtású, terepjáró gépkocsik is, melyek – különösen sík vidéken – a hozamterületre is bejárva átrakás nélkül végzik a szállítás-közelítés műveletét. Vannak tehergépkocsik, melyek a rönkszállító utánfutót üres menetnél felveszik magukra, így a sebességük adta lehetőséget jobban kihasználhatják.

A tehergépkocsi gazdaságos hatósugara 100 km-ig terjed. A gazdaságos hatósugár általában annyi 10 km, ahány tonnás a tehergépkocsi, azaz egy 5 tonnás hasznos teherbírású gépkocsié 50 km.

2.222 Vontatók

Az erdészeti szállításban az emberi, ill. fogatos energiát főleg vontatókkal pótoljuk. A vontatók, a lovakhoz hasonlóan, egyéb erdőgazdasági munkáknál (talajművelésnél, csemetekerti munkáknál) is felhasználhatók.

A vontatókat járószerkezetük szerint két csoportba soroljuk, úm: láncaltalpas és gumiabroncsos vontatók csoportjába. Átmenetet képez a két csoport között a félláncaltalpas vontató, ahol a kormányzó kerék mellett egy gumitextil félláncaltalpas marad.

A *láncaltalpas vontatók* főleg azoknál a munkáknál jönnek számításba, ahol a mozgás nem kialakított pályán történik, és a vonóerő szükséglet nagy. Nagy súlyúak, üzemóra költségük magas, sebességük, így hatósugaruk is alacsony. Munkahelyre való felvonulásuk nehézkes és költséges, ezért előnyös őket speciális gumiabroncsos kocsikon (tréler) helyszínre szállítani.

A láncaltalpas vontatókat legtöbbször útépítési munkáknál, sík vidéken közlekedésben és más gazdasági feladatoknál használják. (Tuskózás, mélyszántás, suháng kiemelése stb.)

Gumiabroncsos (kerekes) vontatók. Az erdőgazdaság első kerekes vontatóit világszerte a mezőgazdaságtól vette át. Természetesen ezek nem váltották be a hozzájuk fűzött reményeket, és sok szakemberben azt a véleményt erősítették, hogy az erdőgazdaságban a vontató soha nem fogja a fogatokat pótolni.

Az erdőgazdaság – a mezőgazdaságon túlmenően – a következő követelményeket támasztja a gumiabroncsos vontatóval szemben:

Változó igénybevétel, ennek megfelelően gazdaságos üzem a kisebb terheléseknél is.

Emelkedő-tűrés.

Terepjáró képesség: fordulékony, stabilitás az oldalbillenéssel szemben, négykerék meghajtás, differenciálzár.

Sokoldalú használhatóság, melyet hidraulikus, pneumatikus erőátviteli berendezés támaszt alá, rászerezhető eszközök és megfelelő csörlő.

Az erdőgazdasági igényeket a szerkesztők két oldalról közelítették meg: Mivel az erdőgazdasági gumibroncsos vontató-szükséglet nem akkora, hogy szériagyártásban lehessen előállítani, a mezőgazdasági vontatók gyártásánál 10–20%-ban olyan engedményeket tettek, hogy azok bizonyos felszerelésekkel az erdőgazdaság céljaira is megfeleljenek (Zetor-Super, Ferguson).

Másik megoldás, hogy a kis teherautó-típusokból olyan összeskerék-meghajtású egységet alakítottak ki, amely sebességét tekintve igen széles határok között mozog, tehát a szorosan vett vontatói feladatok mellett szállítási célokra is gazdaságosan alkalmazható (Unimog).

Az erdőgazdasági vontatók általában szilárdabb kivitelű kívánnak, mint a mezőgazdaságban használtak, és a kívánatos csúcsteljesítmény is nagyobb.

A vontatók motorja rendszerint Diesel-üzemű. Az általános gyakorlat szerint egy ember egy lábon állva a talajra $0,3 \text{ kp/cm}^2$ nyomást fejt ki, ami nagyjából a lánc talpas traktornak felel meg, míg egy ló terhelése $1,4 \text{ kp/cm}^2$ -es, mely a gumibroncsos vontatóval egyenértékű, ennek következtében a lánc talpas gördülési ellenállása mindig kisebb, mint a gumibroncsosé, ha a továbbmozgatáshoz szükséges erő nagyobb is, a lánc talpas nagyobb súlya miatt. Van olyan kis lánc talpas vontató, melynek fajlagos nyomása $0,13 \text{ kp/cm}^2$, sőt $0,08 \text{ kp/cm}^2$.

A motor energiájának kihasználására szolgálnak a hidraulikus vagy pneumatikus erőközvetítő berendezések. E berendezések lehetővé teszik, hogy a drága, vontatott munkaeszközök helyett, melyek jelentős vonóerőt emésztenek fel, a vontatóra emelhető, mozgatható berendezéseket szereljünk fel. Az eszközök egy része az ismert hárompontos felfüggesztéssel szerelhető fel, mások, pl. az Unimog útépítő eszközei, más megoldásokkal kerülnek alkalmazásra. A hidraulikus erőközvetítés a motorral meghajtott fogaskerék vagy dugattyús olajszivattyú nyomásával működik. A nyomás irányítása a vezetőüléssből kényelmesen végezhető és a vezető a munkát áttekintheti. Az olajnyomású dugattyús szivattyúnál 150 kp/cm^2 -ig, fogaskerék szivattyúnál $30-60 \text{ kp/cm}^2$ -ig terjed. A hidraulikus berendezésről levezető nyílások vannak más munkaeszközök működtetésére is.

Nálunk az Unimog vontatón használatos a pneumatikus erőközvetítés. Előnye, hogy a fékszerkezetet és esetleg az utánfutó billentő szerkezetét is működteti, az abroncsok feltöltésére használható, az eszközök működtetésénél rugalmas kapcsolatot biztosít. Elmarad a hidraulikus szerkezeteknél feltétlen szükséges speciális olaj. Sajnos, a munkahengerek nagy helyet foglalnak el, a gyakori működtetés esetén a helyszűke miatt viszonylag kicsi tartaléktartály hamar kimerül.

Ugyancsak a vontató motorenergiájának további felhasználására szolgálnak a vontató elején és hátulján kivezetett tengelycsonkok és az oldalán elhelyezett szíjtárcsa.

A tengelycsonkról hajtjuk meg a ráhelyezhető légsűrítőt, mellyel az útépitéseknél fűró- és fejtőkalapácsokat működtetünk, a forgókapát és esetenként az utánfutó első tengelyét is.

Az utánfutó meghajtásánál előnyös, ha a meghajtó tengely a középen van elhelyezve, mert a két erőátadási szög egyenlő. A gyakorlatban nem ritka a külpontos elhelyezés sem, mivel a központos elhelyezés nem mindig lehetséges. Az éles ívekben a csuklók megkímélésére a meghajtást kikapcsoljuk.

A vontatókra a csörlőket hátul, ritkábban elől szerelik fel, és a motor tengelycsonkjáról oldható tengelykapcsoló közbeiktatásával hajtják meg. Ha a csörlős vontató tengelycsonkját egyéb célra is használni óhajtjuk, úgy annak a csörlőn át kell hatolnia.

42 A csörlő az erdészeti vontatóknak fontos kelleke, és gazdaságos kihasználásukat, valamint a közelítési munkában való használhatóságot meghatározza.

A csörlővel való vonszolás alkalmával a vontatót vagy egy hegytámasszal szokás meg támasztani, vagy kisebb típusoknál a kerekek alá a hátsó felfüggesztősínbe bekapcsolt saruk kerülnek.

A csörlőkötél tetszőleges irányba való vezetését a vontató tartozékát képező terelőgörgő biztosítja.

A vontatók csörlőjének legkevesebb 3 tonna vonóerővel kell bírnia. A csörlőnek mindig összhangban kell állni a vontató teljesítményosztályával.

A csörlő teljesítményének kiszámításánál a motorteljesítmény 85%-ánál többet ne vegyünk figyelembe, tekintettel a huzamos használatra.

A kötésebesség 0,5—0,7 m/sec-ot ne lépje túl, de alatta se maradjon, mert a csörlő teljesítménye igen kicsi lesz.

A csörlő vonóköttele 70 m hosszú és 13—15 mm átmérőjű legyen.

A külső dobátmérő 500-szorosa legyen a kötel elemi-szál átmérőjének. Az átmérő nagysága azon a kompromisszumon alapul, ami a kiszámított legkisebb nagyság és a gyakorlat azon követelménye között van, hogy minél nagyobb legyen a kötelbefogadó-képesség. Kis dobátmérő rongálja a kötelet, hamarosan kikönyökösödik.

A vontatócsörlő lehetőleg automatikus kötelrendezővel bírjon.

A túlterhelési lehetőséget a felső vonóerő-határra méretezett csúszótengelykapcsolóval (kuplunggal) akadályozzuk meg. Ez biztosítja az alkatrészeket törés, szakadás ellen, és elejét veszi számos balesetnek.

A 2.22-4. ábrán egy Unimog vontató csörlőjét mutatjuk be.

A csörlőt megállás esetén visszafutás ellen biztosítani kell.

A kezelést legjobb a vezetőülésből végezni.

A csörlőkötél céljaira alkalmasak a „Seale” típusú kötelek. A csörlőkötél csülökben végződik.

Az erdőgazdaságban használatos vontatókat teljesítményosztályokba sorolják. Az egyes teljesítményosztályok jellemzőit a 2.22-1. táblázatban adjuk meg.

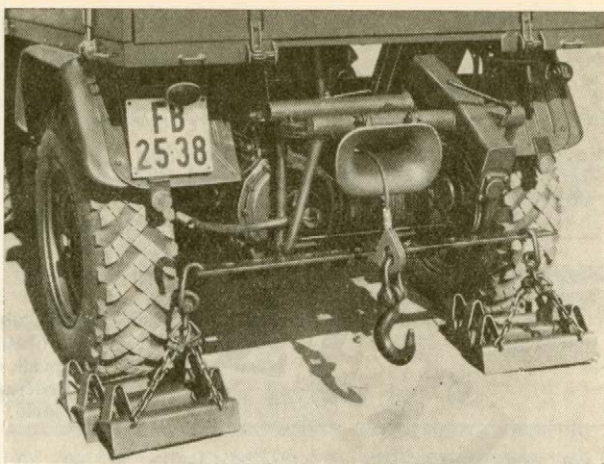
Az egytengelyes vontatók közül csak a 10—12 LE-sek alkalmasak — megfelelő pótkocsival — anyagmozgatási feladatokra. (Bungartz, Motorrobot.) A 12-20 LE-s, ún. kisvontatók újabban kerültek az erdőgazdasági munkáknál alkalmazásra.

A vontatók építési formáit a 2.22-5. ábrán mutatjuk be.

Ia) Rövid építésű, nagy tengelytávú, nyomott építési forma.

A súly 1/3-a az első, 2/3-a a hátsó tengelyre esik. Súlypont viszonylag alacsony. Az ülés közel van a súlyponthoz, ezért a vezető viszonylag kevéssé szenved a lengésektől. Egyes típusok ebből összeskerék-hajtásúak.

b) és c) A motor az első tengely előtt van. Összeskerék-hajtás, egyenlő átmérőjű kerekek. Főleg vontatási tulajdonságaik kedvezők. Súlyelosztás = 1 : 1 (Nordtrak), 2/3 : 1/3 = (Unimog). Az Unimognál a súlyelosztás pót-



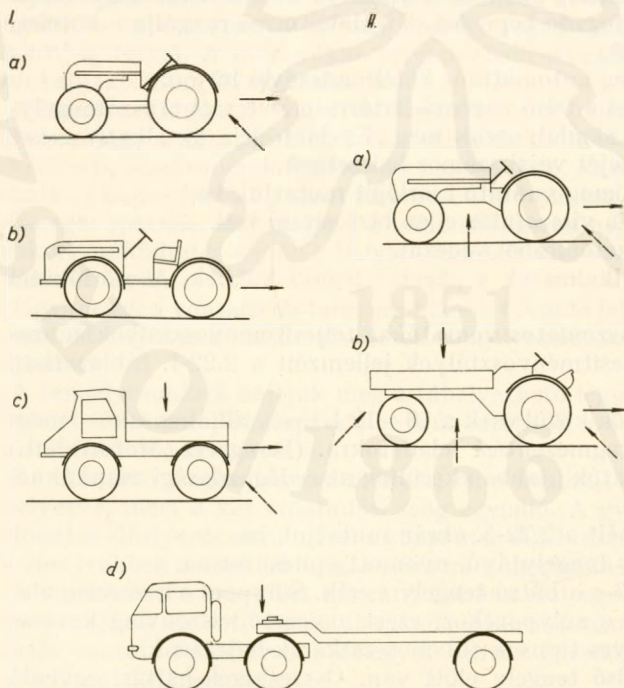
2.22-4. ábra. Unimog vontató csörlője. A kerekek alatt a két rögző saru látható

Vontató típus	Teljesítményosztály		
	könnyű	közepes	nehéz
Egytengelyű vontató 0,5–20 km/ó menetsebességgel	2–5 LE. Kapás maró, utánfutó	6–8 LE. Kapás maró, meghajtott tengelyű utánfutó	9–12 LE. Teljes maró, meghajtott tengelyű utánfutó
Négykerékű vontató, összes v. két kerék meghajtással 0,5–30 km/ó menetsebességgel	25–30 LE. Önsúly 1,4–2,0 Mp. Adapterek, speciális kocsik, egyszerű csörlő (3–3,5 Mp)	30–40 LE. Önsúly: 2,3–2,5 t nagyobb sebesség, vontatógép pót-kocsik részére. Erdészeti 4 Mp csörlő.	40–60 LE. Önsúly: 2,6–3,0 t Szolgálati súly 4,0 Mp-ig felmegy. Jó vonóerőteljesítmény, erdészeti csörlő
Láncalpas vontató, 0,3–8 km/ó menetsebességgel	25–50 LE. Önsúly: 2,5–3,0 Mp	50–80 LE. Önsúly: 5–7 Mp	80–120 LE. Önsúly: 8–9 Mp

súlyokkal 1 : 1-re hozható. 2/3 : 1/3 esetén könnyen átbukik a vontató az első kerekén.

II a) és b) Eszközhordozók. A szabad tér a tengelyek között ehhez képest nagyobb, mint a többi vontatónál. A súlypont viszonylag magas. Az eszköz nemcsak hátul, hanem a tengelyek között is elhelyezhető. Az eszközhordozók főleg telepítési célokra, sík vidéken, enyhe terepen használatosak (Maulwurf, Zetor 25 K).

Id) Nyerges vontatók. Sok tekintetben még a vontatókhoz tartozó szállító



lító gép, mely átmenetet képez a tehergépkocsi felé. Inkább utakra, mint terepre való építési forma.

A vontató az erdészet univerzális erőgépe. Az erdei munka sokféle fajtája nemcsak térben, hanem időben is megoszlik, azaz egy bizonyos szakában bizonyos fajta munka képezi a munkafeladat zömét. Ezért, ha az egyes munkákhoz speciális gépeket alkalmaznánk, azoknak egész évi foglalkoztatottsága nem biztosítható, tehát a munkaegységre vetített költsége igen magas lenne. Ennek ellentétképpen áll a specializált gépek magasabb termelékenysége és tökéletesebb munkája.

Az univerzális erőgépeket a különféle munkanemekhez megfelelő eszközökkel (adapterek) kell ellátni, és így a többcélú erőgépek közel egész évi foglalkoztatottságát tudjuk biztosítani. A munka nem olyan tökéletes, mint specializált gépek esetén, de az önköltségek az elfogadható határok között maradnak.

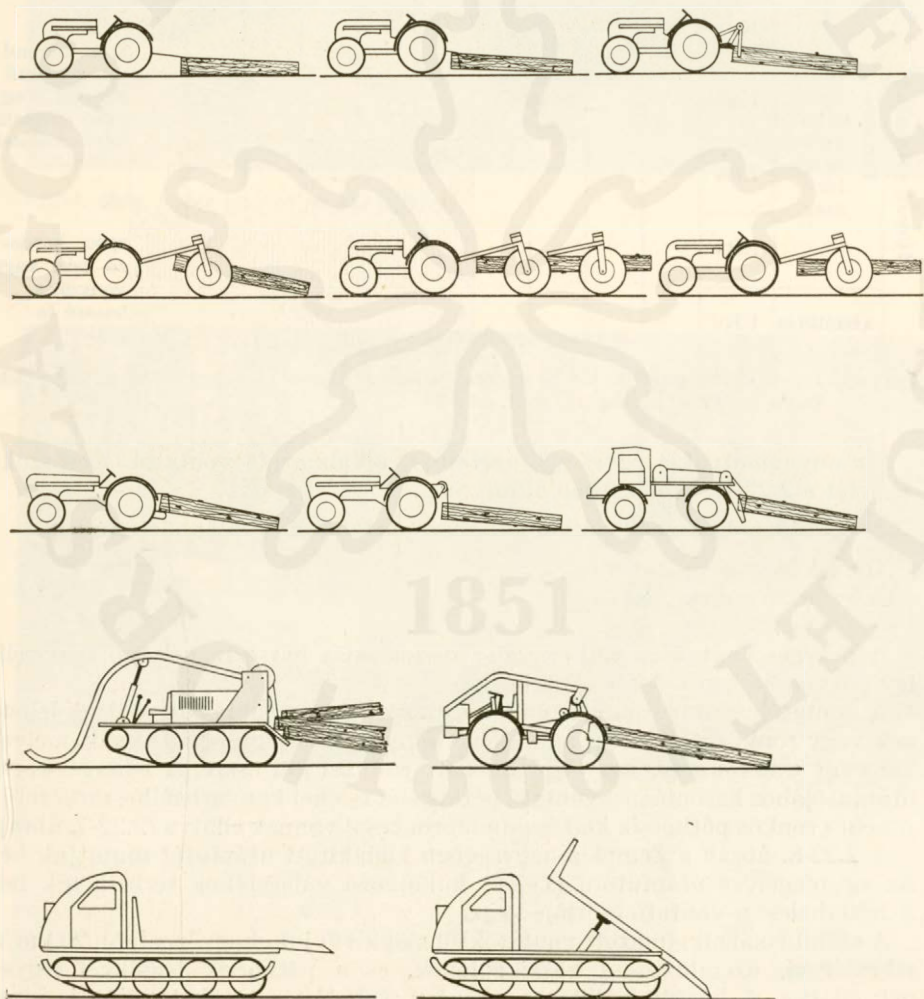
Az erdőgazdasági munkák között igen nagy energiaigénnyel jelentkeznek – mint már mondtuk – a szállítással kapcsolatos különféle munkák, (útépítés, karbantartás, rakodás, közelítés, szállítás, kiszállítás).

Az anyagmozgatást a vontatók végezhetik:

1. maguk után vonszolva;
2. félig magukra terhelve, vonszolva;
3. csörlővel vonszolva;
4. pótkocsikon.

Az anyagmozgatás lehetőségeit a 2.22-6 ábrán mutatjuk be.

Az útépítésnél, útkarbantartásnál jórészt lánctalpas vontatókat alkalmazunk, míg a szállítás, közelítés műveleteit célirányosabb gumiabroncsos vontatóval ellátni.



2.22-6. ábra. A vontatós anyagmozgatás lehetőségei

Munka megnevezése	Vontató típus	A vontató LE-je										Megjegyzés		
		12	15	20	25	30	35	40	45	50	60			
Rövid választék	közéltés	Ev												meghajtott-tengelyű pótkocsival
		Eh												—
		Mv												meghajtott tengelyű pótkocsival
		ERv												meghajt. t. pótk. vagy nyerges pótk.
	kiszállítás	ERv												két tengelyű pótk.
Hosszú választék	rúdfa gyenge törzsek nehéz törzsek	Kv												spec. berend.-sel, közelítő fogóval vagy más speciális berendezéssel
		Kv												
		ERv												
		ERv												spec. hordozó ber. vagy vonszolás
	kiszállítás	ERv												hosszú fa pótk.

Jegyzet: Ev = egytengelyű v. Eh. = eszköz hordozó. ERv = erdészeti vontató. Kv = kis vontató. Mv = mezőgazd. vont.

Az anyagmozgatás egyes változataiban alkalmazott vontatók lóerőszükségletét a 2.22-II. táblázatban adjuk meg.

A szállításnál használt pótkocsik szempontjából megkülönböztetünk:

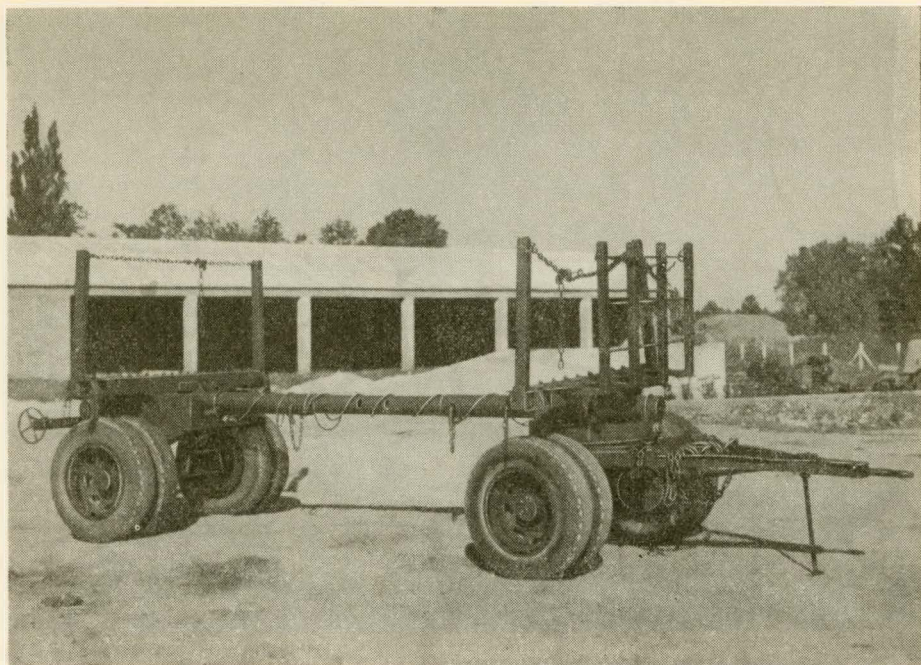
1. Szokványos vontatót és
2. az ún. nyerges vontatót.

A nyerges vontató a pótkocsi első részét saját hátsó tengelyhídján viseli, így pótkocsija legtöbbször egytengelyű.

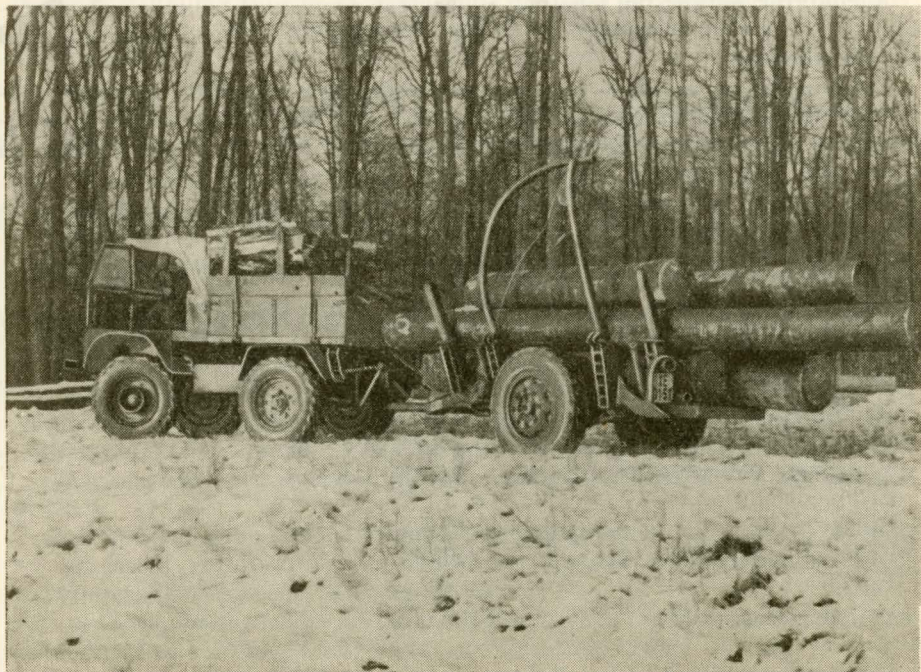
A vontatók pótkocsijai a szokványos közúti pótkocsikhoz hasonlóak lehetnek vagy rönkös pótkocsik, melyek voltaképpen két egységből állnak, melyeket vagy a rakomány, vagy egy állítható rudazat köt össze. A tehergépkocsi utánfutójához hasonlóan a vontató pótkocsija is lehet kanyarbeálló szerkezetű. A nehéz rönkös pótkocsik kettős gumibronccsal vannak ellátva (2.22-7. ábra).

A 2.22-8. ábrán a Zemplén-hegységben kialakított utánfutót mutatjuk be. Az egytengelyes utánfutóra (Zelop) különböző választékok terhelhetők fel. A felterhelést a vontató csőrőlje végzi.

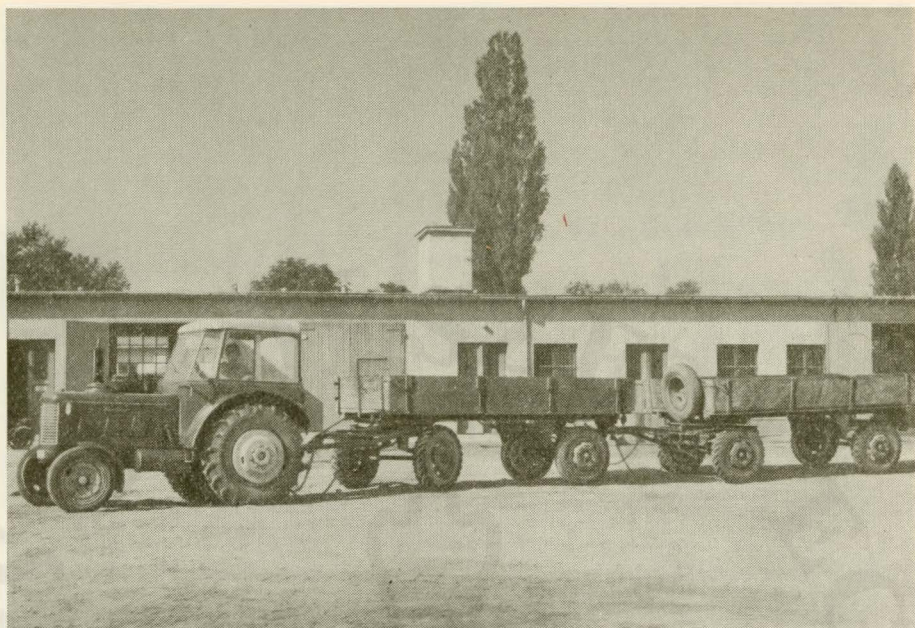
A szállításnál alkalmazott vontatóktól megkívánjuk, hogy legalább 20 km/ó sebességgel, üzembiztosan közlekedjenek, és a pótkocsik légfékkel legyenek ellátva. A közúti szállításba is bekapcsolódó vontatókat külön is vizsgáltni kell.



2.22-7. ábra. Nehéz kivitelű rönkös pótkocsi



2.22-8. ábra. Zélop közelítő pótkocsi



2.22-9. ábra. Zetor-Super vontató két pótkocsival

A vontatók rönkös vagy szálfaszállító pótkocsijai is felszerelhetők önterhelő berendezéssel, melyet a traktor csörlőjével hoz működésbe, vagy azáltal hogy a kötelet előre vontatja.

A vontatók pótkocsijai lehetnek rugózottak vagy rugó nélküliek. A vontatóknak egyéb erdei munkáknál – főleg a közelítésnél – való alkalmazásáról később lesz szó.

Előnyös, ha az utánfutó tengelyét is meghajtjuk a vontató tengelycsonkjáról. A meghajtást terepnehézségek esetén rövid ideig működtetjük. A meghajtott tengely rendszerint úgy van szerkesztve, hogy az utánfutó egészen addig szabadon fut, míg a vontató kereke mintegy 5%-os csúszást szenved. Ekkor önműködően bekapcsolódik a meghajtott tengely és bekapcsolódva marad mindaddig, míg a tapadás a vontatókerék és a pályafelület között helyreáll. Különösen terepen működő, közelítést végző járműveknél előnyös ez a megoldás.

Egy Unimog vontató 2000 üő-ja a következő százalékos megoszlást mutatja ágazatonként:

Faanyagmozgatás	23,6%
Erdősítés, talajelőkészítés	27,4%
Útépités, útkarbantartás	25,8%
Vadászat, melléktermék	13,3%
Erdővédelem	1,6%
Építkezések	1,0%
Erdőrendezés, igazgatás	0,6%
Egyéb	6,7%
Összesen:	100,00%

48 Egy egytengelyes, 12 LE-s, 1,5 tonnás vontató 860 üő-ja a következő megoszlást mutatta:

a) Méteres választék közelítés		30%	260 üő
b) Kultúrák: szántás	5%		
talajmaró	10%		
komposztózás	10%	35%	300 üő
csemete és egyéb szállítás	10%		
c) Útfenntartás: anyagszállítás	5%		
seprés, zúzalékolás	15%	20%	170 üő
d) Erdővédelem: Kerítésépítés,			
fenntartás	5%		
károsítók elleni védelem	5%	10%	85 üő
e) Egyéb: vadtakarmányozás, vadászati építkezés, védőkunyhó-szállítás			
		5%	45 üő
		<u>100%</u>	<u>860 üő</u>

Ebből szállítás munka: 70%

Egyéb munkaeszközök: 30%.

Kihasználása üzemenként más és más. A terep, állomány, úthálózat és még sok más szabja meg a kihasználási lehetőségeket. Az üzem területe és a szisztematikusan felmerülő munkák szerint több-kevesebb különböző típusú vontatót alkalmazunk. Az állandóan jelentkező, tisztán szállítás jellegű feladatokat tehergépkocsikkal is kombinálhatjuk.

A magyar erdőkben jelenleg több mint 500 vontató dolgozik és ezeknek részesedése a szállítási munkákban egyre növekszik. A növekedést nemcsak a vontatók létszáma, hanem a teljesített hasznos üő. növekedése és nem utolsósorban az üzemóra mögött álló teljesítmény emelkedése okozza. Mindezekre a későbbiekben még rá fogunk mutatni.

A vontatókkal évente gazdaságosan mintegy 2400 üő. teljesíthető. Ezalatt növekszik az értékesítő teher, efelett az elhasználódás, mely utóbbi abból adódik, hogy az erőszakolt üő. emelés a vezető által elvégezhető kisebb karbantartások elmulasztására vezet.

A korszerű erdőgazdálkodásra jellemző szám a hozamterületre vetített évi gépi LE-óra szám, ezen belül pedig a vontató-óraszám.

2.223 Különleges gépjárművek

A tehergépkocsikat gyártó ipar az újabb évtizedekben igyekezett a vontatóknak azt az előnyét megszerezni, hogy a teher befogadására szolgáló szerkezetet, pótkocsit lekapcsolja, így a rakodási idő alatt nem kell várakoznia. Így alakultak ki a tehergépkocsik sebességével rendelkező közúti nyerges vontatók. Ezek azonban az erdőgazdaság szokványos kívánalmát csak a szállítás terén elégitették ki, mert részben talajművelő munkákra nem alkalmasak, szélesebb és nehezebb építésük miatt az útról letérve kevésbé mozgékonyak, másrészt az erdőgazdaságoknál kívánatos kisebb sebességeknél elveszítik gazdaságosságukat.

Az erdőgazdaságban előforduló építési anyag (homok, kő, kavics), de apró erdei választék szállítására is rendkívül alkalmasak a billenőfelépítményű, azaz önleterhelő gépkocsik (2.22-10. ábra).

Az erdőgazdasági útépítéseknel, bányatermékek szállításánál, esetleges talajmeliorációs anyagok (mésztrágya stb.) széthordásánál használjuk még a dömpereket. A dömperek 3–3,5 m³ ömlesztett anyag szállítására alkalmas



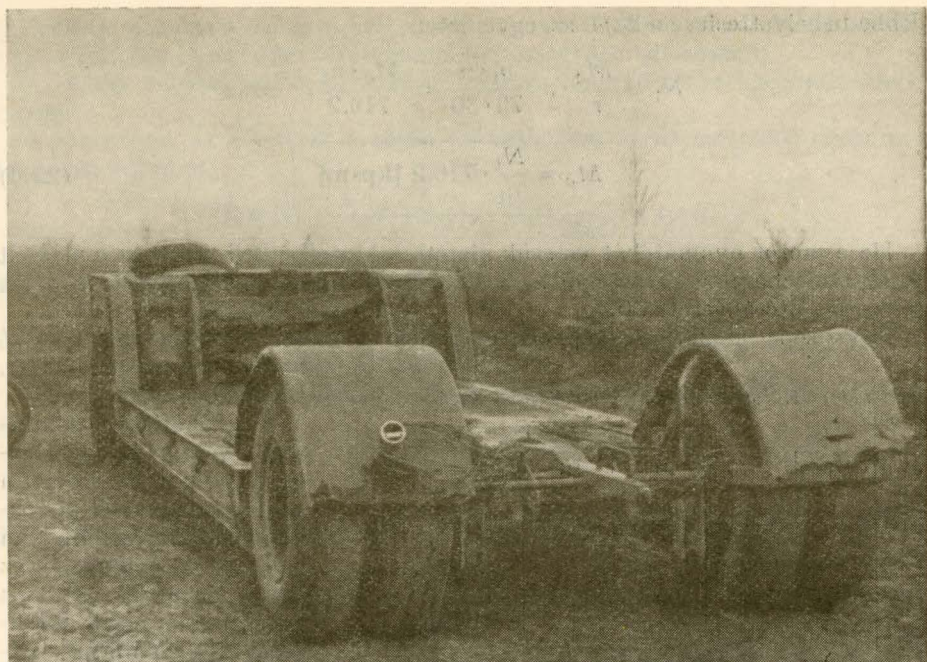
2.22-10. ábra. Billenőteknős tehergépköcsi erdei útépitési munkáknál

teknőkkel vannak ellátva és abroncsozásuk bizonyos fokú terepigénybevételre is alkalmas (2.22-17. ábra).

A lánctalpas járműveknek, úthengereknek és egyéb nehéz gépeknek gazdaságos szállítására készülnek a többkerekű, alacsonyépítésű trailerek. Ezeket légfékes berendezéssel ellátott vontató (Zetor-Super, Unimog) vontathatja. Alacsony építésűek és a nehéz gépek számára feljáróval vannak ellátva, úgy-hogy szállításnál az a maga erejéből feljárhat rájuk (2.22-12. ábra).



50 2.22-11. ábra. Dömper



2.22-12. ábra. Erdőgazdaságnál használt trailer

Használatos még erdőgazdaságoknál a rakodógépek minősíthető autódaru. Ennek szállításra alkalmas rakodófelülete nincs, az egész gépet a daruszerkezet foglalja le.

2.224 A gépjárművek vonóereje

A későbbiekben többször szükségünk lesz a gépjárművek vonóerő-diagramjára, melyből az egyes sebességváltó-állásoknak megfelelő vonóerő leolvasható, ezért ezeknek szerkesztését, illetőleg a szerkesztés elméleti alapjait ismernünk kell. Ugyancsak világos képet kapunk a következőkből arra, hogy miként állítja elő a gépjármű a vonóhorgon kifejtendő teljesítményét.

A gépjármű motorja a vonóerőt a keréken – lánctalpon – azaz a járószerkezeten keresztül fejt ki a talajra, pályaszerkezetre támaszkodva. A motornak a meghajtott tengelyre átvitt M_d nyomatéka az abroncs felületén ébredő súrlódó-kapaszkodó erő, illetve avval egyenlő nagyságú kifejtett vonóerő nyomatékával egyenlő. A 2.22-13. ábra alapján:

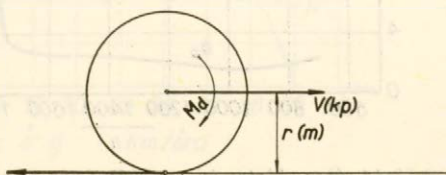
$$M_d = V \cdot r \text{ [kp} \cdot \text{m]} \quad (22/4)$$

$$N_{\text{tényleges}} = \frac{\text{Vonóerő} \cdot \text{Abroncskerület} \cdot \text{fordulati szám}}{75 \cdot 60} \text{ LE,}$$

azaz

$$N_t = \frac{V \cdot 2 \cdot r \cdot \pi \cdot n_t}{75 \cdot 60} = V \cdot r \frac{n_t \cdot \pi}{75 \cdot 30} \quad (22/5)$$

2.22-13. ábra. A vonóerő keletkezése a motor által kifejtett nyomaték hatására



Ebbe behelyettesítve a 22/4. sz. egyenletet

$$N_t = \frac{M_d}{r} \cdot r \cdot \frac{n_t \cdot \pi}{75 \cdot 30} = \frac{M_d \cdot n_t}{716,2}, \text{ azaz}$$

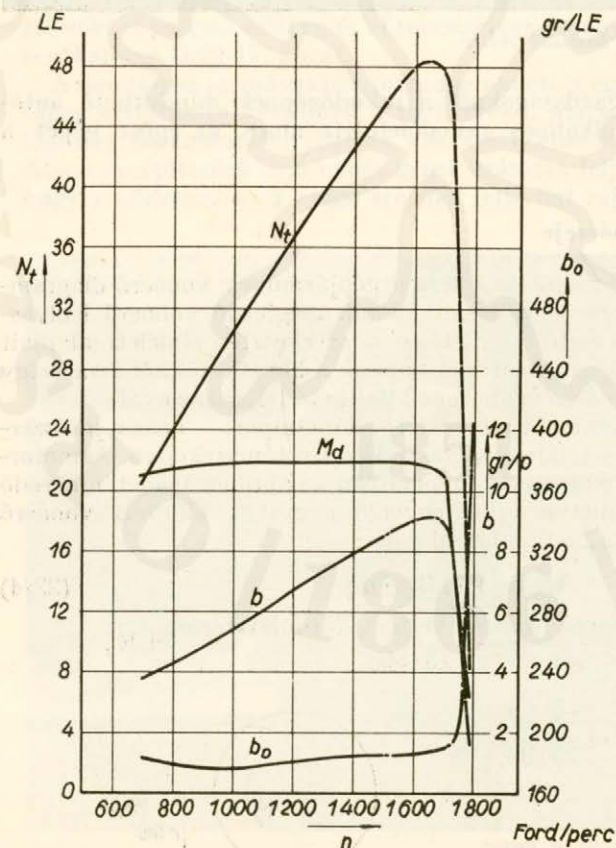
$$M_d = \frac{N_t}{n_t} \cdot 716,2 \text{ [kp} \cdot \text{m]} \quad (22/6)$$

Ha a motor nyomatékát vesszük alapul, tekintetbe kell venni az a áttételt és az η mechanikai hatásfokot is. A hatásfok a fogaskerék-áttételtől, tehát a sebességváltó-állástól is függ.

Egy Csepel D-350 tehergépkocsi áttételeit és az egyes áttételekhez tartozó hatásfokokat a 2.22-III. táblázat mutatja be.

2.22-III. táblázat. Hatásfok és áttétel sebességváltó-állások szerint

Sebességváltó állás	I.	II.	III.	IV.	V.
Áttétel ...	8,71:1	4,74:1	2,74:1	1,59:1	1:1
Hatásfok .	0,80	0,82	0,84	0,86	0,88



A gyakorlati számítások a motor jelleggörbéiből indulnak ki. Ezeket a gépjárműmotorról fékpadon veszik fel. A fékpadon mérésel megállapítják az egyes fordulati számhoz tartozó és a motor főtengele által előállított nyomatékot és a hozzá tartozó üzemanyag-fogyasztást (g/LEó). A nyomatékhoz tartozó lóerőszám a (22/6) képlet alapján számítható ki (2.22-14. ábra).

A (22/5) egyenletből vezethető le a motorteljesítmény ismeretes képlete:

$$N_t = \frac{V \cdot 2 \cdot r \cdot \pi \cdot n_t}{75 \cdot 60} = \frac{V[\text{kp}] \cdot v[\text{m/sec}]}{75},$$

$$\text{de } v[\text{m/sec}] = \frac{v[\text{km/ó}]}{3,6}$$

$$N_t[\text{LE}] = \frac{V[\text{kp}] \cdot v[\text{km/ó}]}{270} \quad (22/7),$$

ahol $N_t = \eta \cdot N_i$

Ebből az összefüggésből a különböző sebességeknél a tényleges vonóerő még nem határozható meg. Ehhez a kérdéses sebesség (fordulati szám) esetén a motor teljesítménye is

szükséges; ezenkívül ismerni kell a motor fordulati szám és a haladási sebesség összefüggését az egyes áttételeknél (sebességváltó állásoknál).

Az egyes sebességváltó állásokhoz tartozó vonóerő-görbe kiszámításának menete:

A sebességet az áttételek alapján számíthatjuk ki az esetenkénti motorfordulati számból:

$$V[\text{km/ó}] = 2 \cdot r \cdot \pi \cdot n \cdot a \cdot 60 \cdot \frac{1}{1000} = c_1 \cdot n,$$

ahol $2r$ = meghajtott kerékátmérő [m] = D

n = fordulat/perc (motor)

a = áttétel a differenciálműnél, tört értékben (pl. 1/7)

u = áttétel a sebességváltó-állásban

tehát a sebességváltó állásnak a fenti értékek összevonásából kiszámított constans értéke:

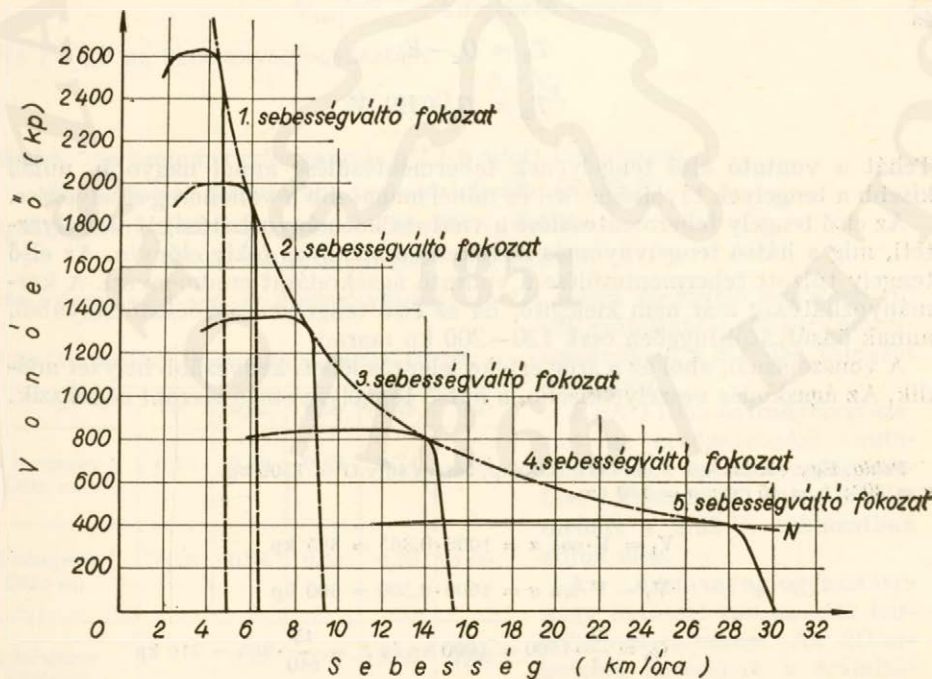
$$c_1 = \frac{D \cdot \pi \cdot a \cdot u \cdot 60}{1000}$$

Különböző v értékekhez kiszámítjuk a vonóerőt a (22/7) képletből:

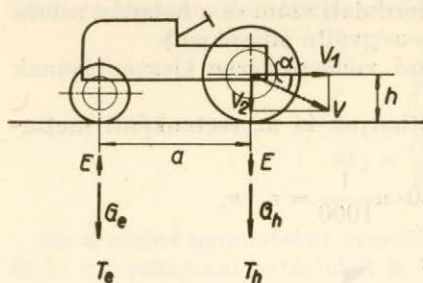
$$V[\text{kp}] = c_2 \cdot \frac{N_i[\text{LE}]}{v[\text{km/ó}]} \cdot \eta; \quad c_2 = 270,$$

ahol η más és más sebességváltó állásnál más és más érték, N a jelleggörbék-ből kivethető érték.

Így aztán megszerkeszthetjük az egyes sebességváltó-állásnak megfelelő vonóerő-görbét. Az egyes vonóerő-görbék egymástól, mint látjuk, meglehetősen elszakadtak. Az átmenetet a vezető a motorfordulat szabályozásával (gázpedál) egyenlíti ki (2.22-15. ábra), azaz, ha két sebességváltó állásnak meg-



2.22-15. ábra. Vonóerő görbe (Zetor-Super)



2.22-16. ábra. Tengelyterhelés, alakulása vontatás közben

A vontató vonóerejének hasznosításánál nagy jelentősége van az első és hátulsó tengelyre eső terhelésnek. A szokványos vontatóknál az első tengelyre a vontató súlyának 1/3-a, így a hátsó tengelyre annak kétharmada jut. Unimog vontatóknál ez a helyzet fordított, de a hátulsó tengelynyomás a rakfelületre helyezett súlyokkal növelhető.

Mint később látni fogjuk, a meghajtott tengelyekre eső terhelés nagyságának jelentősége a vontató vonóerejének hasznosítását illetően nem csekély.

Az üzemben levő vontatóknál a tengelyekre eső terhelések megváltoznak. Erre az eltolódásra elsősorban a vonóhorog elhelyezési magassága van befolyással. A tengelyterhelés, azaz súlyponteltolódás erőviszonyait a 2.22-16. ábra szemlélteti. A vontatásnál a hátsó tengelyre eső erőtöbblet a következő egyenlettel fejezhető ki:

$$E = V_1 \cdot \frac{h}{a}$$

és

$$T_e = Q_e - E$$

$$T_h = Q_h + E + V_2$$

Tehát a vontató első tengelyének tehermentesülése annál nagyobb, minél kisebb a tengelyek távolsága (a), és minél magasabb a vonóhorog elhelyezése.

Az első tengely tehermentesülése a vontató kormányozhatóságát veszélyezteti, míg a hátsó tengelynyomás növekedése bizonyos fokig előnyös. Az első tengely túlzott tehermentesülése a vontató ágaskodását eredményezi. A kormányozhatóság már nem kielégítő, ha az első tengelyen a vontató súlyából, annak önsúlyától függően csak 120–200 kp marad.

A vonszolásnál, ahol az α szög értéke jelentős lehet, kedvezőbb helyzet adódik. Az ágaskodás veszélye kisebb, a hátsó tengelynyomás viszont növekszik.

Példa. Egy vontatónál a vonóerő 1000 kp, összes súly $G = 1500$ kp.
 $\alpha = 30^\circ$; $h = 45$ cm; $a = 180$ cm.

$$V_1 = V \cdot \cos \alpha = 1000 \cdot 0,865 = 865 \text{ kp}$$

$$V_2 = V \cdot \sin \alpha = 1000 \cdot 0,500 = 500 \text{ kp}$$

$$Q_h = \frac{2}{3} \cdot 1500 = 1000 \text{ kp és } E = \frac{45}{180} \cdot 865 = 216 \text{ kp}$$

$$T_h = 216 + 500 + 1000 = 1716 \text{ kp és } T_e = 500 - 216 = 284 \text{ kp}$$

2.225 Gépjárművek üzemanyag-fogyasztása

A gépjárművek üzemóra-költségében jelentős tétel az üzemanyagfogyasztás. Az üzem gazdaságosságának elbírálása érdekében ismerni kell az üzemanyagfogyasztást különböző viszonyok között.

A gépjárművek üzemanyagfogyasztását lóerőóra-ra eső g értékben ($b_0 = g/LEó$) vagy 100 km-re eső liter értékben szokás megadni.

Kis fordulati számnál a nagy melegvesztés és a levegővel való rossz keveredés miatt, nagy fordulati számnál az üzemanyag rossz elégetése miatt magas a fogyasztás.

Így az üzemanyagfogyasztás sebességváltó állások szerint is változó. A 2.22-17. ábra egy Csepel D-350 tehergépkocsi gázolajfogyasztását ábrázolja.

A vízszintes ívek és emelkedők is nagymértékben befolyásolják az üzemanyagfogyasztást.

Az üzemanyagfogyasztás attól függően alakul, hogy a haladásnál az ellenállások leküzdésére felhasznált vonóerő (V_{kp}) és a motor teljes igénybevétele-nél kifejezhető vonóerő hányadosa, az ún. átlagos leterhelés mekkora.

$$r = \frac{V}{V_{telj}}, \text{ azaz } \frac{\text{felhasznált vonóerő}}{\text{kifejezhető vonóerő}}$$

Ha $r = 1,0$ az üzemanyagfogyasztás:

$$b[\text{g/perc}] = \frac{b_0 \cdot N_0}{60},$$

ahol b_0 az üzemanyagfogyasztás g/LEó adott fordultnál

N_0 az adott fordulathoz tartozó teljesítmény (LE)

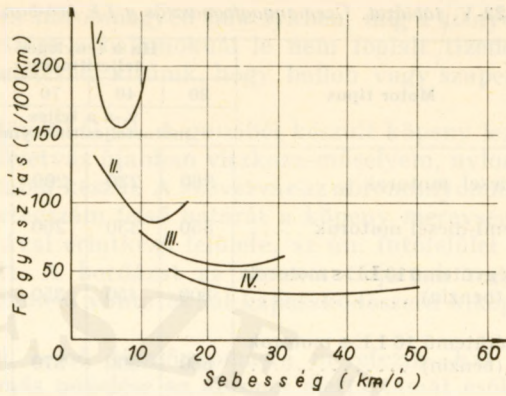
b_0 általában: Otto motoroknál 250–350 [g/LEó]

Diesel motoroknál 160–220 [g/LEó]

Ha r nem az egység, az üzemanyagfogyasztást a neki megfelelő szorzóval (\ddot{u}) kell számítani. r értékeit motor-típusonként a 2.22-IV. táblázat adja meg.

2.22-IV. táblázat. Üzemanyagfogyasztási szorzók

r	0	0,25	0,50	0,75	1,00
4 hengeres Otto m.	0,15	0,29	0,49	0,74	1,00
6 hengeres Otto m.	0,23	0,36	0,54	0,75	1,00
9 hengeres Diesel m.	–	0,43	0,60	0,80	1,00



2.22-17. ábra. Csepel-350 tehergépkocsi gázolajfogyasztása különböző sebességváltó állásoknál

A FAO 1955-ös irányelvei szerint az erdőgazdasági vontatókra az üzemanyagfogyasztást különböző átlagterhelés mellett a 2.22-V. táblázatban adjuk meg.

Az üzemanyagfogyasztásra nagy hatással van az utak burkolatának minősége. Az útburkolatok hatásának a számításokból való kiszűrésére használ-

2.22-V. táblázat. Üzemanyagfogyasztás g/LE órá-ban

Motor típus	Ha a tényleges teljesítmény			
	20	40	70	100
	% - a teljes motorteljesítménynek			
Diesel motorok	360	230	200	200
Semi-diesel motorok	550	330	260	280
Négyütemű 10 LE-s motorok (benzin)	800	450	350	330
Kétütemű 10 LE-s motorok (benzin)	860	500	370	400
25 LE-s nehéz olajmotorok	650	370	280	260

2.22-VI. táblázat. Üzemanyag-fogyasztási útszorzók

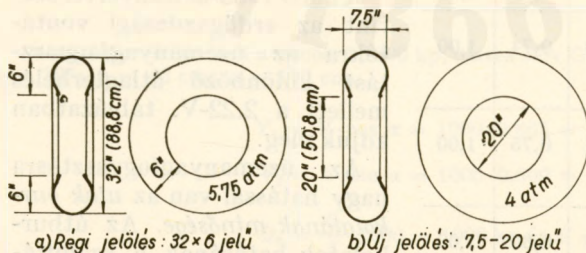
Burkolat neve	Útszorzó szerzők szerint			
	ATUKI	dr. Vársárhelyi	MÁV-AUT	Neumann
Beton	0,932	0,890	0,895	0,905
Hengerelt aszfalt	0,996	0,890	0,945	0,935
Felületi bevonás	1,037	1,110	1,150	—
Kiskockakő	1,100	1,000	1,000	1,000
Makadám	1,086	1,210	—	—

nye a gumiabroncsok minőségétől és állapotától jelentős mértékben függ. A gumiabroncs elhasználódik és értéke a jármű üzemóráköltségében jelentkezik. A gumiabroncs helyes megválasztása, okszerű üzeme és karbantartása csökkenti az üzemóra-költségeket. A durva erdei munka, a köves, sziklás, tuskós terep az erdészeti szállításban résztvevő gépjárművek abroncsosásával szemben a szokottnál nagyobb követelményeket támaszt.

A gumiabroncsok méretjelölése kétféle lehet, úm. a régi és az új jelölés. A régi jelölés két szám szorzatából áll (pl. 32×6). A szorzat első tényezője a gumiabroncs névleges átmérője, a második az abroncs legnagyobb névleges szélessége, mindkettő angol hüvelykben.

Az új jelölés az alacsonynyomású ballonabroncsok bevezetésével vált használatossá. Angol hüvelykben megadott két számból áll, melyet kötőjel köt össze (pl. 6,00-20). Az első szám a legnagyobb névleges szélességet, a második a tényleges peremátmérőt jelenti. A névleges érték azt jelenti, hogy közelítő értékről van szó.

A legnagyobb szélesség az új jelölésnél század pontossággal van feltüntetve, mégpedig a ballonabron-



56 2.22-18. ábra. A gumiabroncsok jelölése

csoknál rendszerint negyed, fél és háromnegyed hüvelykben, míg a kisnyomású szuper-ballon abroncsok részére a ballonoknál le nem foglalt tizedes jelölések maradnak. Így már a jelölésből kitűnik, hogy ballon vagy szuperballon abroncsról van szó.

Az abroncs a köpenyből és légtömlőből áll. A gumiból készült köpeny legfontosabb része a szövetség. A szövetség újabban viszkoza-műselyem, nylon, perlon szálakból sodrott kordcérnából készül. A szövetség az abroncsnyomásnak megfelelően többrétegű. A rétegszám felső határát a köpeny merevsége szabja meg. A köpenynek a pályával érintkező felülete, az ún. futófelület a kapaszkodás érdekében bordázott. A bordázat az abroncs céljainak megfelelően más és más. A terepen üzemelő vontatóknál kapaszkodószerű kiképzést kap (2.22-9. ábra).

A gumiabroncsokat határozott belső tömlőnyomásra méretezik. Ezt a nyomást be kell tartani. A nyomás növelése az abroncs élettartamát csökkenti, ugyanis a túlfeszített kordcérnák hajtogatási ellenállása kisebb lesz.

A terhelés hatására a gumiabroncs alakváltozást szenved. Ez a belapulás az ún. deflexió. Az alakváltozás nagysága a terheléssel arányos. Ha a terhelés a megengedettnél nagyobb, vagy a tömlőnyomás az előírásnál kisebb, az alakváltozás növekszik és az abroncs élettartama csökken.

Gördülés közben az alakváltozás körbe haladva terheli az abroncs minden részét. Az alakváltozási munka nagyobb sebességnél az abroncs felmelegedésére vezet, ami a belső nyomást emeli a levegő felmelegedése következtében. A gyorsan haladó járműnél az abroncsban fellépő centrifugális erő sem hanyagolható el, így a statikus és dinamikus gördülési sugár között eltérés mutatkozik az utóbbi javára. Az alakváltozási munka a gumi és textil anyagokat kifárasztja és végső fokon elhasználja.

A pályával érintkező gumiabroncs-felület a fékezésnél, a vonóerő átadásnál lassan elkopik. A terhelés alatt álló gumiabroncs a sík pályával ellipszis alakban érintkezik, ahol az ellipszis nagytengelye a haladás irányával egyező. Az érintkezési felület nagysága gyakorlatilag a terhelő erő és a tömlőnyomás hányadosa. Például 1600 kp terhelésű 4 atm nyomású abroncs érintkezési felülete 400 cm².

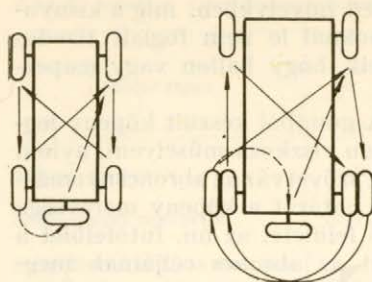
A korszerű gumiabroncs felületét laposan képezik ki, így azok kisebb terhelésnél is teljes szélességükben fekszenek fel. Ezáltal az oldalfalak alakváltozása mérséklődik.

A szállító járművek terhelését az egyes abroncsra jutó terhelés szempontjából is felül kell vizsgálni. Nemcsak a jármű összsúlya nem haladhatja meg a gumiabroncsokra megengedhető összes terhelést, hanem a rakomány helyes elhelyezésével biztosítani kell a terhelésnek az abroncsokon való egyenletes eloszlását is.

A belső tömlőnyomás és a terhelés együttesen jelentkezik, azaz minden belső nyomáshoz egy határozott terhelés tartozik. A terhelés és belső nyomás összefüggését gyári előírások, szabványok (Pl. MSZ 6457) szabályozzák. Így pl. a 7,50–20 normálkivitelű gumiabroncs 3,75 kp/cm² tömlőnyomásnál 950 kp-ra, 4,00 kp/cm²-nél 1000 kp-ra, 4,25 kp/cm²-nél pedig 1050 kp-ra terhelhető 80 km/ó sebességnél.

A jármű sebessége is befolyással bír az elhasználódásra. Így pl. a tehergépkocsikat bizonyos mértékig túlterhelhetjük, ha a sebességet csökkentjük. Ugyancsak csökkenteni kell a sebességet, ha a belső nyomást valamilyen okból csökkentjük.

A gumiabroncsok élettartama az erdőgazdasági vontatóknál 2500–5000 üzemórára tervezhető, az igénybevétel és az abroncs minősége szerint. (A láncfalp élettartama 2500 üő.) Ezek szerint pl. egy a közelítésben és szállításban



2.22-19. ábra. Gumiabroncsok át helyezési vázlata

Zetor-Super vontatónál a gumiabroncs költségei az üő. költségeit a következőképpen terhelik:

1 db hátsó	4180 Ft
1 db első	670 Ft
összesen:	$4850 \text{ Ft} \times 2 = 9700 \text{ Ft}$,

azaz 2500 üő. figyelembevételével kereken 3,90 Ft/üő.

A megfigyelések szerint a gépkocsi első-hátsó kerekein levő abroncsozás, valamint a jobb- és baloldali abroncs másféleképpen kopik.

A kopások egyenletlensége a munkakörülményekkel magyarázható. Nevezetesen a hátsó kerekek meghajtottak, az utak tetőszelvénye miatt a jobboldali kerék terhelése eltér a baloldaliétól.

Az abroncsok egyenletes elhasználódásának érdekében azokat a 2.22-19. ábrán látható elrendezésben időnként cserélni kell.

A gumiabroncs karbantartásának ellenőrzése az üzem vezetőjének feladata.

Az előbb elmondottakon felül ügyelni kell az abroncsok tisztántartására, a kettős abroncsok, valamint a futófelület közé szorult kövek eltávolítására, a sérülések időben való javítására. A gumifelületre került olajat, zsiradékot benzinnel le kell mosni, mivel azok a gumi ellenállóképességét károsan befolyásolják.

A használaton kívül helyezett járműveket fel kell bakolni, hogy a gumiabroncsokat tehermentesítsük. Ilyen esetben a levegőt is kiengedjük.

2.227 Az adhéziós vontatás és a vontatási ellenállások

A gépjárművek vonóerejüket saját maguk továbbításán kívül többnyire eszközök, pótkocsik, fatörzsek stb. vontatására használják fel.

Mivel az erdőgazdaságnál a tárgyak (szálfák) kerék nélküli vontatása is gyakori, a vontatás további tanulmányozása előtt a két alapesetből, a tárgyak kerék nélküli továbbításából és a kerekeken való továbbításból induljunk ki.

A kerék és a csúsztatva való vontatásos továbbítást jelképező szántalp közötti különbséget a 2.22-20. ábra alapján fejezhetjük ki.

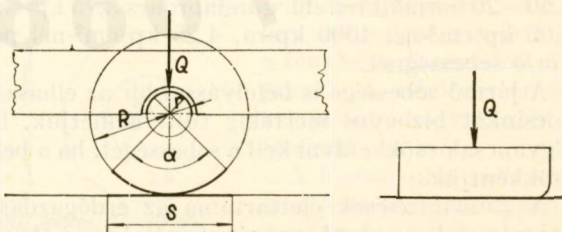
A vontatásnál a csúszó súrlódási munka s úton $= Q \cdot \mu \cdot s$. A gördülésnél a gördülési ellenállás munkája, ugyancsak s úton $= w \cdot Q \cdot s$.

A vontatás és a kereken való továbbítás határesete, ha a két ellenállási tényező egyenlő, azaz

$$\boxed{\mu = w} \quad (22/8)$$

A képletben a μ a csúszó súrlódás tényezője, w a gördülési ellenállás.

A vontatási energia gazdaságos felhasználása szempontjából tehát azt a megol-



2.22-20. ábra. A csúszó és a gördülő súrlódás esetei

az ellenállás tényezője kisebb. Az energiaszükségleten felül, mint látni fogjuk, egyéb szállítástechnikai körülmények is beleszólnak a kérdésbe, pl. a szálfák járműre való felterhelésének munkája stb.

A vonóerővel szemben fellépő ellenállások a következők:

- Gördülési vagy vonszolási ellenállás.
- Emelkedő okozta ellenállás.
- Levegő okozta ellenállás.
- Gyorsítási ellenállás.
- Kanyarulati ellenállás.

a) A *Gördülési, ill. a vonszolási ellenállás* a pálya egyenetlenségeinek leküzdéséből, a kerék, illetve pálya alakváltozási munkájából tevődik össze. Leküzdésére szükséges vonóerőt a következő egyenlettel fejezhetjük ki:


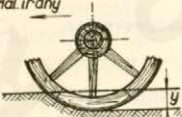
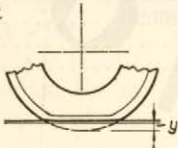
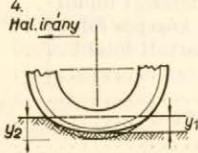
$$V[\text{kp}] = w \cdot Q [\text{Mp}] \quad (22/9)$$

ahol $w[\text{kp/Mp}]$ a gördülési ellenállás tényezője, mely a gördülés körülményeit fejezi ki.

A gördülés körülményeire négy alapesetet különböztetünk meg a pálya és kerék anyagi viszonyai szerint (2.22–VII. táblázat).

A gördülési ellenállás nagysága ezenfelül függ a kerék átmérőjétől, az abroncs szélességétől is. A nagyobb sugarú abroncs pályával érintkező felülete nagyobb, így besüllyedése, tehát gördülési ellenállása kisebb.

2.22-VII. táblázat. A gördülő ellenállások négy alapesete

Sematikus ábra	Út-pálya	Abroncs	Gyakorlati példa	Gördülő ellenállás adódik (w kg/Mp)
1 	Szilárd-merev	Merev	Vasúti gördülő ellenállás Vasabroncs betonon	Apróbb pálya-egyenletlenségek emelő hatásából, apróbb súrlódásokból
2 Hal. irány 	Plasztikus	Merev	Vasabroncs felázott földúton	Talajösszenyomódás munkájából és a kerék oldalának súrlódásából
3. 	Szilárd-merev	Plasztikus	Gumiabroncs szilárd burkolaton	Gumiabroncs alakváltozásából (y = deflexió mértéke)
4. Hal. irány 	Plasztikus	Plasztikus	Gumiabroncs földúton	Gumiabroncs alakváltozási munkája, deflexiója, hozzáadva a talaj alakváltozási munkája és az abroncs oldalsúrlódása

Út állapota	Ellenállás: w [kp/Mp]
Közvezett utak:	
jó állapotú	30
közepes	40
kijárt, kátyús	50 – 60
Földutak:	
száraz, síma	50
rossz, felvágott ..	150
homok	200
kavics	250

VIII. táblázat a gumiabroncsos járművek és lánc talpas vontatók ellenállását mutatja be.

Egynemű talajon a gumiabroncsos vontatók gördülési ellenállását jó közelítéssel az alábbi képlettel is meghatározhatjuk:

$$w[\text{kp/Mp}] = 20 + 6y,$$

ahol y a gumikerék besüllyedése a talajba, cm-ben kifejezve.

Szilárd burkolatokon a gumiabroncsok gördülési ellenállása az abroncsok deflexiójától függ. Minél nagyobb az abroncs alakváltozási munkája, annál nagyobb a gördülési ellenállás. Ez a helyzet azonban a kisebb teherbírású pálya (földút, terep) esetén módosul. Ha a nyomást csökkentjük, növekszik az abroncs felülete, tehát a fajlagos nyomás is, azaz a pályában előidézett alakváltozási munka, mely esetünkben az ellenállás zömét teszi ki, csökken, mert a kerék kevésbé fog besüllyedni.

Ezért a vontatók abroncsnyomását terepen, földúton 0,8 att-ra szokták csökkenteni, ami természetesen a sebesség korlátozásával jár.

A fatörzseknek a talajon való vonszolásához szükséges vonóerőt ugyancsak az (22/9) egyenlet segítségével számíthatjuk ki, azzal a különbséggel, hogy a w [kp/Mp] gördülési ellenállás helyett a fatörzs és talaj közötti súrlódási ellenállás w_s [kp/Mp] értékét helyettesítjük be (lásd a 2.22-IX. táblázatot).

A fatörzsek súrlódási ellenállását többféle tényező befolyásolja, a talaj, fafaj, a felkapcsolási mód, a törzs alakja.

Az ellenállások értékeire talajnemek és fafaj szerint a 2.22-X. táblázat ad tájékoztatást.

A táblázat adataiból is kitűnik, hogy a fatörzsek súrlódási ellenállása súlyoknak kereken 50 %-át teszi ki.

A vonszolásnál a vonóho-

Rá kell mutatnunk itt a vasabroncs és gumiabroncs közötti jelentős különbségre, mivel az erdőben még jelentős számú vasabroncsos kocsi üzemel. A vasabroncsnak a pálya egyenetlenségeit át kell lépnie, míg a gumiabroncs mintegy elnyeli azokat.

A vasabroncs erősen rongálja az útpályát. Különösen nagy kárt okoz a befékezett, főleg bekötött kerék, mely a lejtős útfelületen barázdát nyit a víz számára. A földút felületébe a vasabroncs mélyen bevág, és különösen az őszi esők és a tavaszi hóolvadások idején okoz károkat.

A gördülési ellenállásokat kísérleti úton, erőmérésekkel szokás meghatározni. A 2.22-

2.22-IX. táblázat. Gépjárművek gördülési ellenállása

a) Gumiabroncsos vontatóknál

Sorszám	Útpálya megnevezése	Gördülési ellenállás w [kp/Mp]
1.	Laza, felázott földút, terep	150
2.	Karbantartott nedves földút	100
3.	Karbantartott száraz földút	40
4.	Kavicsolt út, jó földút	30
5.	Nyers makadám	30
6.	Aszfalt	20

b) Lánc talpas vontatóknál

1.	Sáros, ragadós, felázott földút ...	120
2.	Homok, kavics, közepes földút ..	80 – 100
3.	Száraz, karbantartott földút	50 – 70
4.	Erdei terep, száraz	60 – 70
5.	Makadámút	35
6.	Tömörödött hó út	60
7.	Aszfalt	40

Vonszolt fafaj	Talajnem, pályanem						
	30 cm- letapo- sott hó	lomb alom	köves vályog- talaj	közép kötött talaj, aljnö- vény- zettel	kötött felá- zott talaj	dorong alátét	
						bükk kéreg- ben	luc kéreg nélkül
Bükk kéregben	—	—	0,55	—	—	0,29	0,23
Bükk kéreg nélkül	—	—	0,54	—	—	0,28	0,24
Lucfenyő kéregben	0,45	0,44	—	0,50	0,70	—	—

rogról levett vonóerő nem hat a pályával párhuzamosan, hanem a vonóhorog magasságától függően egy bizonyos szög alatt.

Ezért a vonóerőnek egy emelő komponense is érvényesül, ami a súrlódó erő csökkenti. Ennek a növelése érdekében alakult ki az egyes vontatótípusoknál a hidraulikusan működő vonzó karom, mely a törzs elejét felemeli, s így a súly egy részét átviszi a vontató tengelyére.

A mérések azt mutatják, hogy a súrlódó erő akkor a legkisebb, ha a törzset a vastagabb végével előre vonszoljuk és az ágcsonkokat, gyökérterpeszt jól ledolgozzuk.

A szálfák, rönkök vonszolásáról, felkapcsolásáról a későbbi fejezetekben még szó esik.

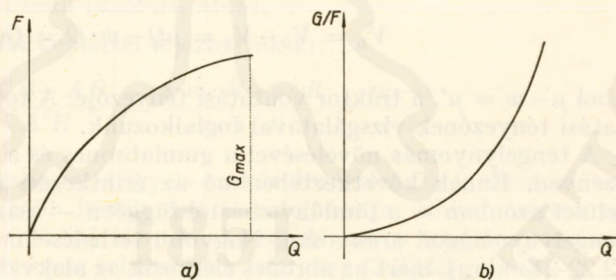
Rá kell mutatnunk arra, hogy a nyugalomban levő jármű vagy vonzóalék gördülési és súrlódási ellenállása mintegy 20–50%-kal nagyobb a mozgásban levőnél. Ezért az indításnál fellépő vonóerőszükséglet mindig nagyobb. Mivel az állat rövid ideig vonóerejének sokszorosát is ki tudja fejteni, ez az állati vontatásnál könnyen leküzdhető, míg a gépek méretezésénél erre külön kell ügyelni.

Téli üzembem ezenkívül nem szabad megfelejtkezni az álló járművek, vá-
gásban heverő törzsek

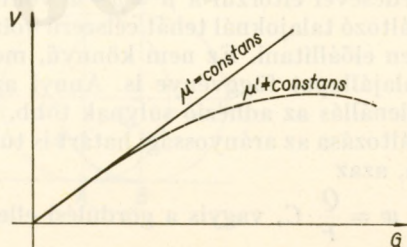
lefagyásáról, amely a vontatásnál ismét több-
letvonóerőt kíván. A törzset legjob-
b capinal megmozgatni a vo-
nóerő megindítása előtt.

A vonóerőt a vontató
a járószerkezeten (a
meghajtott keréken,
lánctalpon) keresztül
fejti ki. A kifejtett vo-
nóerő nem lehet na-
gyobb, mint a járószer-
kezet és pálya között
fellépő tapadás. Ez az
ún. adhéziós vontatás
alapja.

A járószerkezet (ke-
rék, lánctalp) megcsú-
szásának határán ki-
fejthető legnagyobb
súrlódó erő arányos a
súrlódó felületre nehe-
zedő súllyal és a testek



2.22-21. ábra. A tengelynyomás és adhéziós felület összefüggései (a és b)



2.22-22. ábra.
A vontatási té-
nyező alakulása

a) Gumiabroncos járművek

Sor-szám	Útpálya megnevezése	Tapadási együttható μ [kp/ Mp]
1.	Laza, felázott földút, terep	300
2.	Karbantartott nedves földút	400
3.	Karbantartott száraz földút	600
4.	Kavicsolt út, jó földút	800
5.	Nyers makadám	900
6.	Aszfalt	700

b) Láncctalpas járművek

1.	Sáros, ragadós, felázott földút. ..	400
2.	Homok, kavics, közepes földút ..	500
3.	Száraz, karbantartott földút	1000
4.	Erdei terep, száraz	900
5.	Makadámút	400
6.	Tömörödött hó út	600
7.	Aszfalt	400

anyag minőségétől függő súrlódási tényezővel.

A „ μ ” tényező értékét különböző útviszonyokra a 2.22-XI. táblázatban adjuk meg.

$$P_s = \mu \cdot Q \quad (22/10)$$

Merev és közel merev testeknél ez az arányosság szigorú, azaz közel állandó. Ilyen esetben a súrlódó erő (P_s) a Q növelésével emelhető. Ezen alapul az adhéziós vontatás. A kerék kerületén előállított vonóerő nem lépheti túl azt az értéket, mert ekkor a kerék megcsúszik, azaz

$$V \leq P_s, \text{ vagyis}$$

$$V_0[\text{kp}] \leq \mu[\text{kp/Mp}] \cdot Q[\text{Mp}]$$

Ez azt jelenti, hogy a Q növelésével, azaz az adhéziós súly növelésével a vonóerő – a gépi vonóerő határára belül – növelhető. (A vonóerő ilyen természetű növelését használja ki a nyerges vontató és ha a vontatót pótsúlyokkal terheljük.)

Másrésről a vontató jármű hajtott kerekére is hat a gördülő ellenállás, aminek leküzdésére $V_1 = w \cdot Q$ vonóerő szükséges. A hajtott kerék által hasznosítható vonóerő tehát, mint a vontató saját gördülési ellenállásával csökkentett, összes vonóerő,

$$V_h = V_0 - V_1 = \mu Q - w \cdot Q = Q(\mu - w),$$

ahol $\mu - w = \mu'$, a traktor vontatási tényezője. A továbbiakban ennek a vontatási tényezőnek vizsgálatával foglalkozunk.

A tengelynyomás növelésével a gumiabroncs és a talaj is alakváltozásokat szenved. Ennek következtében nő az érintkezési felület is. Az érintkezési felület azonban – a tömlőnyomástól függően – csak egy határig növekszik a tengelynyomással arányosan. Nagyobb terheléseknél ez már nem lehetséges (2.22-21a ábra), mert az abroncs elérkezik az alakváltozási lehetőség határáig. Ez azt jelenti, hogy a tengelynyomás bizonyos határára túl nő a fajlagos nyomás (adhéziós felületre eső nyomás). A fajlagos nyomás valószínű változását a 2.22-21b ábra mutatja. A fajlagos nyomás növekedése következtében növekszik a talaj alakváltozása, vagyis nő a gördülő ellenállás tényezője is. A w növekedésével eltorzul a $\mu' = \mu - w$ vontatási tényező értéke is. A könnyen alakváltozó talajknál tehát célszerű volna a w -t a fajlagos talajnyomás függvényében előállítani. Ez nem könnyű, mert az abroncs méretein túl a mindenkori talajállapot függvénye is. Annyi azonban megállapítható, hogy a gördülési ellenállás az adhézió súlynak több, mint lineáris függvénye. Ha a talaj alakváltozása az arányossági határt is túllépi, ez a viszony a négyzetest is túlhaladja, azaz

$$w = \frac{Q}{F} \cdot C, \text{ vagyis a gördülési ellenállás arányos a fajlagos nyomással és a}$$

C arányossági tényezővel. Így az elmondottak alapján:

$$V_h = Q \left(\mu - \frac{Q}{F} \cdot C \right) = Q \cdot \mu' \quad (22/11)$$

ahol $\mu' = \mu - \frac{Q}{F} \cdot C$

Az összefüggésben szereplő C állandó, melyet a mindenkori adhéziós súlyhoz tartozó w segítségével kísérletileg állapíthatunk meg. Dimenziója cm^2/kp .

A 2.22-22. ábráról látható, hogy a tengelynyomás növelésének is megvan az ésszerű határa. Elérkezünk egy olyan értékig, ahol a tengelynyomás emelése már az adhéziós vonóerő csökkenésével jár, a gördülő ellenállási tényező (w) nagyfokú növekedése miatt.

Meg kell jegyezni, hogy ezen elméleti feltevések arra az esetre helytállóak, ha a talaj alakváltozási munka szempontjából megfelelő mélységig homogén. Ez azonban talajainknál nem így van. A felületi beázás nagyobb, és lefelé mindinkább szilárdul a talaj és az alakváltozás csökken, valamint a teherbíró-képesség növekszik (kp/cm^2). Így az adhéziós súly növelésével növekvő Q/F egy bizonyos mélységben egyenlő, majd kisebb lesz a talaj teherbíró képességével. Így a jármű süllyedése megáll, sőt a fajlagos ellenállás is csökken (2.22-23. ábra).

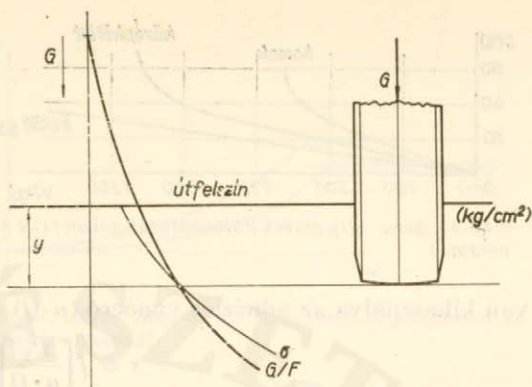
A következőkben a „slip” fogalmával ismerkedünk meg. A meghajtott kerék forgási sebessége (azaz a lefejtett kerékkerület) és a megtett út között háromféle viszony állhat fenn (2.22-24. ábra).

A slip értékét az alábbi képlettel fejezhetjük ki:

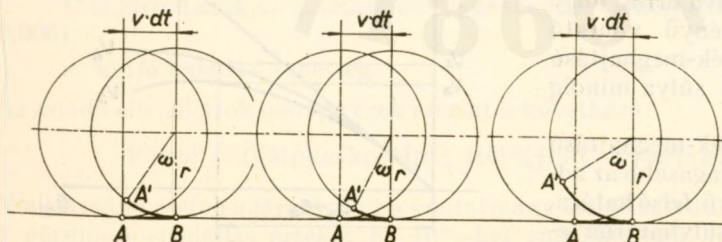
$$s = \frac{A'B - AB}{A'B} = \frac{r \cdot \omega \cdot dt - v \cdot dt}{r \cdot \omega \cdot dt} = \frac{r\omega - v}{r \cdot \omega}$$

A slip a vonóerő függvénye és így is szokás ábrázolni %-os dimenzióban. Természetesen a slipet több körülmény is befolyásolja. Ehhez mérten egy slip-görbe egy bizonyos út-talaj állapotnak, egy bizonyos tengelynyomásnak és szigorúan véve egy bizonyos sebességnek felel meg (2.22-25. ábra).

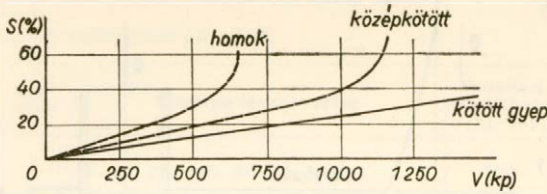
A tengelynyomás csökkenésével – ugyanolyan viszonyok között – a slip-értékek növekednek. Ezek a slip-ábrázolások csak azt mutatják, hogy a hasz-



2.22-23. ábra. A keréksüllyedés határa jelzött talajoknál



2.22-24. ábra. Gördülés, csúszás, slip



2.22-25. ábra. Slip görbék különböző talajokon (GS 35-ös vontató)

van kihasználva az adhéziós vonóerő ($\mu \cdot Q$) Azaz:

$$s = f\left(\frac{P_k}{\mu \cdot Q}\right),$$

ha $\frac{P_k}{\mu \cdot Q} = 1$, akkor a legnagyobb a slip. Ez az érték az átlagos gumibroncsnál 20–30%. Az erőhatásnak $P_k = \mu \cdot Q$ egyenlőségén való túlemelésén a kerék hirtelen megköszörül és a vontató megáll. Ilyenkor a slip hirtelen 100%-ra szökken.

A slip legjellegzetesebb ábrázolása tehát, ha $\frac{P}{\mu \cdot Q}$ függvényében adjuk meg a slip karakterisztikát, azaz

$$s = C \frac{P}{\mu \cdot Q}, \text{ ahol } C \text{ állandó, jó megközelítéssel egyenes vonal.}$$

Négykerék-meghajtású vontatók. Az elemzett törvényszerűségek vezették oda a traktorépítést, hogy – egy bizonyos adhéziós súlyhatáron felül – ne a tengelynyomást, hanem az adhéziós felületet növelje. Ezt a célt a négykerék-meghajtással érhetjük el a legkönnyebben.

A négykerék-meghajtású traktor vontatástechnikai szempontból a következő előnyöket jelenti:

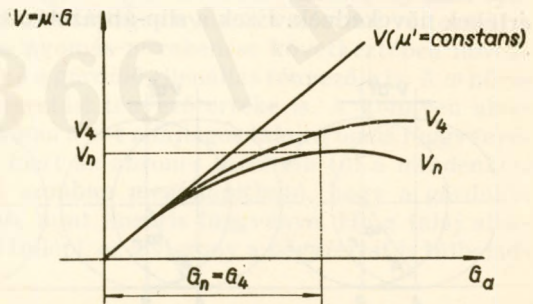
1. Teljes vontatósúly adhéziós súlyként szerepelhet, míg a normál vontatónál csak egy n -ed rész.

$$Q_4 > \frac{1}{n} Q_2,$$

ahol Q_4 a négykerék-meghajtású, Q_2 pedig a normál, kétkerék-meghajtású vontató súlya.

2. A vontatást négy abroncs végzi, tehát az adhéziós felület a normál vontatóéval szemben kétszeres (2.22-26. ábra). Tehát erősen alakváltozó talajoknál azonos adhéziós súly mellett is nagyobb a V_4 , nem is szólva arról, hogy azonos teljesítményű vontató esetén a négykerék-meghajtású vontató adhéziós súlya mindig nagyobb.)

3. A négykerék-meghajtású vontató esetén magasabb az adhéziós súly ésszerű felső határa, vagyis bizonyos súlyhatáron felül csak négykerék-hajtást érdemes építeni.



2.22-26. ábra. Vontatási tényező négykerék-meghajtás esetén, a normál vontatóval szembeállítva

A négykerék-meghajtású vontató $\frac{P}{\mu \cdot Q}$ hányadosa –

– azonos vonóerejű, normál vontatóval összehasonlítva –
– kisebb, tehát a slip is kisebb (2.22-27. ábra).

A négykerék-meghajtású vontatóknál a legelőnyösebb vonóerő-leadás akkor következik be, ha az összes abroncs-átmérő azonos és a tengelynyomások is azonosak.

b) *Emelkedő okozta ellenállás.* A tagolt, hegyes-domboos terepen épülő erdei utak a terepnehézségeket a közutaknál lényegesen nagyobb emelkedőkkel küzdik le. Így az emelkedők okozta ellenállás az erdészeti járműközlekedés szempontjából nagy jelentőségű.

Az emelkedő okozta ellenállás, mint az a 2.22-28. ábrából is kivehető, nem más, mint a járműsúly pályairányú összetevője.

Az ábra alapján $Q_1 = Q \cdot \sin \alpha \cong Q \cdot \operatorname{tg} \alpha = Q \frac{e}{100}$, így az emelkedő okozta vonóerőtöbblet:

$$V_e [\text{kp}] = Q[\text{kp}] \frac{e}{100} = \frac{1000}{1000} \cdot Q[\text{kp}] \frac{e[\%]}{100}, \text{ azaz}$$

$$\boxed{V_e [\text{kp}] = Q[\text{Mp}] \cdot 10e[\%]} \quad (22/12)$$

Lejtő esetében az emelkedési ellenállás ellentétes előjelű és mint gyorsító erő veendő gyeelembe.

c) *A levegő okozta ellenállás.* Értékét a következő egyenlettel fejezhetjük ki:

$$\boxed{V_d[\text{kp}] = C \cdot F \cdot v^2} \quad (22/13)$$

ahol F az ellenállási felület; tehergépkocsiknál pl. 3–6 m²;

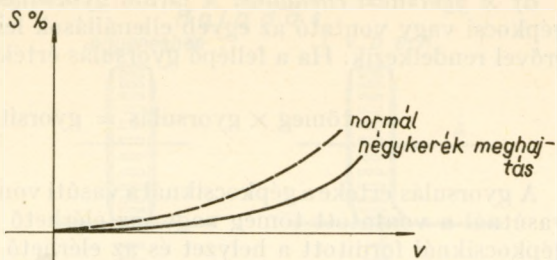
C a jármű alakjától, jellegétől függő tényező (tehergépkocsiknál 0,005–0,006);

v km/ó haladási sebesség

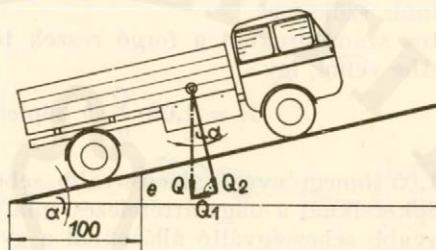
Az adódó ellenállások összege ezek szerint a következő:

$$V[\text{kp}] = Q[\text{Mp}](w[\text{kp/Mp}] \pm 10e[\%]) + C \cdot F[\text{m}^2] \cdot v^2[\text{km/ó}] \quad (22/14)$$

Vontatmány esetén a járműsúlyt a vontatmány összes súlya adja meg. Ilyenkor a gördülési ellenállás értékét 8–10%-kal emeljük, ami az összekapcsolási súrlódásokból és ütközésekből adódó többlet.



2.22-27. ábra. Slip-görbék négykerék-meghajtásnál és normál vontatónál



2.22-28. ábra. Gépjármű emelkedő okozta ellenállása

d) *A gyorsítási ellenállás.* A jármű gyorsulása csak akkor lehetséges, ha a gépkocsi vagy vontató az egyéb ellenállások leküzdésén felül felesleges vonóerővel rendelkezik. Ha a fellépő gyorsulás értéke b [m/sec²] és

$$\text{tömeg} \times \text{gyorsulás} = \text{gyorsító erő} = \frac{Q}{g} \cdot b$$

A gyorsulás értéke a gépkocsiknál a vasúti vontatással szemben, magas. Míg a vasútnál a vontatott tömeg nagy, az elérhető gyorsulás $0,1 - 0,3 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-2}$, a gépkocsiknál fordított a helyzet és az elérhető gyorsulás $3,0 - 3,5 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-2}$ -ig terjedhet. Ez az oka annak, hogy míg a vasúti vontatásnál a sebesség változtatása gazdaságosan alig vihető keresztül, addig a gépkocsik a gazdaságosság kockázata nélkül igazodhatnak a kanyargós pályákhoz, ahol gyakori sebesség-változtatás szükséges.

Pontos számításoknál a forgó részek tömegét külön kell a gyorsulásnál tekintetbe venni, így

$$E = 1,05 \cdot \frac{Q}{g} \cdot b \text{ képlet használatos.} \quad (22/15)$$

Az 1,05 tömegtényező alacsonyabb sebességváltó állásoknál megnő. Így tehergépkocsiknál a nagy áttételezés miatt 2,5–3,0-ot is elérhet. Ezért az alacsonyabb sebességváltó állásoknál a gyorsító hatás bizonyos fokig korlátozott.

Ha a gyorsítási ellenállást egy M_p járműsúlyra vonatkoztatjuk, a gyorsítás fajlagos ellenállása:

$$\varepsilon[\text{kp/Mp}] = \frac{1,05 \cdot 1000 \cdot b}{9,81} = 107b \text{ (kp/Mp)}$$

A gépjárművek változó sebességű mozgásának számításához az alábbi jelöléseket használjuk:

$$\Delta v = v_1 - v_0 \text{ [km/ó]}$$

$$\Delta t = \text{a lassulási vagy gyorsulási idő [sec]}$$

$$\Delta l = \text{a lassulási vagy gyorsulási szakasz [m]}$$

$$b = \frac{\Delta v}{3,6 \Delta t} \text{ [m} \cdot \text{sec}^{-2}\text{]}$$

A gyorsulási (lassulási) szakasz átlagsebessége:

$$v_a = v_0 + \frac{\Delta v}{2}$$

Példa. Egy gk. 300, m úton 30 km/ó sebességről 50 km/ó-ra kívánja sebességét fokozni, mennyi a fajlagos ellenállás?

$$v_0 = \frac{30}{3,6} = 8,3 \text{ m/sec és } v_1 = \frac{50}{3,6} = 13,9 \text{ m/sec és } \Delta v = 5,6 \text{ m/sec}$$

Az átlagsebesség pedig:

$$v_a = v_0 + \frac{\Delta v}{2} = 8,3 + \frac{5,6}{2} = 11,1 \text{ m/sec}$$

A sebességváltoztatás ideje: $t = \frac{300 \text{ m}}{11,1} = 27, \text{ sec}$

A gyorsulás értéke: $b = \frac{13,9 - 8,3}{27} = 0,21 \text{ m/sec}$, azaz

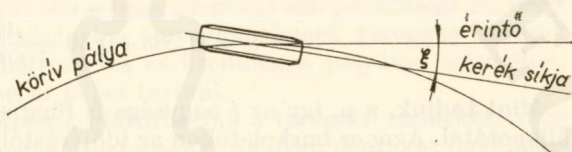
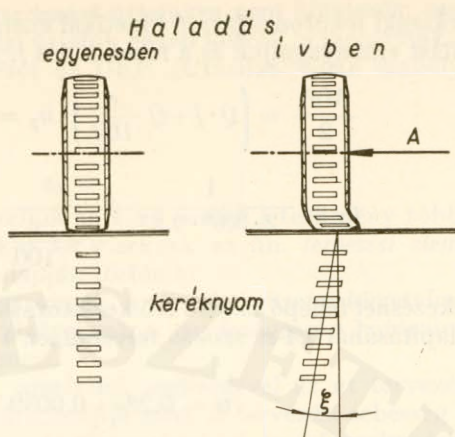
$$\varepsilon = 107 \cdot 0,21 = 22 \text{ kp/Mp.}$$

2.22-XII. táblázat. Többletfogyasztás és abronchhasználódás tényezői ívekben

Szabad oldalgyorsulás, p [m/sec ²]	Kihasználtság	Gumiabroncs elhasználódási szorzó	Hajtóanyag növekedési szorzó
0,5	0,05	1,6	1,05
1,0	0,10	2,2	1,10
1,5	0,15	3,0	1,15

e) A kanyarulati ellenállás. Az ívekben fellépő ellenállás értéke, az ún. kanyarulati ellenállás nehezen fejezhető ki számértékben. A fellépő centrifugális erő a külső járószerkezet 20–30%-os túlterhelését okozza, növeli a gumiabroncsok elhasználódását. A centrifugális erő által ébresztett oldalero, melyet az abroncs súrlódása vesz fel, deformálja az abroncsot és kisebb irányeltérést okoz.

Az irányeltérés miatt a kormányt a szükségesnél kissé nagyobb szög alatt kell befordítani, így a tiszta gördülés helyett egy csúszó-gördülő mozgás keletkezik, ami növeli a menetellenállást. A többletfogyasztás és elhasználódás mértéket mutató szorzótényezőket Richards amerikai kutató mérései alapján a 2.22-XII. táblázatban a ki nem egyenlített oldalgyorsulás (lásd. 2.313. pont) függvényében adjuk meg.



2.22-29. ábra. Abroncs helyzete ívben

2.228 A járművek fékezése és a fékút

A gépkocsi- és a vontatóüzemben a gyorsításnál is nagyobb szerepe van a lassításnak, a jármű megállításának, a fékezésnek. A jól működő fékek és a fékezési viszonyok ismerete a gépjármű közlekedés üzembiztonságának alapfeltétele. Ezért ismernünk kell a fékezés elméletét.

Fékútnak nevezzük azt a távolságot, amelyen egy meghatározott sebességű jármű megállásra kényszeríthető. Ezen az úton a kocsi kinetikai energiáját megsemmisíti a fékező súrlódás. A fékpofa súrlódásának nem szabad nagyobbak lenni, mint az adhéziós súrlódás, azaz a burkolati és gumiabroncs közötti súrlódás ($f = \mu$), mert ellenkező esetben a kerekek megállnak, és a gördülő súrlódás helyett az esetleg annál kisebb csúszó súrlódás lép fel, a kocsi megcsúszik.

A fékút két részből áll, az ún. készenléti idő alatt megtett útból (u_1) és a műszaki fékútból (u_2).

Mivel készenléti időre általában 1 sec-ot szokás venni

$$u_1 = \frac{v[\text{km}/\text{ó}]}{3,6} \cdot 1 = 0,28 v$$

A műszaki fékúton a jármű kinetikai energiáját kell felemészteni. Ha a légellenállást elhanyagoljuk és a féksúrlódás f , a súrlódó erő $Q \cdot f$.

$$\frac{Mv^2}{2} = \left(Q \cdot f + Q \cdot \frac{e}{100} \right) \cdot u_2 = \frac{Q}{g} \cdot \frac{v^2}{2}, \text{ ahonnan}$$

$$u_2 = \frac{1}{2 \cdot 3,6^2 \cdot 9,81} \cdot \frac{v^2}{f + \frac{e}{100}} = 0,0039 \frac{v^2}{f + \frac{e}{100}}$$

A fékezésnél fellépő taszító erő korlátozása érdekében az „ f ” értéket a fékút megállapításánál 0,4-re szokás felvenni, ez $4 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-2}$ lassulásnak felel meg.

$$u = 0,28v + 0,0039 \frac{v^2}{f + \frac{e}{100}} \quad (22/16)$$

vagy

$$u = 0,28v + 0,39 \frac{v^2}{100f + e}$$

Mint tudjuk, a μ , így az f nagysága is függ a burkolat fajtájától, és annak állapotától. Azonos burkolatokon az időjárástól függően is változik.

A csúszó súrlódási értékeket, ha azok magasak, általában nem használjuk ki, mert túl nagy fékezési lassulás lép fel, mely mind a személyekre, mind a rakományra kellemetlen, esetleg veszélyes. Ha a megengedett fékezési lassulás $b[\text{m} \cdot \text{sec}^{-2}]$, a fékező erő $M \cdot b$. Így adódik, hogy a fékező erőt kétféleképpen is kifejezhetjük: a súrlódási tényezővel és a fékezési lassulással, azaz

$$Q \cdot f = M \cdot b = \frac{Q}{g} \cdot b, \text{ ahonnan}$$

$$b [\text{m sec}^{-2}] = g \cdot f = 10f$$

Pl. az, hogy száraz makadám burkolatnál, ahol $f=0,85$, a fékezési súrlódás teljes kihasználása esetén $b = 10 \cdot 0,85 = 8,5 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-2}$ értéket kapunk, ami már túl magas lenne. Ezért úttervezési szempontból $f = 0,4$ -nél nagyobb értéket a fékút megállapítására nem alkalmazunk. Ekkor $b=4 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-2}$.

2.3 Erdőgazdasági utak tervezése

Az utak tervezése két részből áll. Egyik az út építésével elérendő gazdasági célok figyelembevételével az út általános tervezése, a másik e megadott általános szempontok alapján olyan műszaki tervművelet készítése, amelyből a szükséges költségek pontosan felmérhetők, a kivitelezési munka megszervezhető és végrehajtható. E két tervezési részt egymástól elválasztani nem lehet, mert a helyes gazdasági tervezéshez a megfelelő műszaki ítélőképességre, a lehetőségek bírálóitára már eleve szükség van. Ennek hiányában az általános terv célkitűzései nem hangolhatók össze a lehetőségekkel és nem szolgáltatják a kívánt gazdasági eredményt. Az általános vagy gazdasági tervezést külön fejezet tárgyalja, e fejezet a műszaki tervezéssel foglalkozik, de utal egyes, a gazdasági tervezésnél felhasználásra kerülő szempontokra.

A közforgalmú utak (közutak) tervezésére vonatkozó irányelveket szabványokba foglalták össze. Ilyenek a főközlekedési utak tervezésére vonatkozó

Ezek az irányelvek a tisztán gazdasági útjainkra nem kötelezők, csak ott használják őket, ahol erdőgazdasági útjaink egyéb közcélú is szolgálnak.

Az erdőgazdasági utak tervezését az OEF „Utasítás”-ában szabályozza.

2.31 Tervezési elemek

A tervezésnél az utat térben képzeljük el. Ez a térbeli létesítmény több elem összehangolt alkalmazásából alakul ki. Ezeknek az ún. *tervezési elemeknek* kiválasztása a tervezési sebesség alapján történik.

A tervezési sebességet a terepviszonyok, a forgalmi, üzemi követelmények és az építési, valamint üzemi költségeknek a gazdaságosság határain belül való tartása alapján határozzuk meg.

A *tervezési sebesség* irányérték, amelynek segítségével az út tervezési elemeit közös alaptól kiindulva határozhatjuk meg. A tervezési sebesség betartása nedves, csúszós pályán is elegendő biztonságot ad, ha a forgalmi feltételeket betartjuk. Kedvezőtlen időjárás, nagy forgalom mellett a tervezési sebesség alatt kell maradnunk. A tervezési sebesség legnagyobb jelentősége az, hogy hosszabb pályaszakason segítségével a tervezési elemek bizonyos határok között tarthatók és a vezető egyenletes és üzembiztos pályával számolhat, így lehetőleg egyenletes sebességet képes tartani.

Egyes elkerülhetetlen esetekben korlátozhatjuk a tervezési elemeket, anélkül, hogy az út üzemi jellegét megváltoztatnánk. Az ilyen pontokat figyelmeztető táblákkal jelöljük.

Például a terepviszonyok nem engedik meg olyan körívsugarú alkalmazását, ahol a tervezési sebesség betartható. Ilyenkor az aránytalanul magas építési költségek elkerülésére, kisebb ívet és sebességkorlátozó táblát alkalmazunk.

Az erdei utak forgalma kicsi, a járművek üzemét a gazdálkodó egység maga irányítja, a legtöbb erdei úton idegen forgalom nincs. Ezért a tervezési elemek kiválasztásánál a technikai minimum elve alapján a gazdaságosság dönt.

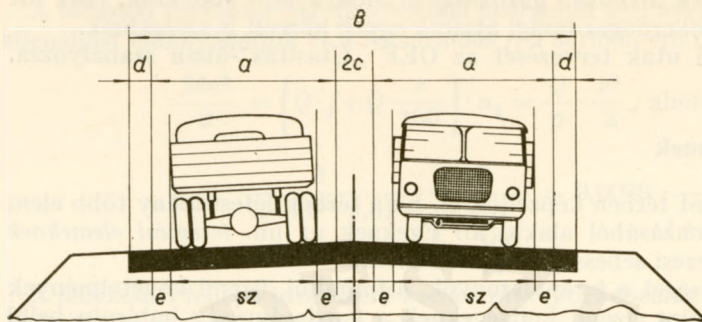
2.311 Az erdei utak keresztmetszete

Az erdőgazdasági üzem általában keskeny utak építésére törekszik. Ennek oka az, hogy az építési költségek nagyságát leginkább az útszélesség befolyásolja. Különösen érvényes ez hegyi terepen. Az üzem gazdaságossága érdekében le kell mondanunk mindazon előnyről, amelyet a gépjárműközlekedés részére a széles utak jelentenek. Ezt a gépkocsivezetők üzemi fegyelmével és megfelelő szervezéssel kell pótolni.

A korszerű erdőgazdaság állandóan, az üzem egész területén szétszórta termel ki kisebb-nagyobb famennyiséget, és mindinkább csökken a lehetősége annak, hogy egy helyről nagy tömeget szállítsunk. Ez is arra késztet bennünket, hogy inkább sok keskenyebb utat építsünk.

A nagy földmű ezenkívül zavarja a környezet vízgazdálkodását, hatalmas rést üt az erdőállományban és a véghasználat után kihasználhatatlanul tátong.

Az utak járőfelületének szélessége lehet egyirányú vagy kétirányú forgalomra méretezve. Az előbbi esetben a szembe jövő forgalmat kitérőkkel kell lebonyolítani, míg utóbbi esetben a szembe haladó járművek egymás mellett zavartalanul elhaladhatnak. A járőfelület szélességét kétirányú forgalom figyelembevételével a következőképpen állapíthatjuk meg: Mivel a járművek menetközben a sebességtől függően kisebb-nagyobb mértékben kigyózó mozgást végeznek, a jármű szélességi méreteihez ennek a játéknak megfelelő sávot adunk



2.31-1. ábra. A burkolatszélesség méretezése

hozzá (e), ezenfelül a járművek között ($2c$) és az egyes jármű és a burkolatszél között még biztonsági sávot (d) is hagyunk (2.31-1.ábra).

A jármű ingadozását felvevő $2e$ sávval megnövelt jármű-méret voltaképpen a járműnek az útpályán betartandó *űrszelvénye*.

Fentiek szerint egyrészről: $a[m] = sz + 2e$, másrészről $s[m] = a + d + c$, és a teljes járőfelületszélesség:

$$B[m] = 2 \cdot (sz + 2e + d + c)$$

A közutak járőfelületének szélessége szokás szerint a következő: $e = 0,25 [m]$, $d = 0,25 [m]$, $c = 0,25 [m]$ és a járműszélesség $2,50 [m]$. Tehát:

$$B = 2(2,50 + 0,50 + 0,25 + 0,25) = 7,00 \text{ m.}$$

Az erdőgazdasági utaknál az előzőekben már ismertetett okokból az egyes méreteket a lehető legkisebbre vesszük fel. A mérsékelt, 50 km/ó sebességnek megfelelően $e = 0,20 [m]$; $d = 0,10 [m]$ és $c = 0,15 [m]$, így

$$B_t = 2(2,50 + 0,40 + 0,10 + 0,15) = 6,30 \text{ m}$$

Vontatóval folytatott üzem esetén ez a szélesség még mérsékelhető, mivel a vontató szélessége $1,80 [m]$ a pótkocsi szélessége pedig $2,00 [m]$. Ezek szerint:

$$B_v = 2(2,00 + 0,40 + 0,10 + 0,15) = 4,30 \text{ m.}$$

Az erdőgazdaságban épülő utak legnagyobb része *egyjaratú út*, ahol kitérők biztosítják a kétirányú forgalmat. Az egyjaratú út járőfelületének szélessége:

$$B = sz + 2e + 2d,$$

azaz tehergépkocsi forgalomnál:

$$B_t = 2,50 + 0,40 + 0,20 = 3,10 \text{ m,}$$

vontatónál:

$$B_v = 2,00 + 0,40 + 0,20 = 2,60 \text{ m.}$$

Mivel az egyjaratú utak tervezési sebessége is alacsonyabb, az e érték mérésével ezek járőfelületének szélességét egyre-másra $3,00 \text{ m}$ -re tervezik. A kitérők hossza $18 - 24 \text{ m}$ legyen. Szélességük az elmondottak alapján, az átmenő út szélességét is beleértve tehergépkocsi forgalomnál $6,30 \text{ m}$, vontatónál $5,30 \text{ m}$.

A burkolatra hulló csapadékvíz elvezetésére oldalesést alkalmazunk. Leggyakoribb eset, hogy a pályát tetőszelvényyszerűen képezzük ki, azaz az út

tengelyétől jobbra-balra döntve. Az oldalesés nagysága a pálya-hosszesés és az útburkolat-minőség függvénye.

Ha a pálya lejtésben vezet, a víz a hosszlejtés és az oldalesés eredőjét képező esésvonal irányában indul le, tehát növekvő hosszseséssel az oldalesés korlátozható. A burkolat minősége is befolyással van. Jó vízzáró burkolaton a víz-levezetés kedvezőbb, így az oldalesés mérsékelhető. Az alkalmazott oldalesések (d) a következők lehetnek:

Beton burkolat esetén	$d = 1,5\%$
Öntött aszfalt burkolat	$d = 2,0\%$
Könnyű aszfalt burkolat	$d = 2,5 - 3,00\%$
Aszfalt makadám burkolat	$d = 3\%$
Vízzel kötött makadám burkolat	$d = 3 - 4\%$

Földutaknál célszerű az alábbi értékeket választani:

Hosszesés:	0–1%	1,1–3,5	3,5–6,0	6,1–
$d[\%]$:	4,0	3,0	2,5	1,5

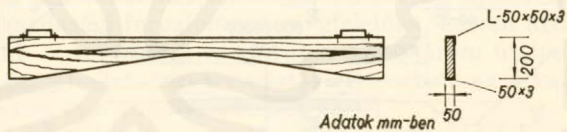
A tetőszelvény élét lekerekítő ívvel szokás kiegyenlíteni.

A tetőszelvény építésénél az ellenőrzést megfelelően kialakított profiléccel végezzük (2.31-2. ábra).

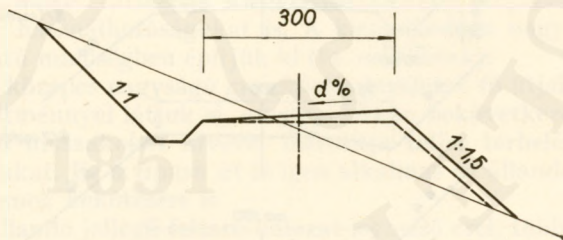
Az erdőgazdaság kisebb forgalmú útjait egyoldali esésben is szokás vezetni. Ez különösképpen az útfelület könnyű gépi karbantartása miatt előnyös. Az egyoldali esés lehet a hegy felé vagy a völgy felé kiképezve.

A hegy felé kiképzett oldalesés esetén árkot kell kiképezni és a nyert előny csak a könnyebb gépi karbantartás marad (2.31-3. ábra).

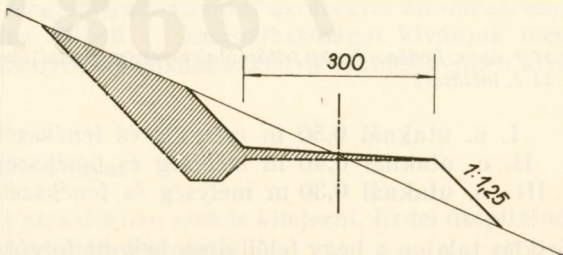
A völgy felé való oldalesés esetén – mivel az útkorona keskeny és egyirányú víztelepítése elégséges – nem túlságosan kötött talajban a hegy felőli árok elhagyható. Így nagy földmunka takarítható meg (2.31-4. ábra). Veszély csak túlságosan eljegesedett pályánál, nagyobb hosszsesésben mutatkozik. Ilyenkor a pályát homokolni kell, arra a célra előkészített anyaggal. (Megemlítjük, hogy az 1962-es úttervezési irányelv-tervezet is tárgyalja az egyirányban döntött járófelületet. A padkák itt azonban mindkét oldalon kifelé lejtnek. A $d\%$ azonos a tetőszel-



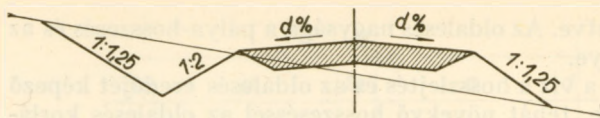
2.31-2. ábra. Profilécc a tetőszelvény kialakításához



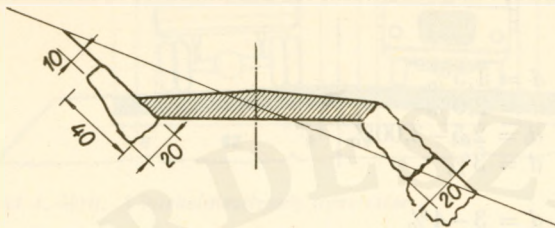
2.31-3. ábra. Egyirányú oldalesés kiképzése a hegy felé



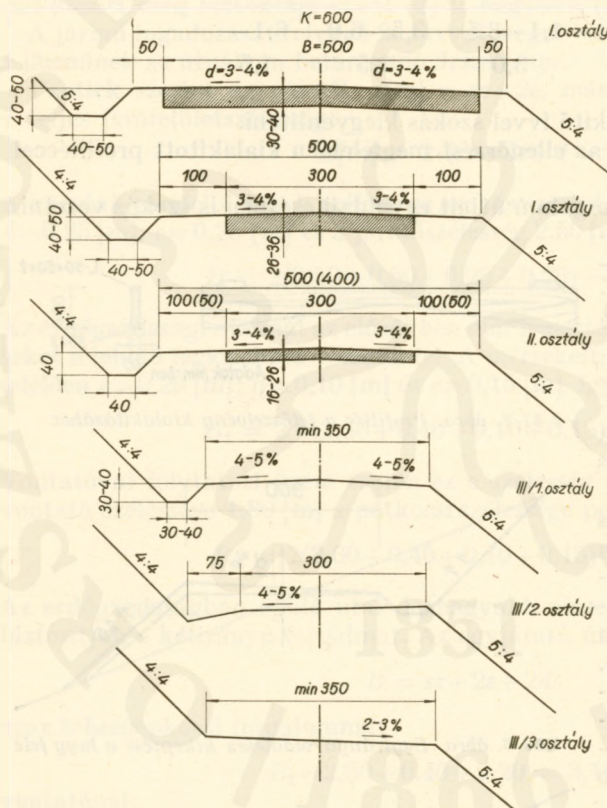
2.31-4. ábra. Egyirányú oldalesés kiképzése a völgy felé



2.31-5. ábra. Padkára kiszélesített burkolat



2.31-6. ábra. Burkolat-megtámasztás kövekkel



2.31-7. ábra. Erdőgazdasági feltáróutak keresztmetszetei (lásd 2.31-I. táblázat)

- I. o. utaknál 0,50 m mélység és fenékszélesség
- II. o. utaknál 0,40 m mélység és fenékszélesség
- III. o. utaknál 0,30 m mélység és fenékszélesség.

vénynél alkalmazott értékekkel.)

Mint említettük, a járófelületet kétoldalt a *padka* zárja le. A padka az úttartozékok (korlát, jelzőtábla stb.) elhelyezésére, a burkolat oldalnyomásának ellensúlyozására, fenntartási anyag tárolására és a gk. vezető biztonságérzetének fokozására szolgál. Megfelelő állapotban alkalmi kitérésekre is felhasználható. Erre a célra a később ismertetett módon javítani szokták. A kőpályás utak *padkájának* oldalesése 0,5–1%-kal legyen nagyobb, mint a burkolat oldalesése. A kőpályás utak padkája, helyes fenntartás esetén, idő folyamán fokozatosan megjavul. A gépkocsik által lesepert zúzalék egy része ugyanis beletömörül. J. Benes ajánlja, hogy a kőpályás utak *padkáját* is burkoljuk és e célra trapéz alakúra kivágott úttükröt talál alkalmasnak (2.31-5. ábra). A trapéz szelvényű burkolat megtámasztása kövekkel is történhet (2.31-6. ábra).

Az útpálya-felületről és a hegy felőli rézsűről lecsorgó csapadékvizet árokrendszer gyűjti össze. Az árok a csapadék mennyiségétől és az útpálya szélességétől függően különböző méretű lehet. A normális trapéz alakú árokra nézve az alábbi méretek irányadók:

2.31-I. táblázat. Erdei feltáróutak osztályozása (Cornides után)

Út- osztály	Legnagyobb		Legkisebb ív sugár	Pályaszerkezet
	emelkedő	ellenemel- kedő		
	%	%	m	
I. a	5 (6)	4	20 (15)	ítatott makadám szórt alapon, kétjárátú
I.	6 (7)	4	20 (15)	u. a. egyjárátú
II.	7 (8)	5	15 (10)	stabilizált, alapterhelés szerinti vastagságban felületi bevonás
III. 1-3	8 (12)	6	10 (8)	természetes földút, néhány helyen stabi- lizálva

Megjegyzés: A zárójeles számok rendkívüli terepnehézségek esetén kivételesen használható értékek!

Síkvidéki utakon az alépítményt a talajvíz káros hatásainak kiküszöbölésére *kétoldali árok* kimélyítésével erősebben kiemeljük. Ilyenkor az árok némileg az anyaggödör szerepét is játssza a kiemeléshez szükséges földanyag nyerésére.

Úthálózatunkban, az erdőgazdasági forgalomnak megfelelően, három úttípust – I., II. és III. oszt. utat – tervezünk és építünk. Mindhárom úttípus gumibroncsos járművekkel forgalmazható, egymástól elsősorban az alkalmazandó felépítmény erősségében és a vonalvezetésben tér el.

A három úttípus alkalmazási területeit a következőkben, műszaki jellemzőit pedig a 2.31-7. ábrán és a 2.31-I. táblázatban ismertetjük.

Az *I. oszt. utak* az úthálózat legforgalmasabb ütérei, s mint ilyenek olyan felépítménnyel rendelkeznek, amely biztosítja a legkedvezőtlenebb időjárási viszonyok közti teljesértékű használhatóságukat is. A kiemelkedően nagyforgalmú útvonalakat kétjárátú minőségben építjük ki (Ia. oszt. utak).

A *II. oszt. utak* általában a közepes nagyságú gravitációs területek fő útjai. Ezeket az utakat olyan felépítménnyel látjuk el, amely a ritkán bekövetkező nagy esős, hirtelen olvadásos időszakokat kivéve, biztosítja teljes terhelés melletti zavartalan használatukat. Ez a típusú út is igen alkalmas az állandó jellegű erdőgazdasági objektumok bekötésére is.

A *III. oszt. utak*, mint az állandó jellegű feltáró hálózat legbelső erei, többnyire egyszerű természetes földutak. Az úttest felületét az altalajtól és a helyi építési anyagok előfordulásától függő mértékben elsősorban a forgalom szempontjából kritikus szakaszon megjavítjuk. Ezekről az utaktól általában csak az időszakos – száraz, fagyos időbeli – használhatóságot kívánjuk meg. A keresztiszelvényt a helyi viszonyokhoz alkalmazkodva többféleképpen kivitelezhetjük.

2.312 Az erdei utak emelkedőviszonyai

Az utak emelkedőviszonyait százalékban szokás kifejezni. Erdei útéptésnél általában tizedszázalékos pontossággal dolgozunk.

Az előbbieken láttuk, hogy az emelkedő a vontatással szemben ellenállást 73

jelent. Ennek az ellenállásnak figyelembevétele az emelkedő megválasztásánál fontos szempont.

Meg kell jegyeznünk, hogy a lejtőn megengedett sebesség általában az ugyanolyan értékű emelkedőben kifejthető sebességgel veendő egyenlőnek.

Rohamos emelkedő az, melyet a gépjármű eleven erejének kihasználásával, illetve az állat vonóerejének kétszeresével leküzdhet, míg a szállítás irányába eső emelkedőt *ellenemelkedőnek* szokás nevezni.

Példa. Milyen emelkedő és rohamos emelkedő alkalmazható egy kőpályás úton, ha azon kettős, középnehéz fogattal, 0,6 Mp ön- és 1,6 Mp hasznos súlyú szekérrel közlekedünk?

$$G_1 = 400 \text{ kp}; G = n \cdot G_1 = 1,96 \cdot 400 = 784 \text{ kp} \quad Q = 1,6 + 0,6 = 2,1 \text{ Mp}$$

$$w = 50 \text{ kp/Mp}$$

$$V[\text{kp}] = Q \cdot w + 10 e (Q + G), \text{ ahonnan}$$

$$e = \frac{V - Qw}{10(Q + G)} [\%] \quad (23/1)$$

vagy, ha a vonóerő értéke helyébe az állat súlyának 1/5-ét helyettesítjük:

$$e [\%] = \frac{G - 5 \cdot Q \cdot w}{50(Q + G)} \quad (23/2)$$

Rövid, 500 m-nél kisebb távolságon az állat vonóerejének kétszeresét tudja kifejteni, így

$$e' [\%] = \frac{2G - 5 \cdot Q \cdot w}{50(G + Q)} \quad (23/3)$$

Természetesen kettős- vagy négyesfogat esetében a G a 2.212. fejezetben Blockberg nyomán közölt tényezővel szorzandó.

$$e = \frac{784 - 5 \cdot 2,2 \cdot 50}{50(0,8 + 2,2)} = \frac{234}{150} = 1,56 \%$$

a rohamos emelkedő pedig:

$$e' = \frac{2 \cdot 784 - 5 \cdot 2,2 \cdot 50}{150} = 6,8 \%$$

A példából kitűnik, hogy a lovasfogatok az emelkedőn felfelé történő szállításra rendkívül érzékenyek. Így alig haladja meg a másfél százalékot az az emelkedő, ahol a 2,2 Mp súlyú vontatmányt mozgatni tudják tartamosan. Az ennél lényegesen nagyobb rohamos emelkedő csak igen szűk keretek között alkalmazható.

Gépjárművek esetén a V vonóerő értéke helyébe mindig az adhéziós vonóerőt helyettesítjük, mint a vonóerő felső határát. Így az ellenállások összege egyenlő vagy kisebb az adhéziós vonóerővel, azaz, ha a vontatmány (pótkocsi stb.) súlya „ G ”

$$Q_{\text{adh}} \cdot \mu = w \cdot (G + Q) + (G + Q) \cdot 10 \cdot e + c \cdot F \cdot v^2, \text{ ebből az } e \text{ \% értéke:}$$

$$e [\%] = \frac{Q_{\text{adh}} \cdot \mu - w \cdot (G + Q) - c \cdot F \cdot v^2}{10 \cdot (G + Q)} \text{ ezt egyszerűbb alakra hozva:}$$

$$e [\%] = \frac{Q_{\text{adh}} \cdot \mu}{10 \cdot (G + Q)} - \frac{w}{10} - \frac{c \cdot F \cdot v^2}{10(G + Q)} \quad (23/4)$$

Az egyenletben viszonyainkra nézve a következő egyszerűsítéseket végezhetjük el:

A levegőellenállás az egyszerűbb erdei utak alacsony üzemi sebessége miatt

Ha a vontató elsőtengelely nyomása Q_e (Mp), a hátulsóé pedig Q_h (Mp), akkor $Q = Q_h + Q_e$ érték esetén

normál traktornál $Q_{adh} = Q_h$,

négykerék-meghajtásnál $Q_{adh} = Q_h + Q_e$,

tehát a két esetre e értéke:

$$\text{Normálvontató esetén: } e_2 = \frac{\mu}{10 \left(\frac{G + Q_e}{Q_h + 1} \right)} - \frac{w}{10}$$

$$\text{Négykerék-meghajtás esetén: } e_4 = \frac{\mu}{10 \left(\frac{G}{Q} + 1 \right)} - \frac{w}{10}$$

Példa. Mekkora a megengedett emelkedő normál és négykerék-meghajtású vontatonál jó földúton, ha a pótkocsi önsúlya: 2 Mp, raksúlya: 3 Mp, így $G = 5$ Mp.

A vontató súlya: $Q_h = 2$ Mp $Q_e = 1,2$ Mp
2.22/XI. táblázatból $\mu = 600$ kp/Mp $w = 40$ kp/Mp

$$e_2 = \frac{600}{10 \left(\frac{5 + 1,2}{2} + 1 \right)} - \frac{40}{10} = 14,6 - 4 = 10,6 \%$$

$$e_4 = \frac{600}{10 \left(\frac{5}{5,2} + 1 \right)} - \frac{40}{10} = 19,4 \%$$

A megengedhető emelkedő az útpálya minőségi romlásával rohamosan csökken, tehát magassabbrendű burkolat alkalmazásával az emelkedő is növelhető. Ha karbantartott, de nedves földutat veszünk alapul, a 2.22/XI. táblázat alapján:

$$\mu = 400 \text{ kp/Mp és } w = 100 \text{ kp/Mp}$$

$$e_2 = \frac{400}{41} - 10 = -0,2 = \emptyset$$

$$e_4 = \frac{400}{25,6} - 10 = 5,6 \%$$

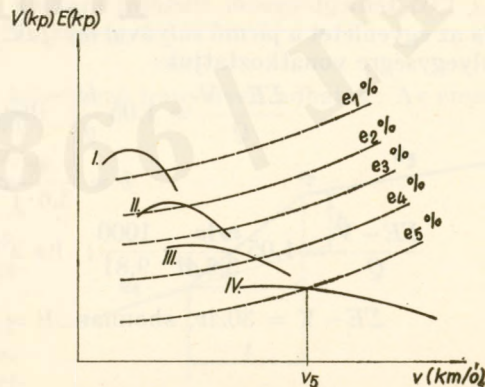
Ebből látható, hogy a négykerék-meghajtás előnye a rossz utakon jobban előtérbe kerül.

Az adhéziós vonóerő előbbiekben ismertetett vizsgálatán felül szükséges tudni, hogy a rendelkezésre álló gépi vonóerő mekkora emelkedő leküzdésére elégséges, illetve az egyes emelkedőknel milyen sebességváltó-állás szükséges, ebből következőleg a gépi jármű milyen sebességgel haladhat.

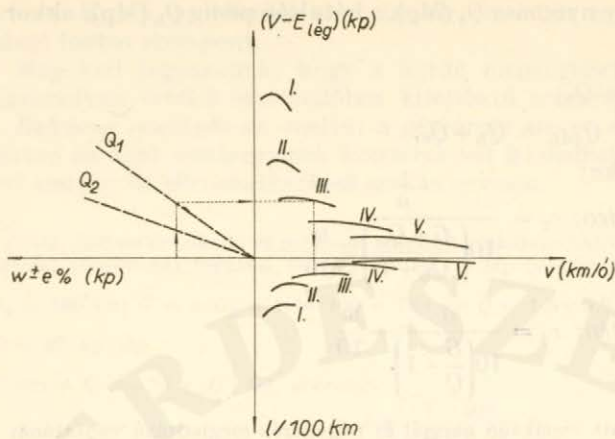
A megoldásra két módszer kínálkozik:

a) A vonóerő és az ellenállásgörbéknek egy közös ábrán való feltüntetése. A 2.31-8. ábra megszerkesztésénél az egyes sebességváltó állásoknál előállítható vonóerőgörbék szerkesztését az előbbiekből ismerjük.

Az ellenállásgörbék a $(22/14)$ számú egyenlet alapján különböző



2.31-8. ábra. Vonóerő-ellenállás diagram



2.31-9. ábra. Csepel T-350-es tchergépköcsi üzemi diagramja

A légellenállás elhanyagolásával — ami kis sebességeknél megengedhető — az ellenállási vonalak egyenesek lesznek.

b) Az ún. Müller-féle üzemi diagram segítségével a szerkesztés egyszerűbbé válik. A szerkesztés menete a következő: A koordináta-rendszerben a kezdőponttól jobbra felhordjuk az ismert vonóerő-görbéket. (Ha légellenállással is számolunk, mindjárt a vele csökkentett $V - E_{\text{lég}}$ értékeket hordjuk fel.) A kezdőponttól balra a $w + 10e$ értékek kerülnek felhordásra. A diagram lehetőséget nyújt, hogy különböző összsúlyokra, azaz egy vontatónál különböző rakományra nézve is végezzünk kiértékelést. Ezt a különböző $Q[\text{Mp}]$ -knak megfelelő egyenesek biztosítják. A szerkesztés menete az ábrából kitűnik (2.31-9. ábra).

A negyedik térnegyedben az egyes sebességváltó-állásoknak megfelelő üzemanyag-fogyasztási görbéket szokás feltüntetni. Ezekről azután leolvasható az egyes emelkedő fokokhoz, illetve menetellenállásokhoz tartozó fajlagos üzemanyag-fogyasztás.

Ha az ellenállások nagyobbak a vonóerőnél, akkor lassulás, ellenkező esetben gyorsulás következik be. Az összes ellenállás és a vonóerő különbsége egyenlő a lassító, illetve gyorsító erővel [lásd a (22.15) képletet]. Így

$$\Sigma E - V = 1,05 \frac{Q}{g} \cdot b$$

(az 1,05 tömegeffektív utalunk a 2.227. d) pontban előadottakra). Ha az egyenletet a jármű súlyával osztjuk, azaz a lassító (gyorsító) erőt járműsúlyegységre vonatkoztatjuk:

$$\frac{\Sigma E - V}{Q} = 1,05 \frac{b}{g}, \text{ illetve, mint tudjuk}$$

$$b = \frac{\Delta v}{3,6 \cdot t}, \text{ így}$$

$$\frac{\Sigma E - V}{Q} = 1,05 \frac{\Delta v}{3,6 \Delta t} \cdot \frac{1000}{9,81}; \text{ ha a vonóerőt kp-ban adjuk meg:}$$

$$\Sigma E - V = 30 \Delta v, \text{ ahonnan } \Delta t = \frac{30 \Delta v}{\pm (w + 10e + \frac{E_{\text{lég}}}{Q}) \mp \frac{V}{Q}}$$

e értékekre kiszámítjuk és megszerkesztjük. Ha a légellenállást is figyelembe vesszük, ezek másodfokú parabolák lesznek. Az ellenállás és vonóerőgörbék metszéspontjai értelemszerűen kijelölik a megfelelő emelkedőhöz tartozó sebességet vagy fordítva.

Változó burkolatviszonyok mellett a gördülési ellenállás értéke is megváltozik és így burkolatnemenként más ellenállásgörbék adódnak.

A lassulási szakasz hossza:

$$\Delta l = V \cdot \Delta t = \frac{\Delta t}{3,6} \left(v \mp \frac{\Delta v}{2} \right)$$

Lejtőben való gyorsulás esetén:

$$\Delta t = \frac{30 \Delta v}{\frac{V}{Q} - 10e - w - \frac{E_{1\text{égg}}}{Q}} \quad \text{és} \quad \Delta l = \frac{\Delta t}{3,6} \left(V + \frac{\Delta v}{2} \right)$$

A lassulás előtti egyenletes sebesség a vonóerő- és ellenállásgörbékből leolvasható.

A rohamos emelkedő számítása a 2.31-10 alapján történhet. A magasságkülönbség leküzdésére itt a jármű kinetikai energiáját használjuk fel, miközben természetesen annak sebessége csökken:

$$E_1 = \frac{m \cdot v_1^2}{2} \quad \text{és} \quad E_2 = \frac{m \cdot v_2^2}{2}, \quad \text{ahonnan az energia veszteség, ami a „h” magasságkülönbség leküzdésére szükséges:}$$

szükséges:

$$E = \frac{m}{2}(v_1^2 - v_2^2) = Q \cdot h, \quad \text{ahol a } Q \text{ a kocsí önsúlya, de } m = \frac{Q}{g} \text{ értéket is}$$

behelyettesítve

$$\frac{Q}{2g}(v_1^2 - v_2^2) = Q \cdot h, \quad \text{ahol a } h = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}, \quad \text{ha a sebességet km/ó-ban fejezzük ki:}$$

$$h = \frac{V_1^2 - V_2^2}{3,6^2 \cdot 2g} = \frac{V_1^2 - V_2^2}{254},$$

de $h = \frac{l}{100} \cdot (e_2 - e_1)$ és ebből rohamos emelkedő hosszúsága:

$$l = \frac{100 \cdot h}{e_2 - e_1}$$

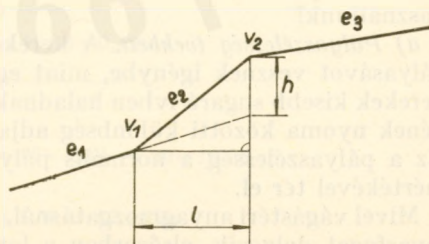
Példa. Egy gépkocsí menetsébsége $v_1 = 60 \text{ km/ó}$ 4 %-os emelkedő után 8 %-os rohamos emelkedő iktatandó be úgy, hogy a sebesség ne csökkenjék 40 km/ó alá. Mekkora lehet a rohamos emelkedő hossza?

$$h = \frac{60^2 - 40^2}{254} = 7,88 \text{ m és}$$

$$l = \frac{100 \cdot 7,88}{8 - 4} = 197 \text{ m.}$$

Az emelkedő megválasztására a következő irányelvek adhatók: Az emelkedő a burkolat minősége, az üzemi követelmények, várható teljesítmény és az alkalmazott járművek figyelembevételével választandó meg. A burkolat minősége szerint erdei utaknál a 2.31-II. táblázat szerint megadott emelkedő ajánlható.

Ahol szokványos vontatókkal tervezzük az üzemet, a téli üzem biztonsága érdekében 6%-nál nagyobb emelkedőt ne tervezzünk, mivel a havas-



2.31-10. ábra. Rohamos emelkedő értelmezése 77

2.31-II. táblázat. Erdei utak emelkedői burkolatnemek szerint

Burkolat neve	Emelkedő [%]		Rohamos emelkedő [%]	
	szállítás irányában	ellen-emelkedő	szállítás irányában	ellen-emelkedő
Könnyű aszfalt .	+6	-3	+9	-6
Makadám	+7	-4	+10	-7
Kavicsolt út, stabilizáció ..	+9	-5	+12	-10
Földút	+8	-4	+15	-10

jeges pályán az adhézió erősen csökken. Ellenemelkedő alkalmazásától ne idegenkedjünk. A gk. különösen pihenőszakaszok beiktatásával jól bírja az ellenemelkedőt. A legjobb motorteljesítmény +3 és -3% között van. Tartós esés az állandó fékezés miatt igénybe veszi a járművet.

Az emelkedőket a következő korlátozásokkal választjuk meg:

1. Kis sugarú ívekben az emelkedőket a később megadott értékekre korlátozzuk.

2. Ahol nagyobb mennyi-

ségben várható nyíltvonalis rakodás, ott az emelkedőt 3%-ra kell mérsékelni.
3. Négy méternél nagyobb nyílású hidak esetében a pályaesés ne lépje túl az 5%-ot.

4. A vízlevezetés biztosítására legalább 1/2%-os esést képezzünk ki.

5. Elágazásnál az elágazó út emelkedőjének a főútvonal emelkedőjével azonosnak kell lenni, mindaddig amíg a két pályatest el nem válik.

Nagy emelkedőjű szakaszok – ha az útvonalat rövidítjük is velük – annyira növelik az út és a jármű fenntartási költségeit, hogy beiktatásuk nem mindig gazdaságos. Az emelkedő megadott határain túl a burkolat védelme a víz kimosó hatása ellen nem oldható meg megnyugtató módon.

Üzemanyagfogyasztás alakulása emelkedőkben. A tehergépkocsi és vontató üzemanyagfogyasztása az emelkedőre nézve érzékeny. Ha a 0%-ban 100 km-en fogyasztott üzemanyagot 1-nek vesszük, 6%-ban ennek több, mint háromszorosát, 9%-os emelkedőben majdnem ötszörösét fogyasztja a gépjármű.

2.313 Az utak ívviszonyai

Az utak vízszintes értelmű irányváltoztatására szolgálnak az ívek. A járművek vagy az első tengelyhíd elforgatásával (pl. pótkocsik), vagy tengelycsonk-kormányzással (gépjárművek) állnak be az ívbe. A járművek technikai jellemzői közé tartozik az a legkisebb ívsugar, melyen az még közlekedni képes. Ennek nagysága pótkocsis vontatóknál 5 m, könnyű tehergépkocsiknál 9 m, nehéz tehergépkocsiknál és autóbuszoknál 11 m. A legkisebb ívsugarat általában nem használjuk ki, mert a haladó jármű, már részben említett dinamikai viszonyainál fogva, ennél többet kíván.

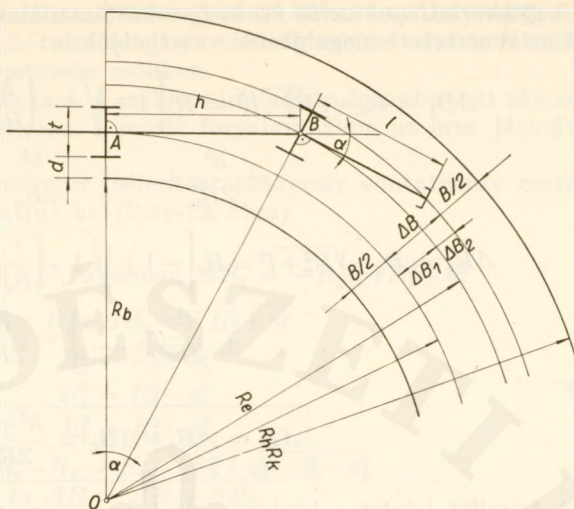
Erdei útjainkon 15 m-nél kisebb ívsugarat csak igen megfontolt esetekben használjunk!

a) *Pályaszélesség ívekben.* A kerekes járművek fordulás közben szélesebb pályasávot vesznek igénybe, mint egyenes vonalú haladásnál, azaz a hátsó kerekek kisebb sugarú ívben haladnak. A jármű első külső és hátsó belső kerekének nyoma közötti különbség adja az ívekben szükséges pályaszélességet. Ez a pályaszélesség a normális pályaszélességtől (B) az ún. *szélesítés* (ΔB) mértékével tér el.

Mivel vágástéri anyagmozgatásnál, valamint a kiszállításnál még nagyszámú lovasfogat dolgozik, elsősorban a lovasfogatokkal üzemelt utak íveivel foglalkozunk.

A legkisebb sugár a kocsis tengelytávolságától és a rúd elforgatási szögétől függ. A szokványos lövontatású gazdasági szekér megengedett legkisebb forduló sugarát – arra az esetre, ha a szekérral szállítunk – a 2.31-11. ábra alapján határozhatjuk meg.

A tengelyek egymástól való h távolsága rendszerint a szállított szálfá $\frac{2}{3}$ -a, míg a szálfából az elsőtengely vonala elé 1 m, ebből következőleg a hátsó tengely vonala mögé $\frac{1}{3}h - 1$ méter hosszúság kerül. A rúd, illetve a vonóállatok befogási hossza az első tengely vonala előtt 4 méter. Az elfordulás maximális lehetősége $30 \sim 35^\circ$. A nyomtávolság 1,20–1,30 m.



2.31-11. ábra. Szálfaszállító lovasfogat az ívben

Az ív méreteinek számítása a következőképpen végezhető el:

$$R_e = \frac{h}{\sin \alpha} \text{ és } R_h = h \cdot \cotg \alpha, \text{ és } R_h^2 + h^2 = R_e^2$$

$R_e^2 + l^2 = (R_e + \Delta B_2)^2$, valamint $R_h = R_e - \Delta B_1$. Így azután egyrésztől

$$R_e^2 = R_e^2 - 2R_e \cdot \Delta B_1 + \Delta B_1^2 + h^2, \text{ másrésztől}$$

$$R_e^2 + l^2 = R_e^2 + 2R_e \cdot \Delta B_2 + \Delta B_2^2 \text{ egyenleteket nyerjük.}$$

Egyszerűsítés és a két egyenlet ΔB_1 , illetve ΔB_2 -re való megoldása után:

$\Delta B_1 = R_e \pm \sqrt{R_e^2 - h^2}$ és $\Delta B_2 = -R_e \pm \sqrt{R_e^2 + l^2}$. A teljes szélesítés pedig:

$$\Delta B = \Delta B_1 + \Delta B_2 \text{ lesz.}$$

Példa. Számítsuk ki a legkisebb ívsugárral építendő út adatait, ha a jármű elfordulási szöge 30° , a szállítandó szálfá hossza 12 m, a rúdhossz 4 m, az útpálya normális szélessége 3 m.

$$h = \frac{2}{3} \cdot 12 = 8 \text{ m és } R_0 = \frac{h}{\sin \alpha} = \frac{8}{\sin 30^\circ} = 16 \text{ m}$$

$$\Delta B_1 = 16 \pm \sqrt{16^2 - 8^2} = 16 \pm 13,86 = 2,14 \text{ m}$$

$$\Delta B_2 = -16 \pm \sqrt{16^2 + 4^2} = -16 \pm 16,49 = 0,49 \text{ m}$$

$$\Delta B = \Delta B_1 + \Delta B_2 = 2,63 \text{ m}$$

$$R_b = R_h - \frac{B}{2} = R_e - \Delta B_1 - \frac{B}{2} = 16 - 2,14 - 1,50 = 12,36 \text{ m}$$

$$R_h = R_e + \Delta B + \frac{B}{2} = 16 + 0,49 + 1,50 = 17,99 \text{ m}$$

A pályaszélesség ívben: $18,49 - 11,86 = 6,63 = \Delta B + B$

A gyakorlatban *közellítő képletet* szokás használni. A közellítő képlet levezetését az ismertetett megoldásból vezethetjük le:

$$\Delta B_1 = R_e \pm \sqrt{R_e^2 - h^2} = R_e \left[1 \pm \sqrt{1 - \left(\frac{h}{R_e}\right)^2} \right] = R_e \left[1 \pm 1 \mp \pm \frac{h^2}{2R_e^2} \pm \dots \right] = \frac{h^2}{2R_e}$$

$$\Delta B_2 = R_e \pm \sqrt{R_e^2 + l^2} = R_e \left[-1 \pm \sqrt{1 + \left(\frac{l}{R_e}\right)^2} \right] = R_e \left[-1 \pm 1 \pm \pm \frac{l^2}{2R_e^2} + \dots \right] = \frac{l^2}{2R_e}$$

így

$$\Delta B = \Delta B_1 + \Delta B_2 = \frac{h^2 + l^2}{2R_e} \quad (23/5a)$$

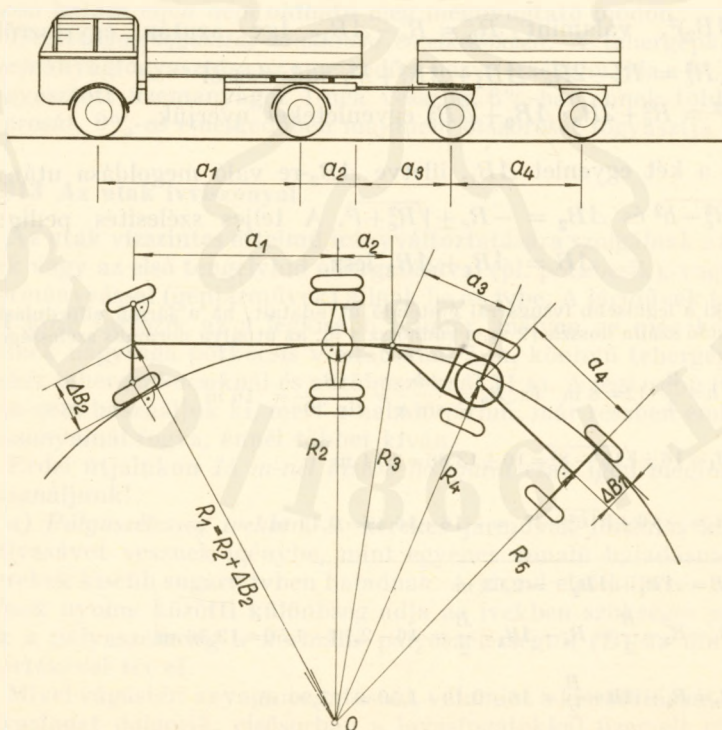
A közellítő képlet a körívet voltaképpen egy másodfokú parabolával helyettesíti.

Példa. Számítsuk ki a szükséges szélesítést az előbbi példa adatai alapján.

$$\Delta B = \frac{64 + 16}{2 \times 16} = 2,50 \text{ m}$$

A két eredmény között 13 cm eltérés mutatkozik.

Az ívsugár növekedésével a hiba rohamosan csökken. Az egyes tervezési sugarakhoz tartozó szélesítéseket deciméter pontossággal szokás megadni.



80 2.31-12. ábra. Pótkocsis tehergépkocsi helyzete a körívben

Azokon a helyeken, ahol szálfá szállítása gyakori, olyan fogatos járműveket is alkalmaznak, melyeknek hátsó tengelye szükség esetén szintén ívbeálló, ezzel a szükséges szélesítés mértéke csökken.

Kétnyomú forgalom esetén csak a szállítási irányában igénybe vett sáv szélesítendő a szálfának megfelelően, a másik forgalmi sávon az üres járművel számolunk.

A gépjárművek részére szükséges szélesítést pótkocsis vontatmány esetére az alábbiak szerint számíthatjuk ki: (2.31-12. ábra)

$$R_2^2 + a_1^2 = (R_2 + \Delta B_2)^2, \text{ ahonnan } \Delta B_2 = -R_2 \pm \sqrt{R_2^2 + a_1^2}$$

$$R_1 = R_2 + \Delta B_2 = \sqrt{R_2^2 + a_1^2}$$

$$R_3^2 = R_2^2 + a_2^2$$

$$R_4^2 = R_3^2 - a_3^2$$

$$R_5^2 = R_4^2 - a_4^2$$

$$\Delta B_1 = R_2 - R_5 = R_2 - \sqrt{R_2^2 + a_2^2 - a_3^2 - a_4^2}$$

és $\Delta B = \Delta B_1 + \Delta B_2.$

A négyzetgyökös kifejezések sorbafejtésével egyszerűbb – közelítőképletet nyerünk:

$$\Delta B_2 = R_2 \left(-1 \pm \sqrt{1 + \frac{a_1^2}{R_2^2}} \right) = \frac{a_1^2}{2R_2} \text{ és}$$

$$\Delta B_1 = R_2 \left(1 - \sqrt{1 + \frac{a_2^2 - a_3^2 - a_4^2}{R_2^2}} \right) = -\frac{a_3^2 + a_4^2 - a_2^2}{2R_2}, \text{ így azután értelem szerint}$$

összegezve:

$$\Delta B = \Delta B_1 + \Delta B_2 = \frac{a_1^2 + a_3^2 + a_4^2 - a_2^2}{2R_2} \quad (23/5b)$$

(Ha $a_2 = a_3$ -mal, a képlet a fogatos járművek részére levezetett képlethez hasonló alakot nyer.)

Példa. Tíz méteres fordulási sugarú tehergépkocsi vonat adatai a következők:

$$a_1 = 4,50 \text{ m, azaz } a_1^2 = 20,25,$$

$$a_2 = 2,30 \text{ m, azaz } a_2^2 = 5,29,$$

$$a_3 = 2,60 \text{ m, azaz } a_3^2 = 6,76,$$

$$a_4 = 4,20 \text{ m, azaz } a_4^2 = 17,64,$$

$$R_2 = 10 \text{ m, } R_2^2 = 100 \text{ m.}$$

Pontos számítással:

$$\Delta B_1 = 10 - \sqrt{100 + 5,29 - 6,76 - 17,64} = 1,00 \text{ m}$$

$$\Delta B_2 = -10 \pm \sqrt{100 + 20,25} = 0,96 \text{ m}$$

$$\Delta B = 1,96 \text{ méter.}$$

Megközelítő képlettel:

$$\Delta B = \frac{20,25 + 6,76 + 17,64 - 5,29}{2 \times 10} = \frac{39,36}{20} = 1,97 \text{ méter.}$$

A gyakorlatban szokásos szélesítések nagyságát a 2.31-III. táblázatban mutatjuk be. Ezeknek hiányában azokat a tervezés során a megadott járműtípusnak megfelelően ki kell számítani.

Az út szélesítését az ívközép felé szokás elhelyezni, bár helyszűke esetén kifelé vagy két oldalra is tervezhető, kifuttatásáról később lesz szó.

Út jellege	Ha az ívsugár: R									
	15	20	25	30	35	40	50	60	80	100
Kétnyomú út ..	–	2,60	2,00	1,80	1,40	1,20	1,00	0,80	0,60	0,50
Egynyomú út ..	1,70	1,30	1,00	0,90	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	–

b) *Járművek viselkedése az ívekben.* Az ívekben a járműre C centrifugális erő, illetve $p[\text{m} \cdot \text{sec}^{-2}]$ centrifugális gyorsulás hat, amely a járművet sugár irányban kifelé csúsztatná, ha ezt a tendenciát a jármű abroncsa és az útfelület közötti súrlódás meg nem akadályozná. A kicsúszási veszély csökkentésére ezenkívül a pályát ívekben az ívközép felé $q\%$ -kal döntení szokás.

A túlemelés és súrlódás együttes hatását a 2.31-13. ábra alapján vezethetjük le. A $C = \frac{Mv^2}{R_1} = \frac{Qv^2}{g \cdot R}$ centrifugális erő pályafelület-irányú komponense (C_2) irányban kiröpíteni igyekszik. Az ellene dolgozó erők az ábra alapján:

$$(C_1 + Q_1) \cdot \mu_1 + Q_2 = C_2$$

Az összetevő értékei az ábra alapján:

$$C_1 = C \cdot \sin \alpha \text{ és } C_2 = C \cdot \cos \alpha$$

$$Q_1 = Q \cdot \cos \alpha \text{ és } Q_2 = Q \cdot \sin \alpha$$

behelyettesítve az egyenletbe:

$C \cdot \sin \alpha \cdot \mu_1 + Q \cdot \cos \alpha \cdot \mu_1 + Q \cdot \sin \alpha = C \cdot \cos \alpha$, elosztva $\cos \alpha$ -val és C értékét behelyettesítve:

$$\frac{G \cdot v^2}{g \cdot R} \cdot \mu_1 \cdot \text{tg } \alpha + Q \cdot \mu_1 + Q \cdot \text{tg } \alpha = \frac{Q \cdot v^2}{g \cdot R}, \text{ mivel } \text{tg } \alpha = q, \mu_1 \cdot q \text{ igen kis érték}$$

lévén elhanyagolható:

$$v^2 = g \cdot R(\mu_1 + q) \text{ értéket nyerjük, ahonnan}$$

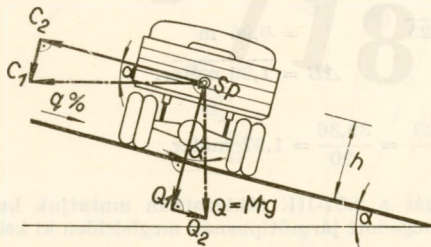
$$v[\text{km}/\text{ó}] = 9,81 \cdot 3,6 \sqrt{\mu_1 + q} \cdot \sqrt{R} = 11,3 \sqrt{\mu_1 + q} \cdot \sqrt{R}$$

Ha $n = 11,3 \sqrt{\mu_1 + q}$, az egyenlet egyszerű alakja:

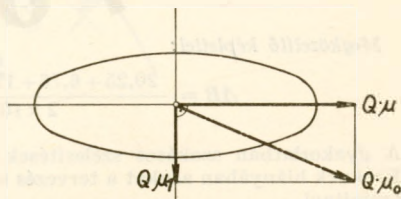
$$v[\text{km}/\text{ó}] = n \sqrt{R} \tag{23/6}$$

ahol n értéke az adott ívviszonyokra állandó.

A keresztirányú súrlódás értékét illetőleg meg kell jegyeznünk hogy az az adhéziós súrlódástól eltér (μ_1).



2.31-13. ábra. Ívben haladó tehergépkocsira ható erők



2.31-14. ábra. Keresztirányú súrlódás értelmezése

2.31-IV. táblázat. Túlemlés mértéke erdőgazdasági utak részére

Ha R kanyarlati sugár			q [%]	e [%]
I.	II.	III.	túl- eme- lés	hossz- esés
útsztály				
15-60	—	—	6	4,5
61-90	15-60	—	5	5,6
91-120	61-90	15-30	4	6,3
121-200	91-120	31-60	3	6,9
201-300	121-200	61-100	0	7,5

A gumiabroncs és az útpálya érintkezési felülete egy olyan ellipszisnek vehető, melynek nagytengeleje haladási irányú és kétszerese a keresztirányú kistengelynek. (2.31-14. ábra). Szovjet kísérletek szerint:

$$\mu = 0,95\mu_0 \text{ és } \mu_1 = 0,31\mu_0$$

ebből következőleg $\mu_1 = 0,33$, vagyis, ha $\mu = 0,6$, akkor

$$\mu_1 = 0,33 \cdot 0,60 \cong 0,20$$

Elméleti számításoknál $\mu_1 = 0,15 - 0,20$ -ig értékeket szokták számításba venni. Mint látjuk, a biztonság határain belül a sebesség függ az ívsugár nagyságától. Ezt a törvényszerűséget a gépjárművezetők ösztönösen ismerik és betartják, ellenkező esetben az egyensúly felborul és a jármű oldalirányban kicsúszik.

Annak az ívnek a sugarát, melynél a tervezési sebesség betartható, határsugárnak nevezzük. Ezen alul megfelelően csökkenteni kell a sebességet, felette pedig a tervezési sebesség mértékadó. A határsugár értéke az ismertetett összefüggés alapján:

$$R_h = \frac{v_t^2}{127(\mu_1 + q)} \quad (23/7)$$

az egyenlet a következő alakban is felírható:

$$\frac{v_t^2}{127R_h} = q + \mu_1$$

az egyenlet baloldala 1 Mp összármű súlyra eső centrifugális erőnek felel meg, melyet a $q\%$ túltermelés és a $\mu_1 = 0,1 - 0,2$ keresztirányú súrlódás egyensúlyoz ki.

Erdőgazdasági útjainknál alkalmazott túlemlés mértékét a 2.31-IV. táblázatban adjuk meg.

A táblázat utolsó rovata az alkalmazott ívsugár esetén megengedett hosszúságot mutatja. A korlátozás okai a következők:

1. a kanyarulatban fellépő ellenállás miatt a kihasználható vonóerő csökken, melyet az emelkedő okozta ellenállással egyenlítünk ki.

2. az ívben levő pályafelület esésvonala nem a q értékű, hanem ettől eltérő lesz, mégpedig a pályaesés (e) és a túlemlés eredője. Fenntartási és járműtechnikai okokból kívánatos, hogy ez az érték a megadott határ alatt maradjon, azaz

$$e_{\max} [\%] = \sqrt{q^2 + e^2} \cong 8 \sim 7,5\%.$$

A túlemléssel fel nem vett keresztirányú erő tehát a 2.31-13. ábra alapján:

$$p \cdot M = C_2 - Q_2 = C \cdot \cos \alpha - Q \cdot \sin \alpha$$

elosztva az egyenletet $\cos \alpha$ -val és $\cos \alpha = 1$ értéket behelyettesítve az „ α ” kis értéke miatt:

$$\frac{p \cdot M}{\cos \alpha} = C - Q \cdot \operatorname{tg} \alpha, \text{ illetve, mivel } C = \frac{Q}{g} \frac{v^2}{R},$$

$$p \frac{Q}{g} = \frac{Q}{g} \cdot \frac{v^2}{R} - Q \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

$$p[\text{m} \cdot \text{sec}^{-2}] = \frac{v^2}{R} - g \cdot q \quad (23/8a)$$

vagy, ha a sebességet km/ó-ban fejezzük ki:

$$p[\text{m} \cdot \text{sec}^{-2}] = \frac{v^2}{13 R} - g \cdot q$$

Ezt az oldalgyorsulást a keresztirányú súrlódás egyenlíti ki, azaz

$$Q \cdot \mu_1 = \frac{Q}{g} \cdot p, \quad \text{áhonnan}$$

$$p = g \cdot \mu_1 - 9,81 \mu_1 \quad \text{vagy megközelítőleg}$$

$$\boxed{p = 10\mu_1} \quad (23/8b)$$

A ki nem egyenlített oldalgyorsulás okozta erő nyomatéka a külső abraszonokon túlterhelést okoz:

$$M \cdot p \cdot h = \frac{Q}{g} \cdot p \cdot h = T_k \cdot b, \quad \text{ahol } b \text{ a nyomtávolság}$$

$$T_k = \frac{Q}{g} \cdot \frac{h}{v} \cdot p$$

Az egyenesben közlekedő jármű keréknyomása: $\frac{Q}{2}$.

A túlterhelést ennek %-ában kifejezve:

$$T\% = 100 \frac{T_k}{\frac{Q}{2}} = \frac{200}{g} \cdot \frac{h}{b} \cdot p = 20,4 \frac{h}{b} \cdot p$$

Ha $p = 1 \sim 1,5$ [$\text{m} \cdot \text{sec}^{-2}$] és $b = 1,2$ [m]; $h = 1,00$ [m],
akkor $T\% = 20 \sim 34$.

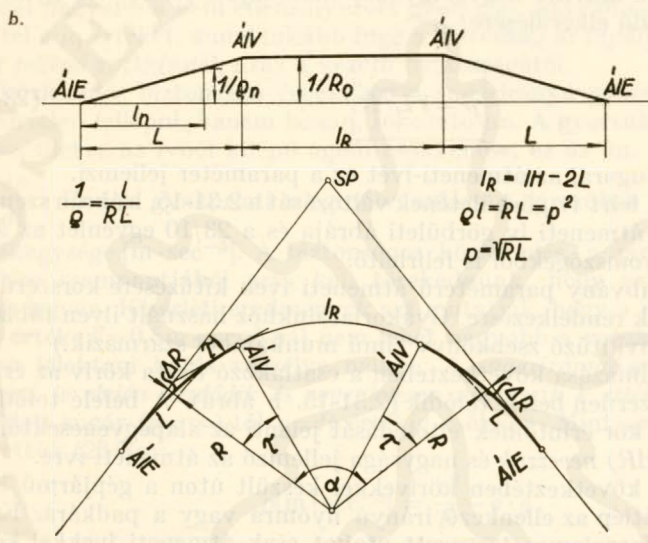
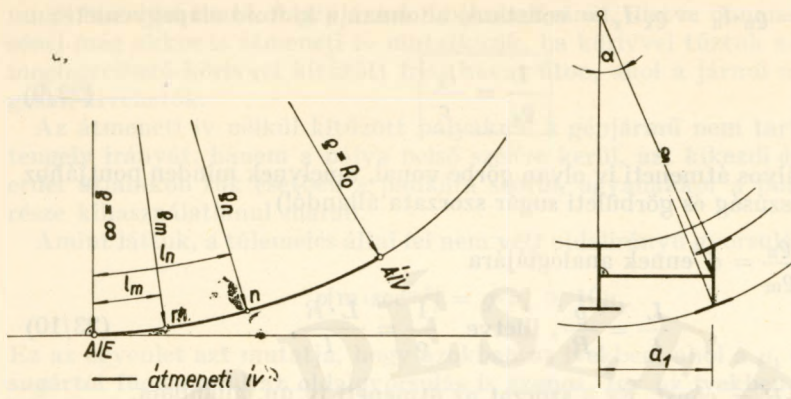
(Lásd kanyarulati ellenállás: 2.227. fejezet.)

c) *Átmeneti ív elve és alkalmazása.* A gépjárműforgalom teljesítőképessége, mint azt látni fogjuk, a pályán betartandó műszaki sebességtől jelentős mértékben függ. E sebesség elérése, különösen a keskeny, ívekkel zsúfolt hegyi pályákon, ezeknek helyes, a jármű természetéhez, mozgásához igazodó kiképzésétől függ. Ez és még más, később felsorolt okok az erdei utak tervezésénél az átmeneti ívek alkalmazását hozták előtérbe.

A gépjárművek első kerékpárja a kormányserkezet által mozgatható és a mozgítás következtében a jármű tengelyével a kormány beállításától függő α szöget zár be (az α nagysága a gyakorlatban 0° és 35° között szokott változni).

Midőn a jármű az egyenesből az R sugarú ívbe áthalad, a jármű vezetője a kormányt fokozatosan elcsavarja az R sugárnak megfelelő szögére. A kormány beállítása — akár milyen gyorsan is történik — mégis időt vesz igénybe, tehát a járműnek R sugárhoz tartozó α szöge — hacsak a vezető az egyenes végén meg nem áll és a kormányt a sugárnak megfelelően beállítva újra el nem indul, ami pedig csak elméletileg képzelhető el — mindenképpen csak fokozatosan éri el a kívánt értéket.

Ebből következik, hogy az $\alpha=0$ -tól az R_0 sugárnak megfelelő α szögig a
84 kormányzott kerékpár hajlásszöge folyton nő, azaz az egyenesnek megfelelő



$$\frac{1}{\rho} = \frac{l}{RL}$$

$$l_R = lR - 2L$$

$$\rho l = RL = \rho^2$$

$$\rho = \sqrt{RL}$$

2.31-15. ábra. Az átmeneti ív értelmezése

$\rho = \infty$ sugártól $\rho = R_0$ sugárig a fordulási sugár állandóan csökken. Közben a jármű egy állandóan csökkenő görbületi sugarú görbét, ún. klotoidot ír le. Így az R sugarú körív és az egyenesvonalú pályarész között egy más természetű vonalrész, a klotoid helyezkedik el.

Az átmeneti ív elvét a 2.31-15. a. ábra alapján ismertetjük:

Feltételezzük, hogy a jármű állandó v km/ó sebességgel halad. Míg az egyenes végpontjából az átmeneti ív P_m pontjába ér, l_m utat tesz meg és így tovább. Közben a vezető a kormányt egyenletesen igyekszik beállítani és az l_m út alatt α_m és így tovább α_n szögre állnak be a kerekek. A megtett úthoz l_m és így tovább l_n idő szükséges. Ebből következik:

$$\frac{l_m}{l_n} = \frac{t_m}{t_n}; \quad \frac{\alpha_m}{\alpha_n} = \frac{t_m}{t_n} \quad \text{és} \quad \frac{\rho_m}{\rho_n} = \frac{\alpha_n}{\alpha_m}, \quad \text{melyből következik, hogy}$$

$$\frac{l_m}{l_n} = \frac{\rho_n}{\rho_m}, \quad \text{illetve általában}$$

$\varrho_m \cdot l_m = \varrho_n \cdot l_n = \varrho_x \cdot l_x = \text{constans}$, ahonnan a klotoid alapegyenlete:

$$\boxed{\frac{1}{\varrho_x} = \frac{l_x}{c}} \quad (23/9)$$

(Azaz a szabályos átmeneti ív olyan görbe vonal, amelynek minden pontjához tartozó ívhosszúság és görbületi sugár szorzata állandó!)

Mivel $\frac{l_m}{l_n} = \frac{\varrho_n}{\varrho_m} = c$, ennek analógiájára

$$\frac{L}{l} = \frac{\varrho}{R}, \text{ illetve } \frac{1}{\varrho} = \frac{L \cdot R}{l}, \quad (23/10)$$

azaz $r \cdot l = L \cdot R = \text{const}$. Ez a szorzat az átmeneti ív ún. állandója.

A gyakorlatban e szorzat négyzetgyökét használjuk paraméter gyanánt. A négyzetes dimenzió elkerülésére:

$$\boxed{p = \sqrt{L \cdot R}} \quad (23/11)$$

ahogy a körívet a sugara, az átmeneti-ívet ez a paraméter jellemzi.

A gépjármű által leírt ív görbületének változását a 2.31-15. b ábrán szemléltetjük. Az ábra az átmeneti ív görbületi ábrája és a 23/10 egyenlet az ábra alapján hasonló háromszögekből is felírható.

(A kerek, ún. szabvány paraméterű átmeneti ívek kitűzésére korszerű út-kitűző táblák állnak rendelkezésre. Gyakorlatainkhoz használt ilyen táblázat Dr. Nemesdy E. Útítkitűző zsebkönyv című munkájából származik.)

Átmeneti ív alkalmazása következtében a csatlakozó tiszta körív az érintő egyenesektől kényszerűen befelé tolódik (2.31-15. b ábra). A befelé tolódást, mely az újhelyzetű kör érintőinek eltolódását jelenti az alapegyenesektől, az *érintő eltolásának* (ΔR) *nevezzük* és nagysága jellemző az átmeneti ívre.

A befelé tolódás következtében körívvel készült úton a gépjármű letér saját nyomáról és átlép az ellenkező irányú nyomra vagy a padkára. Ezért korszerű gépjárműforgalomra tervezett utakat csak átmeneti ívekkel képezzük ki.

A be- és kilépő átmeneti ívek hosszának nem kell szükségképpen egyenlőnek lennie. Az ilyen részaránytalan ívek terepnehézségek kikerülésénél alkalmazhatók.

Az átmeneti ívnek használt klotoid, mint tudjuk, voltaképpen egy spirál. Mivel módunkban áll sokféle paraméterrel dolgozni, a görbét rendkívül rugalmasan használhatjuk arra, hogy a pályánkkal a terephez alkalmazkodjunk, simuljunk.

d) *Az átmeneti ívek szükséges hosszát, illetve az érintő eltolás nagyságát a következőképpen számítjuk ki:* A centrifugális erő nagysága, ha a sebesség km/ó-ban adott:

$$C = \frac{Q \cdot v^2}{127 R} = c \cdot \frac{1}{\varrho},$$

azaz a centrifugális erő a görbületi sugárral fordítva arányos, ami azt jelenti, hogy az átmeneti ív hosszában a görbület lineáris növekedésének a centrifugális erő ugyancsak lineáris emelkedése felel meg.

A gépjármű vezetője a kormány lassú elforgatásával igyekszik minél hosszabbra elnyújtani az átmeneti szakaszt és így a centrifugális erő növekedését

minél lassabbá tenni. A gépjármű ívbehaladásánál, illetve onnan való kilépésénél még akkor is átmeneti ív mutatkozik, ha körívvel tüztük azt ki. Ez jól megfigyelhető körívvel kitűzött friss havas úton, ahol a jármű nyomai világosan kivehetők.

Az átmeneti ív nélkül kitűzött pályáknál a gépjármű nem tartja a pályatengely irányát, hanem a pálya belső szélére kerül, azt kikezdi és a keskeny erdei útjainkon sok esetben a padkára szorul, ugyanakkor a burkolat külső része kihasználatlanul marad.

Amint láttuk, a túlemlés által fel nem vett oldalirányú gyorsulás:

$$p[\text{m} \cdot \text{sec}^{-2}] = g \cdot \mu_1 \cong 10\mu_1.$$

Ez az egyenlet azt mutatja, hogy azokban az ívekben, ahol a μ_1 egyforma, a sugártól függetlenül az oldalgyorsulás is azonos. Így az ívekben a μ_1 a közlekedési biztonság alapját képezi.

Minél nagyobb a nem ellensúlyozott gyorsulás, azaz minél nagyobbra veszünk fel a μ_1 értéket, annál inkább függ a biztonság az útpálya és jármű kerekei között fellépő súrlódástól, azaz a vezető óvatosságától.

A közlekedés biztonságá érdekében a sugárirányú gyorsulásnak nem szabad hirtelen fellépni, hanem lassan, fokozatosan. A gyorsulás fokozatos növekedése, illetve az ívből kilépő ágánál csökkenése, ez az ún. gyorsulás-változás:

$k = \frac{dp}{dt}$. Ennek gyakorlati megnyilvánulása a járműben fellépő oldal-lökés.

Mértékegysége $[\text{m} \cdot \text{sec}^{-3}]$. A biztonságos közlekedés, a jármű szerkezetének kímélése szempontjából arra kell törekednünk, hogy az oldallökés minél kisebb legyen. Kísérleti eredmények azt mutatják, hogy a megengedett oldallökés értéke $k=0,5\text{m} \cdot \text{sec}^{-3}$ -nál nem lehet nagyobb a vezetőben keltett kellemetlen lélektani hatás veszélye nélkül. A sugárirányú gyorsulás-változás az átmeneti ív elején kezdődik és egyenletesen növekszik k értékig, míg közben a görbületi sugár ($\rho=\infty$)-tól $\rho=R$ értékig csökken. Mint azt az előbbiekben levezettük (23/8a):

$$p[\text{m} \cdot \text{sec}^{-2}] = \frac{v^2}{R} - g \cdot q.$$

Ha azt az egyenletet a k értékkel osztjuk, megkapjuk azt az időt, ami alatt a jármű az L átmeneti ívhosszon áthalad, azaz

$$\frac{p[\text{m} \cdot \text{sec}^{-2}]}{k[\text{m} \cdot \text{sec}^{-3}]} = t[\text{sec}] = \frac{v^2}{R \cdot k} - \frac{g \cdot q}{k}$$

A szükséges ívhosszság:

$$L = v \cdot t = \frac{v^3}{R \cdot k} - \frac{g \cdot q}{k} \cdot v \text{ vagy, ha a sebesség km/ó-ban van adva:}$$

$$L = \frac{v^3}{46,6 R \cdot k} - 2,72 \frac{v \cdot q}{k} \quad (23/12)$$

Ez az átmeneti-ívhossz általános képlete. Mindaddig használjuk, amíg a sebesség független a sugártól, vagyis, a határsugáron felül, ahol $v=v_{\text{max}}$. Ezen alul a szükséges ívhosszat megkapjuk, ha a képletbe a

$$v = 11,3\sqrt{\mu_1 + q} \cdot \sqrt{R} \text{ képletet helyettesítjük.}$$

Ekkor kapjuk:

$$L = 30,7 \frac{\mu_1}{k} \sqrt{\mu_1 + q} \cdot \sqrt{R}$$

formulát, mely a határsugáron aluli ívek minimálisan szükséges átmeneti ívhosszára adja meg az értékeket.

Az így kapott értékek azok az ívhosszak, melyeket a gépjármű a zavartalan forgalom érdekében feltétlenül megkíván. Ezeknél nagyobb értékek alkalmazhatók, kisebbek nem.

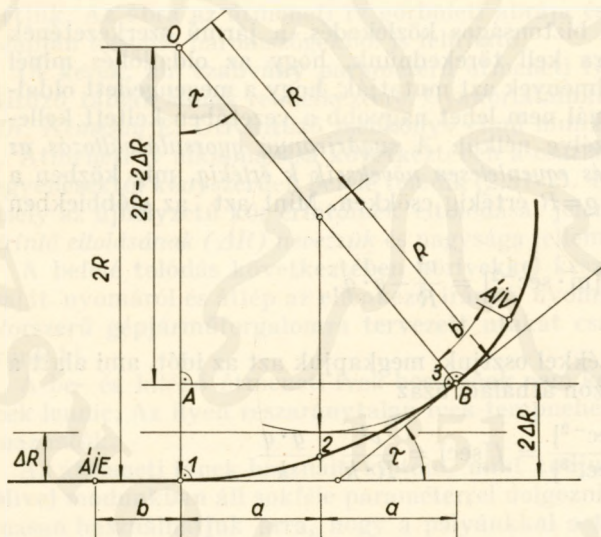
Az útjainknál használatos értékeket a 2.31-V. táblázatban adjuk meg. A tiszta ív érintőjének eltolását az átmeneti ív egyenlete alapján az alábbi képlettel számíthatjuk ki:

$$\Delta R = \frac{L^2}{24R} \quad (23/13)$$

A dinamikailag szükséges átmeneti-ív hossz figyelembevételével választjuk azután ki a megfelelő p paramétert.

Azonos paraméterű átmeneti ívek különböző sugarú körívekhez alkalmazhatók. Mint az

$$L = \frac{p^2}{R}$$



2.31-16. ábra. Klotoidot helyettesítő $2R$ sugarú előív

2.31-V. táblázat. Dinamikailag szükséges legkisebb átmeneti ívhosszak értéke utak részére ($v = 60$ km/ó)

Alkalmazás, ha k	R [m]	15	20	30	40	50	60	80	100	120
Általában 0,6	L [m]	20	24	29	33	37	40	46	51	50
Nehéz terepen 0,8	L [m]	14	17	21	25	28	30	34	38	38

összefüggés mutatja, azonos paraméter esetén a növekvő sugárral csökken az ívhosszúság. Fordított eset is lehetséges, azaz azonos sugarú ívhez különböző paraméterű ívet alkalmazhatunk.

Az átmeneti ív irányeltérését jellemző végérintő szög értéke az alábbi képletből számítható:

$$\tau = \frac{L}{2R}$$

vagy

$$\tau^\circ = 28,65 \frac{L}{R}$$

az „Útívkitűző zsebkönyv”-ben a paraméter kiválasztására megfelelő táblázatok, az ún. paraméter-választó táblák vannak (V. táblázat).

A járművezetés pszichológiai hatásának javítása érdekében lehetőleg minél nagyobb átmeneti ívhosszakra törekedjünk.

e) *Közelítő eljárás átmeneti ívek kitűzésére.* Erdőgazdasági feltáró útjainknál a gyakorlat kiterjedten alkalmazza az ún. *Örley-féle*, $2R$ sugarú előívet a szabatos átmeneti ív helyett. Ennek a közelítő eljárásnak lényege a következő:

Mivel a klotoid sugara $\varrho = \infty$ -tól $\varrho = R$ -ig az ívhosszal arányosan csökken, az ívhossz felében $\varrho = 2R$ lesz. Tehát egy $2R$ sugarú előív első fele kisebb, második nagyobb sugarú lesz, mint a valóságos klotoid. A másik közelítés, hogy Örley az abszcisszával és nem az ívhosszal vette arányosnak a görbületi sugár változását. Így azután az átmeneti ív eleje és vége a $2R$ sugarú ív elejétől, illetve végétől meg b távolságra fekszik, vagyis az átmeneti ív az egyenest, illetve tiszta ívet átfedi. Így a teljes klotoid ívhossza a 2.31-16. ábra szerint:

$$L = 2b + 2R \cdot \tau.$$

A tiszta ívet képviselő kör R értékű eltolást szenved. A $ABO \triangle$ -ből:

$$4a^2 + 4R^2 - 8AR \cdot R + 4R^2 = 4R^2, \text{ ahonnan}$$

$$\boxed{a = \sqrt{2R\Delta R - \Delta R^2}} \quad (23/14)$$

Jó közelítéssel, különösen nagyobb ívsugár esetén, R elhagyható és

$$a = \sqrt{2R\Delta R}, \quad \text{azaz} \quad \Delta R = \frac{a^2}{2R},$$

de az előbbiek szerint (23/13):

$$\Delta R = \frac{L^2}{24R} = \left(\frac{L}{2}\right)^2 \cdot \frac{1}{6R}, \text{ ahonnan}$$

$$\frac{L}{2} = \sqrt{6\Delta R \cdot R} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{2R\Delta R}, \text{ azaz az előzőkkel egybevetve:}$$

$$\frac{L}{2} = a\sqrt{3}.$$

Az átfedés a körívbe és az egyenesbe tehát a következőképpen számítható:

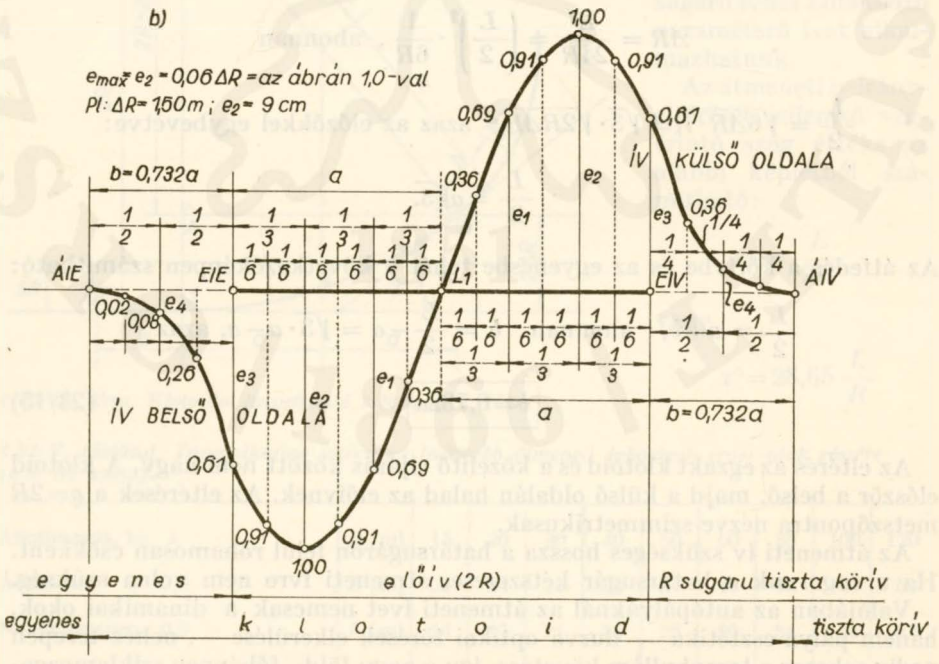
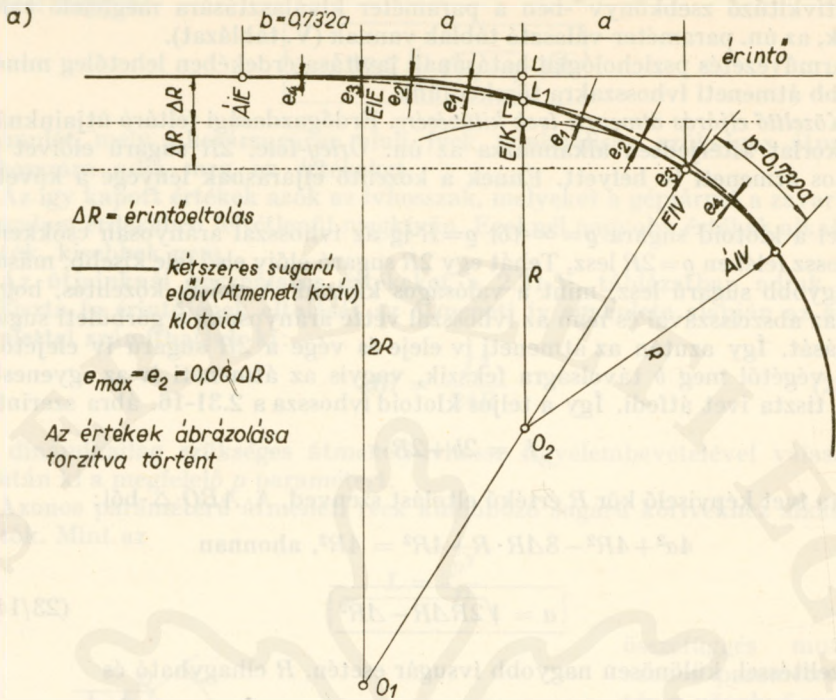
$$\frac{L}{2} = a + b, \text{ ahonnan} \quad b = \frac{L}{2} - a = \sqrt{3} \cdot a - a, \text{ azaz}$$

$$\boxed{b = 0,732a} \quad (23/15)$$

Az eltérés az egzakt klotoid és a közelítő eljárás között nem nagy. A klotoid először a belső, majd a külső oldalán halad az előívnek. Az eltérések a $\varrho = 2R$ metszőpontra nézve szimmetrikusak.

Az átmeneti ív szükséges hossza a határsugáron felül rohamosan csökkent. Ha a sugarunk a határsugár kétszerese, átmeneti ívre nem volna szükség.

Valójában az autópályáknál az átmeneti ívet nemcsak a dinamikai okok, hanem pálya-esztétika – durva optikai törések elkerülése –, nehéz terepen pedig sokszor a terephullám követése, így a nagy föld-, főképpen sziklamozgás elkerülése is indokolja.



90 2.31-17. ábra. Klotoidot helyettesítő előív eltérése

f) A dinamikailag szükséges legkisebb középponti szög. Az útpálya-tervezésnél a befektelhető ívek nagyságát – az alkalmazható sugarak tartományán belül – a középponti szög nagysága szabja meg.

A dinamikailag szükséges legkisebb átmeneti ívhosszak az ív középponti szögének nagyságától függetlenek, hosszúságuk, meghatározott R és v mellett szintén határozott.

A jól kiképzett útív egy be- és egy kilépő átmeneti ívből áll és e két ív közé ékelt tiszta ívből. Mint azt a 2.31-18. ábrából látjuk, amennyiben a középponti szöget, ebből következőleg a teljes ívhosszat csökkentjük – mivel a két átmeneti ív ága adott –, az ívhossz-csökkentés csak a tiszta ív rovására történhet. Végső esetben a tiszta ív egészen elfogy, és a két átmeneti ívszár zárul. A középponti szög további csökkentése a két átmeneti ívszár metszését eredményezi. Az ábra szerint a klotoid átmeneti íveket csak akkor tudjuk elhelyezni, ha a középponti szög (φ) legalább a τ végérintőszög kétszerese:

$$\alpha^\circ \geq 2\tau = 57 \cdot 3 \frac{L}{R} \quad (23/16)$$

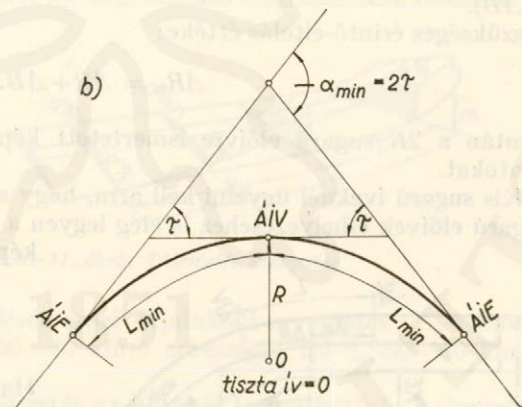
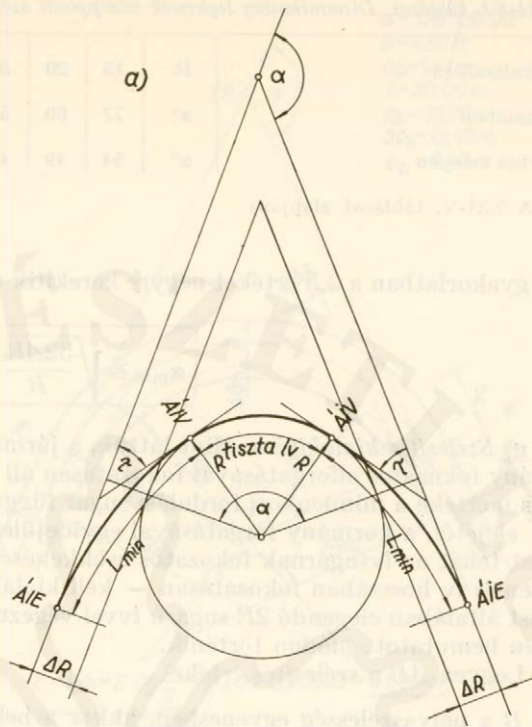
Ha ez a feltétel nincs meg, akkor a csatlakozó egyenesek „ α ” szögét kell növelni, vagy más, nagyobb sugarat választani. Általában minél kisebb

a középponti szög, annál nagyobb ívsugarat válasszunk. Erdei feltáró utak részére klotoid alkalmazása esetén a 2.31-VI. táblázatban megadott értékek ajánlhatók.

$2R$ sugarú előív esetén a következő összefüggés adódik:

$$\tau = \frac{L}{2R} \quad \text{de} \quad L = 2\sqrt{3} \cdot a, \quad \text{így} \quad \text{ha} \quad \alpha_{\min} = 2\tau$$

$$\alpha_{\min} \geq 2\tau = \frac{L}{R} = \frac{3,5a}{R} = \frac{3,5\sqrt{2RAR}}{R}$$



2.31-18. ábra. Dinamikailag szükséges legkisebb középponti szög értelmezése. a) Ha $\alpha_m > 2\tau$, akkor tiszta ív van. b) Ha $\alpha_m = 2\tau$, a két átmeneti ív zárul

Alkalmazása	R	15	20	30	40	50	60	80	100	120
Általában	α°	77	69	56	47	42	38	33	29	24
Nehéz terepen	α°	54	49	40	36	32	28	24	22	18

(A 2.31-V. táblázat alapján)

A gyakorlatban a 3,5 értéket négyre kerekítik és így az egyenlet végső alakja:

$$\alpha_{\min} \cong \sqrt{\frac{32\Delta R}{R}} \quad (23/17)$$

g) *Szélesítés kialakítása.* Mint láttuk, a jármű a kívánt „R” sugárra a kormány fokozatos elforgatásával fokozatosan áll be. Mivel az ívben való szélesítés mértéke a mindenkor fordulási sugár függvénye, azt a jármű az átmeneti ív elejétől, a kormány forgatásával egyidejűleg, fokozatosan éri el. A szélesítést tehát az ívsugárnak fokozatos csökkenésével arányosan – vagyis az átmeneti ív hosszában fokozatosan – kell kialakítani – kifuttatni. A kifuttatást általában elegendő $2R$ sugarú ívvel végezni. A kifuttatás a 2.31-19. ábrában bemutatott módon történik.

Legyen ΔB a szélesítés értéke

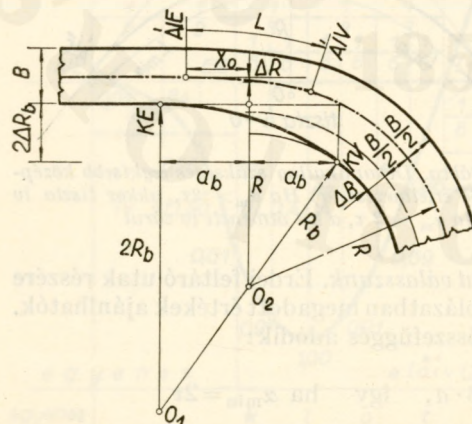
B a pályaszélesség egyenesben, akkor a belső ív sugara: $R_b = R - \left(\frac{1}{2} B + \Delta B\right)$.

A szükséges érintő-eltolás értéke:

$$\Delta R_b = \Delta R + \Delta B.$$

Ezután a $2R$ sugarú előívre ismertetett képletekkel számíthatjuk a többi adatokat.

Kis sugarú íveknél ügyelni kell arra, hogy a belső pályaszéleket jelentő $2R$ sugarú előívek elhelyezéséhez is elég legyen a középponti szög. Ezt az alábbi képlettel ellenőrizhetjük:



$$\alpha_{\min b} \cong \sqrt{\frac{32\Delta R_b}{R_b}}$$

Ha a pálya kitűzése átmeneti ívek nélkül történik, a szélesítés kifuttatása érdekében a középponti szög figyelembevétele itt is elkerülhetetlen. A kifuttatás itt is $2R$ sugarú ívvel történik, és egy része az egyenesbe, más része a tiszta ívbe kerül (2.31-20. ábra). Mivel a tengelyvonalban átmeneti ív nincs, $R=0$, azaz

$$\alpha_{\min b} \cong \sqrt{\frac{8\Delta B}{R - \left(\frac{1}{2} B + \Delta B\right)}}$$

h) A túemelés kifuttatása. Mint mondtuk, a keresztirányú erő egy részének kiegyensúlyozására ívekben a szokásos tetőszelvénytől eltérően egyirányú túemelést alkalmazunk. A túemelés gyakorlati értékeit a 231-IV. táblázatban adtuk meg.

A szélesítéshez hasonlóan az egyenesben alkalmazott szelvényből a túemelést is fokozatosan alakítjuk ki, azaz a kétoldali $d\%$ esésű tetőszelvény és az egyoldali esésű $q\%$ túemelés közé túemelési átmeneti szakaszt iktatunk be.

A túemelési átmeneti szakasz (T) két részből áll: a nyeregátmeneti szakaszból (Ny), amelyen az út külső burkolatoldala felemelkedik $d\%$ egyirányú esésbe és a tulajdonképpeni túemelési átmeneti szakaszból (T'), ahol a $d\%$ egyoldali esés $q\%$ -ba megy át (2.31-21. ábra).

A túemelési átmenetét a két útpálya fél elforgatásával érjük el. A forgatás tengelye köztutaknál az úttengely szokott lenni. Keskeny erdei útjainknál, ahol a kis ívekben a szélesítés elég jelentős, általában a szélesítés nélküli burkolat belső széle körül szokás forgatni (2.31-22. ábra).

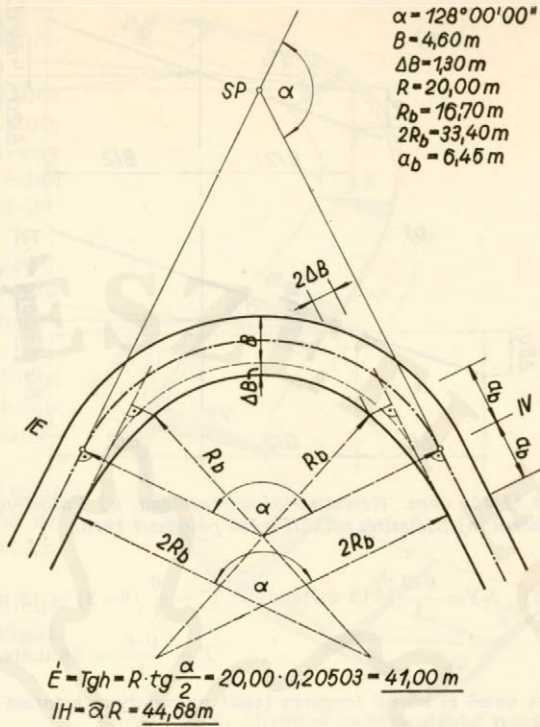
A burkolatszéléknek emelkedését erdei útjainknál egyenes $s\%$ -esében tervezzük meg. Ennek értéke 30–40 km/ó sebességig 1,5%, 50–60 km/ó sebességig 1% legyen.

A burkolat külső szélének helyzetét az ábrából leolvashatjuk. A forgatás alapján megszerkeszthetjük a túemelési átmeneti szakasz hossz-szelvényét. Mindkét esetre az átmeneti szakasz hossza egyszerű arányossággal számítható:

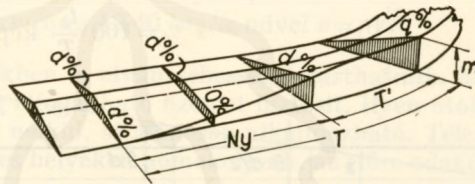
Tengely körüli forgatásnál:

$$NY = \frac{Bd}{s} \quad \text{és} \quad T' = \frac{B}{s} \left(\frac{q}{2} - \frac{d}{2} \right), \quad \text{illetve}$$

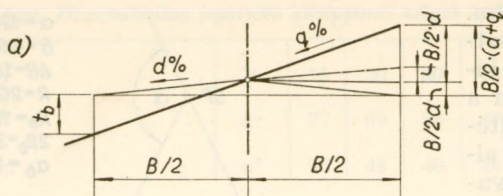
$$T = \frac{B}{s} \left(\frac{q}{2} + \frac{d}{2} \right) = \frac{B}{2s} (q+d).$$



2.31-20. ábra. Szélesítés kifuttatása tiszta köríveknél



2.31-21. ábra. Túemelés kiképzése



Belső szél körüli forgatásnál:

$$NY = \frac{Bd}{s} \quad \text{és}$$

$$T' = \frac{B}{s}(q-d), \quad \text{illetve}$$

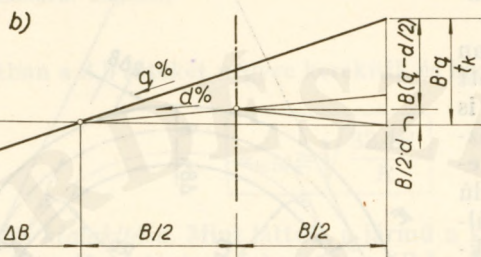
$$T = \frac{Bq}{s}$$

Példa. Hat méter pályaszélesség esetén mekkora a túlemelés átmeneti szakasz hossza, ha $q = 6\%$, $b = 3\%$ és az emelkedés 1% :

$$a) \quad NY = \frac{6 \cdot 3}{1} = 18 \text{ méter,}$$

$$T' = \frac{6}{1}(3 - 1,5) = 9 \text{ méter,}$$

$$T = \frac{6}{2 \cdot 1}(6 + 3) = 27 \text{ méter.}$$



2.31-22. ábra. Keresztszelvény forgatása. a) Pályatengely körül. b) Szélesítés nélküli belső pályaszél körül

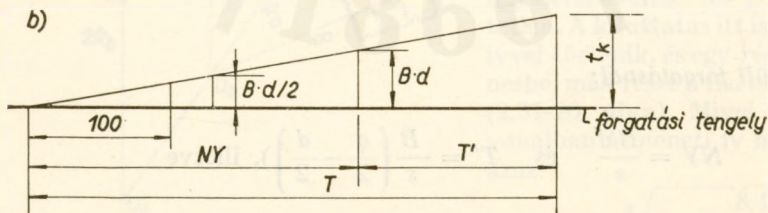
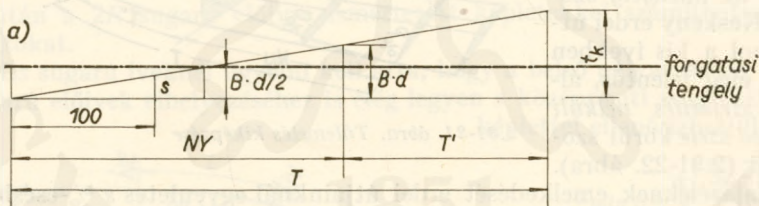
$$b) \quad NY = \frac{6 \cdot 3}{1} = 18 \text{ méter,} \quad T' = \frac{6}{1}(6 - 3) = 18 \text{ méter,}$$

$$T = \frac{6 \cdot 6}{1} = 36 \text{ méter.}$$

A belső él körüli forgatás tehát ugyanolyan kifizési lejtő mellett hosszabb átmeneti szakaszt kíván.

A túlemelés átmeneti szakasz hosszát többnyire az átmeneti ív hosszával vehetjük egyenlőnek. Ebben az esetben a kifuttatási lejtő esését ellenőrizzük:

$$s \% = 100 \frac{t_k}{T} \text{ képlettel.}$$



2.31-23. ábra. Burkolat külső szélének hossz-szelvénye. a) Pályatengely körül forgatva. b) A burkolat szélesítés nélküli belső éle körül forgatva

Kis íveknél a túl meredek lejtő elkerülésére $T > L$ értékkel számolhatunk.

Két csatlakozó vagy egymáshoz közel (50 m-en belül) eső ellenív esetén a burkolatot tetőszelvény nélkül az egyik irányú túlelemésből a másikba forgatjuk át (2.31-24. ábra).

Azonos irányú íveknél hasonló esetben a rövid egyenes mentén mind a szélesítést, mind a túlelemést megtartjuk.

Egyszerűbb, főleg vontatóval járt erdei utakat, mint már mondtuk, az egyenesben is egyirányba kifelé döntjük.

Az ilyen utaknál ezt a dőlést még akkor is meg szokás tartani, ha az ívek iránya ellenkező túlelemést kíván.

Vizsgáljuk meg az ilyen ellenkező túlelemésű ívek biztonságát számszerű példán.

Legyen $\mu_1 = 0,10$ vagy $0,15$ és $q = -3\%$.

akkor $n = 3,00$, ill. $3,92$, mivel $n = 11,3\sqrt{\mu_1 + q}$

$R = 10\text{ m}$, $v = 9,5\text{ km/ó}$ és $12,40\text{ km/ó}$, mivel $v = n\sqrt{R}$

Látjuk, hogy kis sugarú ívekben is olyan sebességet tarthatunk, amely a vontatóval járható utakon még elfogadható üzemet biztosít. Ilyen utakon tehát az egyirányú dőlés veszély nélkül, általánosan alkalmazható. Télen, csúszós viszonyok között a veszélyes helyeken homokoljunk, az előre odakészített anyagból.

2.314 A szabad kilátás biztosítása

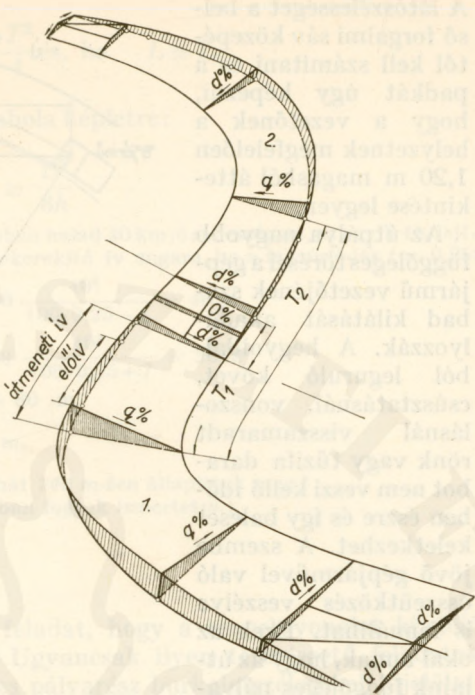
A pálya áttekintésének az ívekben különös fontossága van. Ahol a járművek nagyobb sebességgel közlekednek, az áttekintést biztosítani kell olyan módon, hogy a járművek – egyébként megengedett – sebességét ne kelljen csökkenteni. Két egymással szemben haladó gépkocsi látótávolságát úgy kell megszabni, hogy az *fékútjuk és egy 10 m-es biztonsági távolság összegével egyenlő legyen*. Amennyiben a belső szélén a belátást a földmű rézsúje akadályozza, azt szükség esetén a 2.31-25. ábra szerint kell kialakítani.

$$L = u_I + u_{II} + 10\text{ m.}$$

Az ábrából kivehetően:

$$R - Sz_{sz} = \sqrt{(R + a)^2 - \frac{T^2}{4}}, \text{ ahonnan}$$

$$Sz_{sz} = R - \left[(R + a)^2 - \frac{T^2}{4} \right]^{\frac{1}{2}} \cong \frac{L^2}{8R}$$

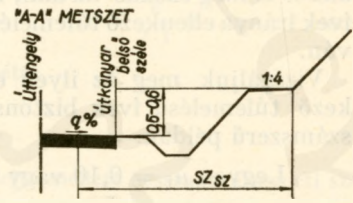
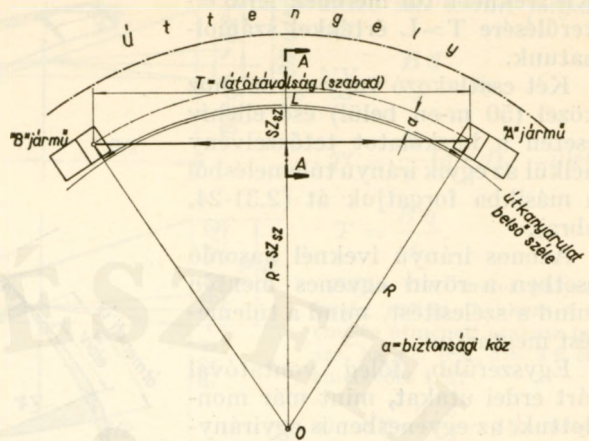


2.31-24. ábra. Ellenívek csatlakoztatása tetőszelvény nélkül

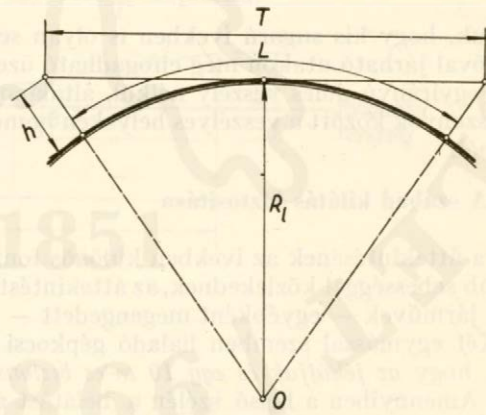
A látószélességet a belső forgalmi sáv közepétől kell számítani és a padkát úgy képezni, hogy a vezetőnek a helyzetnek megfelelően 1,20 m magasból áttekintése legyen.

Az útpálya nagyobb függőleges törései a gépjármű vezetőjének szabad kilátását akadályozzák. A hegyoldalból leguruló követ, csúsztatásnál, vonszolásnál visszamaradt rönk vagy tűzifa darabot nem veszi kellő időben észre és így baleset keletkezhet. A szembejövő gépjárművel való összeütközés veszélye is fennállhat. Ezek az okai annak, hogy az útjaink függőleges pályatöréseit lekerekítő ível egyenlítettük ki. A lekerekítő íveket az esztétika is kívánja.

A forgalom biztonsága megkívánja, hogy a lekerekítő sugár nagysága legalább olyan legyen, hogy a gépjármű vezetője az útburkolat szintjén levő bármely akadályt legalább az u fékút távolságban észrevegyen, abban az esetben, ha látómagassága a pálya felett: $h = 1,20$ m. Mivel a körív lapos, a számításhoz $y = \frac{x^2}{2R}$ körívpótló parabolát alkalmazunk. Ebben az esetben:



2.31-24. ábra. Szabad kilátás ívekben



2.31-26. ábra. Szabad kilátás vertikális ívekben

$$R = \frac{u^2}{2h} = 0,42 u^2.$$

Előnyös, ha a két gépjármű egymást legalább a két fékútnak megfelelő távolságról megláthatja (2.31-26. ábra). Ebben az esetben a látótávolság a két fékút összege és még 10 m biztonsági út, azaz

$$L = u_1 + u_2 + 10 \text{ m, ahol}$$

ha $h=1,2$, a 2.31-26. ábra szerint:

$$(R_1 + h)^2 = R_1^2 + \frac{T^2}{4} \text{ és, ha } L \cong T,$$

$$R_1 = \frac{L^2}{8h} - \frac{h}{2}, \text{ azaz áttérve a parabola képletre:}$$

$$R_1 \cong \frac{L^2}{8h}$$

Példa. Két tehergépkocsi egymással szemben halad 40 km/ó sebességgel, az egyik 4% lejtőben, a másik 7% emelkedőben. Mekkora a lekerekítő ív sugara, ha a féksúrlódás $f = 0,25$:

$$u_1 = 0,28 \cdot 40 + 0,390 \frac{40^2}{100 \cdot 0,25 - 4} = 40 \text{ m}$$

$$u_2 = 0,28 \cdot 40 + 0,39 \frac{40^2}{100 \cdot 0,25 + 7} = 30 \text{ m}$$

$$L = 40 + 30 + 10 = 80 \text{ m}$$

$$R_v = \frac{80^2}{8 \cdot 1,2} = 666 \text{ m,}$$

az alkalmazandó lekerekítő ívsugarat tehát 700 m-ben állapítjuk meg!
(A lekerekítő ívek kialakítását a 2.32 pontban fogjuk ismertetni.)

2.32 Ívkitűzések geometriája

Az erdei utak tervezésénél gyakori feladat, hogy a tengelyvonalat kijelölő egyenesek közé íveket kell kitűzni. Ugyancsak ilyen természetű feladatok jelentkeznek az építés során, ha az íves pályarész burkolatszéleit kell kijelölni. A következőkben az erdészeti gyakorlatban gyakrabban előforduló ívkitűzési feladatokkal ismerkedünk meg.

2.321 Kőrívek kitűzése

A kőrívek kitűzése az ív vázát képező főpontok kitűzésével kezdődik és a részletpontokkal folytatódik.

A kőrívek főpontjai a következők:

Ív eleje, továbbiakban IE

Ív közepe, továbbiakban IK

Ív vége, továbbiakban IV

Az ív eleje az egyik, az ív vége a másik egyenessel való érintkezési pont, míg az ív közepe az ív felében van, ahol a metsző egyenesek szögfelezője az ívet átszeli. Alapadatok a kitűzéshez: az ív középponti szöge: α és az ívsugár: R (2.32-1. ábra).

Az ábrán azzal az esettel találkozunk, amikor $\alpha < 180^\circ$. Az érintő hosszúsága a sarokponttól mérve, az ábra alapján:

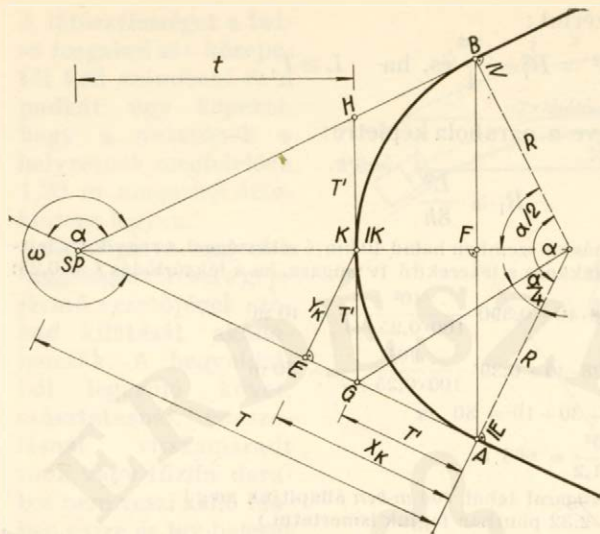
$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (2.32/1)$$

Az ív elejét és végét ennek az érintőnek a sarokponttól való felmérésével tűzhetjük ki.

Az ívközép kitűzésére többféle lehetőség adódik:

a) A sarokpontból kitűzött szögfelezőre mért távolsággal (kis középponti szög esetén előnyös). A szögfelezőre beállítjuk a műszer távcsövét, és a kitűzött irányra felmérjük az ábrából következő képlettel számított értéket:

$$t = R \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right) \quad (2.32/2)$$



2.32-1. ábra. Körtívek főpontjai $\alpha < 180^\circ$ esetén

Hosszabb íveknél gyakran szükséges a tetőponti (IK) érintő kitűzésére. Ennek kitűzése az IE-ből, illetve IV-ből kimért T_k távolsággal történik.

$$AG = GK = KH = HB = T_k = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{4} \quad (2.32/4)$$

A főpontok meghatározása után az ívhosszat számítjuk ki:

$$AB = IH = R \cdot \operatorname{arc} \alpha = R \cdot \frac{\alpha^\circ \cdot \pi}{180^\circ} \quad (2.32/5)$$

Az ívkitűzéshez szükséges 2.32/1-2, 3 és 5 képletben szereplő szögfüggvényeket az α középponti szög függvényében az „Útívkitűző Zsebkönyv” I. táblázatából közvetlenül kivehetjük. A főpontok, illetve ívhossz kiszámítása ezután az adatoknak a sugárral való beszorzására szorítkozik.

Ha a középponti szög $\alpha > 180^\circ$, az előbbi képletek módosulnak (2.32-2 ábra).

Érintőhosszúság: $T =$
 $= R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha'}{2}$, ahol $\alpha' =$
 $= 360 - \alpha$

Az IK kitűzése a szögfelezőről itt nem szokásos.

Derékszögű összrendezővel az érintőről:

$$x_k = R \cdot \sin \cdot \frac{\alpha'}{2}$$

$$y_k = R \left(1 + \cos \frac{\alpha'}{2} \right)$$

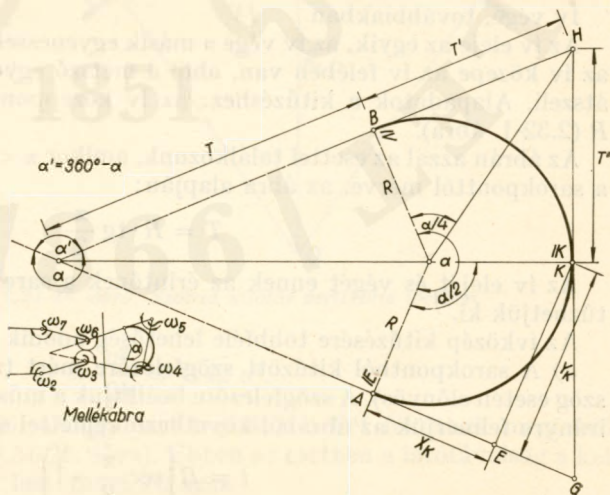
Ugyanis az ábrából:

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{R}{R+t}$$
, ahonnan

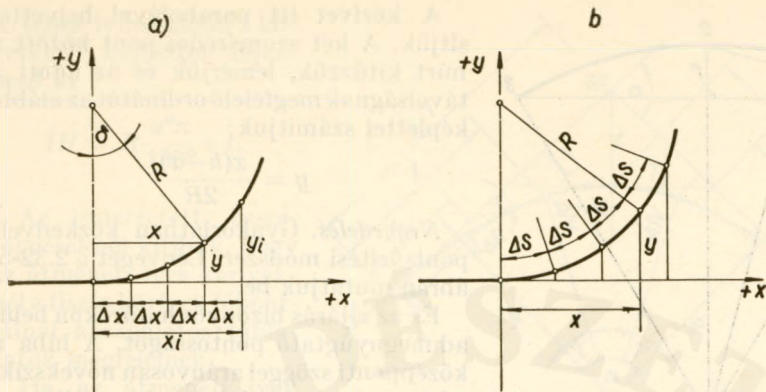
$$\frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \sec \frac{\alpha}{2} = \frac{R+t}{R}$$

b) A sokszögdalról x_k és y_k derékszögű összrendezővel

$$\begin{aligned} AE = AF = x_k &= \\ &= R \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \text{ és } EK = \\ &= FK = y_k = \\ &= R \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) \quad (2.32/3) \end{aligned}$$



2.32-2. ábra. Körtívek főpontjai $\alpha > 180^\circ$ esetén



2.32-3. ábra. Körtörésrészletpontok kitűzése kerek abszcisszákkal (a). Körtörésrészletpontok kitűzése kerek ívhosszakkal (b)

A tetőponti érintő kitűzése az ilyen íveknél a részletpontok kitűzését megkönnyíti

$$T_k = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{4}$$

Az ívhossz kiszámítása a teljes középponti szöggel történik, azaz

$$IH = R \cdot \operatorname{arc} \alpha = R \left(\pi + \frac{\alpha^\circ - 180^\circ}{180^\circ} \pi \right)$$

A körv részletpontokat az érintőről szoktuk kitűzni. Két megoldás szokásos: kerek abszcissza távolsággal vagy kerek ívhosszakkal való kitűzés. Az „Útívkitűző zsebkönyv” a megfelelő adatokat készen tartalmazza a szokásos körv sugarakra.

A számítás menete kerek abszcisszák esetén a 2.32-3a ábra alapján végezhető el:

$$y_n = R - \sqrt{R^2 - x_n^2}$$

A gyakorlat inkább kedveli a kerek ívhosszakkal való kitűzést. A szükséges kitűzési koordinátákat a 2.32-3b ábra alapján a következők szerint számíthatjuk ki:

A kerek ívhosszhoz tartozó középponti szög: $\alpha^\circ = \frac{\rho \cdot b}{R}$, ahol b a kerek ívhossz, pl. 10 m, vagy 15 m.

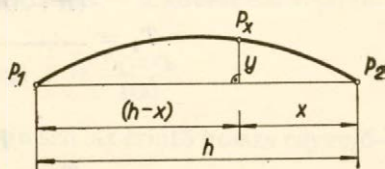
$$x_n = R \cdot \sin n \cdot \alpha^\circ \quad \text{és} \quad y_n = R - \sqrt{R^2 - x_n^2}$$

vagy

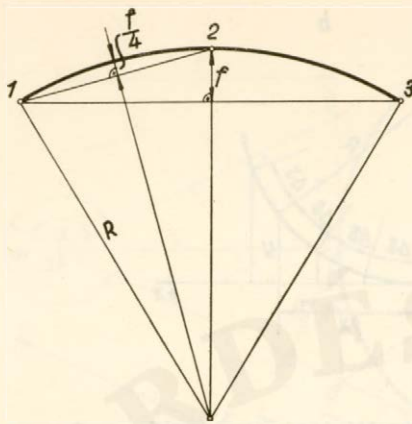
$$y_n = R(1 - \cos n\alpha^\circ)$$

c) Az építés során gyakran szükségessé válik az ismertetett eljárásokkal kitűzött részletpontok sűrítése. A gyakorlat erre a következő eljárásokat használja:

Parabola képlet (2.32-4. ábra)



2.32-4. ábra. Körtörésrészletpontok sűrítése a parabola-képlettel



2.32-5. ábra. Kőrív részletpontok sűrítése negyedeléssel

A kőrívet itt parabolával helyettesítjük. A két szomszédos pont között a hűrt kitűzzük, lemérjük és az adott x távolságnak megfelelő ordinátát az alábbi képlettel számítjuk:

$$y = \frac{x(h-x)}{2R}$$

Negyedelés. Gyakorlatban közkedvelt pontsűrítési módszer. Lényegét a 2.32-5. ábrán mutatjuk be.

Ez az eljárás bizonyos határokon belül ad megnyugtató pontosságot. A hiba a középponti szöggel arányosan növekszik, tehát csak ívpontsűrítésre használjuk az eljárást, amikor már elegendő részletpontot tűztünk ki szabatos eljárással.

2.322 Átmeneti íves kőrívek kitűzése

Az átmeneti íves kőrívek szimmetrikusak vagy aszimmetrikusak aszerint, hogy a be- és kilépő átmeneti ív hossza egyenlő vagy különböző.

Az átmeneti íves kőrívek kitűzéséhez szükséges alapadatok a következők: α középponti szög, R a tiszta kőrív sugara, ΔR az érintő eltolás, x_0 az átmeneti ív felezőpontjának abszciszája és τ az átmeneti pont érintő szöge.

Az átmeneti íves kőrív fő pontjai a következők:

\overline{AE} átmeneti ív eleje

\overline{AV} átmeneti ív vége

K ívközép

Az átmeneti ív eleje és vége a sarokpontból mért érintőhosszal számítható ki (2.32-6. ábra).

Az érintő hosszúsága az alábbi képlettel számítható ki:

$$T = (R + \Delta R) \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + x_0 \quad (2.32/6)$$

Az átmeneti ív vége az X, Y koordinátákkal számítható ki. Az ívközép kitűzésére három módszer használható:

A szögfelezőre mért tetőponti távolsággal való kitűzés, ahol

$$t = (R + \Delta R) \cdot \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right) + \Delta R \quad (2.32/7)$$

Derékszögű összrendezőkkal való kitűzés, ahol

$$x_k = R \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + x_0 \quad \text{és} \quad y_k = R \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) + \Delta R \quad (2.32/8)$$

és a tetőponti érintővel való kitűzés, ahol

$$T_1 = \frac{(R + \Delta R) \cdot \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) - \Delta R}{\sin \frac{\alpha}{2}} + x_0$$

$$T_2 = \frac{R \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) + \Delta R}{\sin \frac{\alpha}{2}}$$

A teljes ívhosszúság a következő képlettel fejezhető ki

$$IH = R \frac{\alpha^\circ \pi}{180^\circ} + L$$

Az ismertett összefüggésekből kitűnik, hogy az átmeneti íves körívek-nél a tiszta körívek főpontjainál használatos táblázatok megfelelnek.

Ha az átmeneti ívek nem egyenlő hosszúak, a két átmeneti ív elejének kitűzéséhez szükséges érintők is különbözők. (Bővebbet az Útívkitűző Zsebkönyvben.)

Az átmeneti ívek részletpontjait az Útívkitűző Zsebkönyvben található szabvány átmeneti ív táblázatokkal tűzzük ki. Ezek a táblázatok bizonyos kerek értékű szabvány paraméterekre készültek (20 m – 1400 m-ig). Ezekben a táblázatokban az átmeneti ív részletpontok koordinátáit kapjuk kerek ívhosszakkal. A táblázat alsó részében a csatlakozó pontok adatait találjuk.

A körív pontok kitűzése a körív eltolási adatainak (x_0 és AR) ismeretében az érintőről történhet.

Ha a középponti szög $\alpha > 180^\circ$, a főpontok kitűzésére használt képletek módosulnak. Így

$$T = (R + AR) \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha'}{2} - x_0 \quad \text{ahol} \quad \alpha' = 360^\circ - \alpha$$

Az ív közepét csak derékszögű összrendezővel vagy tetőponti érintővel tűzhetjük ki, ahol az α szög helyébe α' kerül, illetve a tetőponti érintő egyenletébe a $\cos \frac{\alpha'}{2}$ pozitív előjellel kerül behelyettesítésre.

(Az útívek kitűzésére vonatkozó számpéldákat a gyakorlati „Útmutató” tartalmazza.)

2.323 Lekerekítő ívek kitűzése

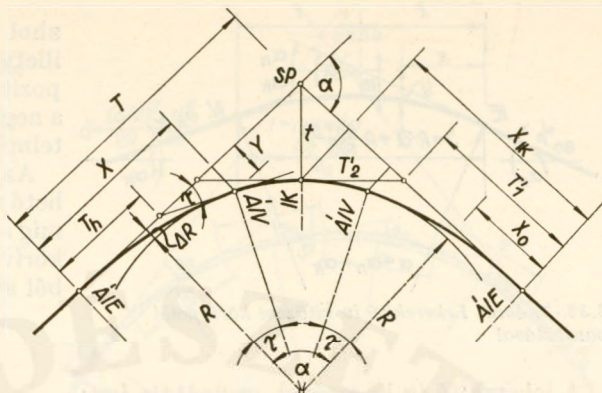
A lekerekítő íveket a pályaszint-magasságok meghatározásával együtt a hosszszelvénybe kell tervezni. A tervezés történhet körívptólló parabolával vagy esésváltoztató módszerrel.

a) *Körívptólló másodfokú parabolával* a 2.32-7. ábra szerint, feltételezve, hogy $\operatorname{tg} \alpha \cong \operatorname{arc} \alpha$ – ami a kisértékű szögek esetén lehetséges – a következő képleteket nyerjük:

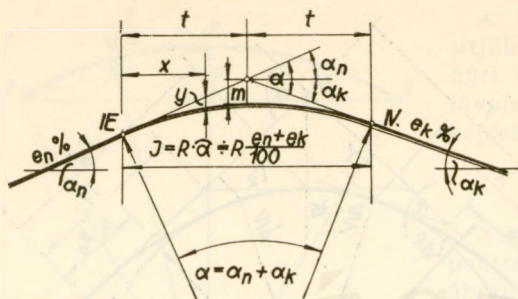
$$Ih = R \cdot \operatorname{arc} \alpha = R \operatorname{arc}(\alpha_n \pm \alpha_k) \cong R \frac{e_n \pm e_k}{100}$$

Mivel, mint mondtuk, kis értékű szögekről van szó, az érintő hossza egyenlőnek vehető vetületével és az ívhosszal, azaz

$$t = \frac{Ih}{2} = \frac{R}{200} (e_n \pm e_k),$$



2.32-6. ábra. Átmeneti íves körívek fő pontjai



2.32-7. ábra. Lekerekítő ív kitűzése körív-pótló parabolával

A lekerekítő ív közepének ordinátája így:

$$m = \frac{t^2}{2R}$$

A pályaszint-magasságok számításánál az y és m mértékeket jó közelítéssel függőlegesnek vehetjük.

b) Az esésváltoztató módszernél az egymástól kis (10–15–20 m) távolságra levő pontok közötti pályaszint esését változtatjuk és ezáltal a körívhez simuló burkolópoligont kapunk (2.32-8. ábra).

Az ábra szerint a lekerekítő ív hosszát n számú a hosszúságú alaphosszra bontjuk, és az emelkedőt, illetve esést minden alaphossz után állandó e_0 -val változtatjuk. Ekkor a szakaszok hatására eső pályaszint-változást azonnal számíthatjuk:

$$\Delta m_1 = \frac{a \cdot e_1}{100},$$

ahol e_1 az i -edik szakasz emelkedője vagy esése.

A körív sugár (R), az alaphossz (a) és az esésváltozás (e_0) között a következő összefüggés írható fel a 2.32-9. ábra alapján

$$a = R \cdot e_0 = R \frac{e_0[\%]}{100} \quad \text{vagy} \quad R = \frac{100a}{e_0}$$

A gyakorlatban használatos R , a és e_0 értékeket a 2.32-I. táblázatban adjuk meg.

Adott esetünkben a két csatlakozó szakasz $e_n[\%]$ és $e_k[\%]$ emelkedő értékéből számítjuk a törésszög százalékát:

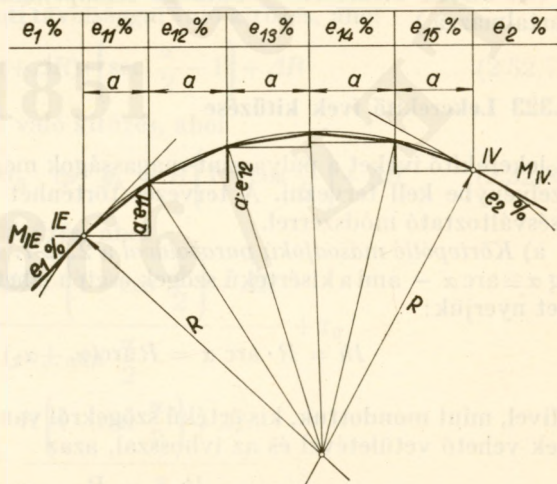
$$e = (e_n \pm e_k)$$

Ekkor az a alaphosszak száma:

$$n = \frac{e - e_0}{e_0}$$

Ekkor a lekerekítés hossza, ill. az érintőhosszság:

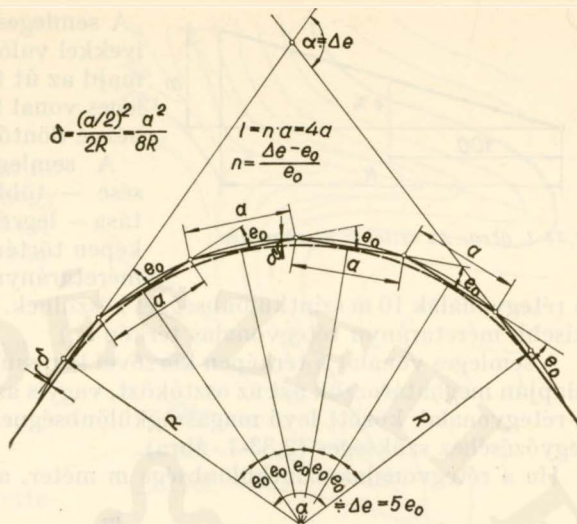
$$l_h = n \cdot a \quad \text{és} \quad t = \frac{n}{2} \cdot a$$



2.32-8. ábra. Lekerekítő ív kitűzése esésváltoztató módszerrel

2.32-1. táblázat. Esésváltoztatási módszer alapértékei

Esésváltoztató módszer alapadatai		
R_m	e_0 [%]	am
1 000	1,0	10
2 000	0,5	10
2 500	0,4	10
<hr/>		
5 000	0,2	10
7 500	0,2	15
10 000	0,1	10
<hr/>		
15 000	0,1	15
20 000	0,1	20
30 000	0,05	15
<hr/>		
40 000	0,05	20
50 000	0,05	25



2.32-9. ábra. Az esésváltoztató módszer kitzési adatainak számítása

Ha a hossz-szelvény töréspont magassága M_t , akkor a lekerekítő ív elejének és végének magassága:

$$M_{ie} = M_t \pm t \frac{e_1 [\%]}{100} \quad \text{és} \quad M_{iv} \pm t \frac{e [\%]}{100}$$

A lekerekítő ív eleje és vége szelvényének és magasságának ismeretében az egyes osztópontok magassága számítható.

2.33 A tervezés végrehajtása és a terműveletek elkészítése

A tervezés végrehajtásának rendje az erdészeti gyakorlat szerint a következő:

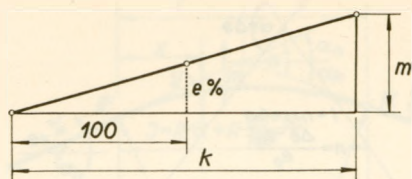
a) *Előkészítő munkák.* A későbbiekben tárgyalt gazdasági szempontok mérlegeléséből, a műszaki lehetőségek számbavételéből állanak. Ha távlati felmérési alapterv van, a vonalvezetés gazdasági szempontjait illetőleg ez az irányadó. Ha ilyen nincs, a gazdasági szempontokat a tervezőnek kell összegyűjtenie és rendszereznie. Ezt egy gazdasági előtanulmány keretében kell elvégeznie. Ezután következik az előrelátható építési költség megbecslése és ennek alapján gazdaságossági számítás elkészítése. Az előkészítő munkák során több lehetőséget kell mérlegelnünk és a gazdaságilag legkedvezőbbet kiválasztanunk.

b) *Műszaki tervezés.* Az erdészeti gyakorlatban a közutaknál szokásos külön bejárásit tervet nem készítik el. Ha bejárás szükséges – pl. az út idegen kezelésű és művelési ágú területeket érint – az építési terv szolgál a bejárás alapjául.

2.331 Az út nyomvonalának kiválasztása és kitzése

Az út nyomvonalának megkeresését és kitzését nyomozásnak, ill. idegen szóval trasszírozásnak nevezzük.

A nyomozás művelete a semleges vonal kitzéséből áll. A semleges vonal határozott emelkedőjű terepvonal. Emelkedője a mértékadó emelkedő adta határon alul szakaszonként változhat, tehát nem szükséges, hogy egész hosszában azonos emelkedővel bírjon.



2.33-1. ábra. Az osztóköz kiszámítása

a rétegvonalak 10 m szintkülönbséggel készülnek. (Természetesen használható kisebb méretarányú rétegvonalas térkép is.)

A semleges vonalat a térképen körzővel keressük fel. A mértékadó emelkedő alapján meghatározzuk azt az osztóközt, vagyis azt a vízszintes hosszát, amely a rétegvonalak között levő magasságkülönbségnek az adott emelkedővel való legyőzéséhez szükséges (2.33-1. ábra).

Ha a rétegvonalak szintkülönbsége m méter, az osztóköz

$$k = 100 \frac{m}{e} \text{ méter} \quad (23/20)$$

Arra való tekintettel, hogy a pályatengely végleges kitűzése során nyomvonalunkat egyenesekkel és szabályos ívekkel helyettesítve megrövidítjük, tehát emelkedőnket ezzel növeljük, szokásos 10%-os biztonsággal dolgozunk, azaz a következő egyenletet használjuk:

$$k' = 110 \frac{m}{e} \quad (23/21)$$

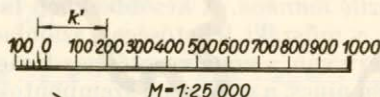
Az osztóközt térképünk méretarányának megfelelően kell átszámítani.

Példa. A térkép $M = 1 : 25\,000$ méretarányú, rétegvonalak szintkülönbsége, $m = 10$ m, $e = 4,5\%$, mekkora az osztóköz? (2.33-2. ábra)

$$k' = 110 \frac{10}{4,5} = \frac{1100}{4,5} = 244 \text{ m,}$$

azaz a megadott méretarányban:

$$k'_{\text{m}} = \frac{244 \cdot 100}{25\,000} = 0,984 \text{ cm lesz.}$$

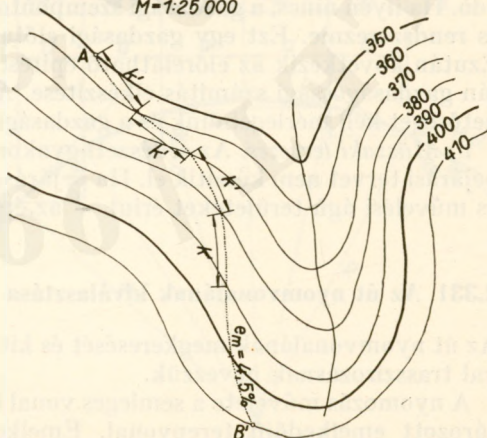


A megállapított osztóközzel a két meghatározott pontot – melyek között az útnak épülni kell – megkíséréljük összekötni, akként, hogy rétegvonalról rétegvonalra „lépünk” át. Ha így nem érnénk az adott pontba, az emelkedő megváltoztatásával kell a vonalat módosítani.

Ha a két pont között a magasságkülönbség és az egymástól való távolság viszonya nagyobb, mint a megengedett emelkedő, a vonalat fejleszteni, megnyújtani kell. Ilyenkor ugyanis, ha a két adott

A semleges vonal egyenesekkel, illetve ívekkel való helyettesítéséből származik majd az út tengelyvonala, tehát a semleges vonal felkeresése az út tervezésére nézve döntő jelentőségű művelet.

A semleges vonal előzetes felkeresése – több lehetőség esetén kiválasztása – legcélszerűbben rétegvonalas térképen történik. Erre a célra az $1 : 25\,000$ méretarányú térképeket használjuk, ahol



2.33-2. ábra. A semleges vonal felkeresése a térképen

m és a két pont távolsága L , az emelkedő:

$$e_1 = \frac{m}{L} \cdot 100$$

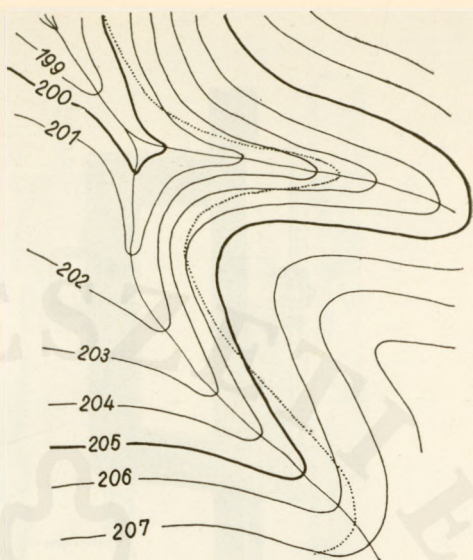
Ha $e_1 > e_m$ -nél, meg kell növelni az L hosszat egy ΔL távolsággal, hogy $e_1 = e_m$ -et nyerjünk. Ez a ΔL távolság az a mérték, amellyel a vonalunkat fejleszteni kell.

$$e_m = \frac{m}{L + \Delta L} \cdot 100, \text{ ahonnan}$$

$$\Delta L = \frac{m}{e_m} \cdot 100 - L$$

$L = \frac{m}{e_1} \cdot 100$ értéket behelyettesítve

$$\Delta L = 100 m \left(\frac{1}{e_m} - \frac{1}{e_1} \right) \quad (23/22)$$



2.33-3. ábra. Vonalfejlesztés mellékvölgybe

A vonalfejlesztés céljaira legjobban a mellékvölgyeket lehet kihasználni. Mellékvölgyek hiányában a vonalal alkalmas helyen megfordulunk és ellenkező irányban haladunk a hegyoldalban. A fordulókra megfelelő helynek kiálkoznak a hegyorrok alatti lankás tereprészek (2.33-3. ábra).

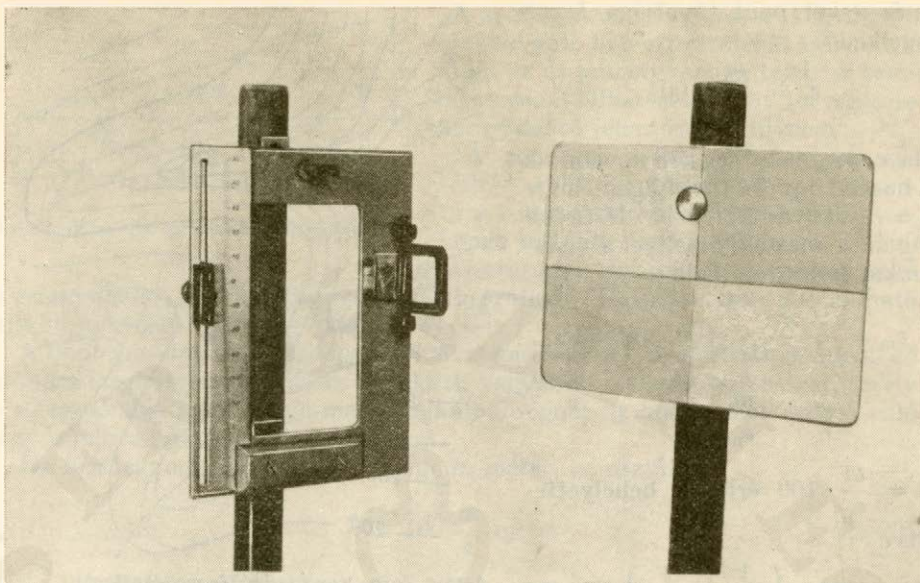
Ha a vonalal vízvázalstón kell áthaladni, első feladatunk, hogy megválasztjuk az átkelőhelyeket. Erre a célra a legalkalmasabbak a nyergek. A nyergen át alacsony töltéssel vagy mély bevágással jó áthaladni, mert a kis bevágás hófúvásveszélyes.

Ha a térképi munka során olyan éles fordulók is mutatkoznak, ahol az emelkedőt a tervezési elemekben megadott szempontok alapján erősen kell majd csökkenteni, ezt a csökkentést a 10%-os biztonság nem fedezi. Ilyen esetben az osztóközött ezen a rövid szakaszon előnyös megnövelni, különösen akkor ha a semleges vonaltól eltérő vonalmeghosszabbítás nem látszik kívánatosnak.

A vonal vezetésére célszerű több megoldást, ún. *variánst* kikeresni, és azok közül – megfelelő tanulmányozás után – a legkedvezőbbet kiválasztani.

Mivel 1 : 25 000 méretarányú térképről a semleges vonalat a terepre átvinni nem lehet, a térképi munka iránymutatása alapján azt a helyszínen is fel kell keresni, és ki kell tűzni. A semleges vonal helyszíni felkeresése az erdészeti gyakorlatban *Boose*-féle lejtűző kerettel vagy *Möller*-féle zseblejtűzővel történik. Sziklás terepen, nagy esésű semleges vonal kitűzésénél libel-lás lécs is használható.

a) A *Boose*-féle lejtűző keret (2.33-4. ábra) voltaképpen egy derékszögű fémkeretből áll, mely alul még fém nehezékekkel van súlyosabbá téve. A függőszett keret hosszabb oldalai függőlegesek. A két függőleges oldal egyikén lószőrrel ellátott kihajlítható dioptra van, a másik oldalon a lejtő százalékának megfelelően nóniuszos állítható nézőke. A nóniusz ‰ pontosságú. A műszer tartozéka még egy vízszintes és egy függőleges vonással négy részre osztott, piros-fehére festett tárcsa, melynek vízszintes középvonala olyan magasságban van egy botra rögzítve, mint a másik botra rögzített keret dioptrájának és a 0 pontra állított nézőkének vonala.



2.33-4. ábra. A Boose-féle lejtűző keret

A műszert használat előtt ellenőrizni kell. Az ellenőrzés a következőképpen történik:

1. Meg kell vizsgálni, hogy az irányozó vonal és a tárcsaközép egyenlő magasságban van-e a terep felett. A vizsgálat a műszer és a tárcsa egymáshoz mérésével történik.

2. Megvizsgáljuk, hogy a nóniusz 0-ra állítása után az irányzó tengely vízszintes-e. A vizsgálat céljaira kijelölünk két pontot. Ezután felállunk a műszerrel az egyik pontban, a másikban a tárcsával és irányzás után leolvassuk a lejtőfokot. Majd a két eszköz helyet cserél és újra elvégezzük a mérést. A két eredménynek ellentétes előjellel egyeznie kell. A helyesbítés az irányzási keretét tartó két csavarral végezhető el.

3. A beosztás pontosságát szintezéssel és hosszméréssel megállapított lejtések megmérésével ellenőrizzük.

A lejtővonal kitűzése a megadott %-ra beállított műszerrel úgy történik, hogy a tárcsát tartó segéd munkást beintjük arra a helyre, ahol a tárcsa vízszintes vonala az irányzó vonalba esik. Ezután a műszerrel átállunk a tárcsa helyébe és a műveletet tovább folytatjuk.

A kitűzött lejtővonalat pontról pontra cövekkel jelöljük meg. A vonal későbbi fellelhetőségére legalább 60–70 cm hosszú és 2,5 cm átmérőjű ágfá cöveket használunk. A cövekről a kérget a felső 10 cm-en lehántjuk, hogy a lágyszárú növényzetből jól kilátsszanak. A lehántott rész egyik felét a felírás részére laposra lefaragjuk. A sorszámozást a haladás irányában végezzük. Minden műszerállás cöveket kap. Jó, ha a cöveket előre elkészítettjük, mert így sok várakozást takaríthatunk meg.

A felkeresett pontok átlagos távolsága 25–30 m legyen. A túl rövid irányzás pontatlan. Ezért, ha sűrűsége áthaladva csak 8–10 m-es irányzások lehetségesek, az áthaladás után kitisztított ösvényen, a megfelelő pontosság elérésére, a lejtővonalat újra tűzzük ki, most már 25–30 m-es irányzásokkal.

A pontok egymástól való távolságát mérőszalaggal lemérjük és feljegyezzük. A hosszúság mellé írjuk a szakasz lejtését is. Ez azért szükséges, mert ha a vonallal a kívánt hely alá vagy fölé érünk, a módosítás értéke kiszámítható.

Például: egy 5 %-os nyomvonalal 880 m hosszúságon 15 m-rel a kívánt pont fölé értünk. Mennyivel csökkentjük a lejtést, ha a pontba akarunk érni?

$$\frac{15}{880} \cdot 100 = 1,7 \%, \text{ vagyis a}$$

következő próbálkozást 3,3 %-ra beállított műszerrel végezzük. Valójában ez a második próbálkozás sem fog teljes pontossággal célra vezetni, mert a megváltozott eséssel együtt a vonal hossza is módosul. Egészen pontos semleges vonalat csak több próbálkozással tűzhetünk ki.

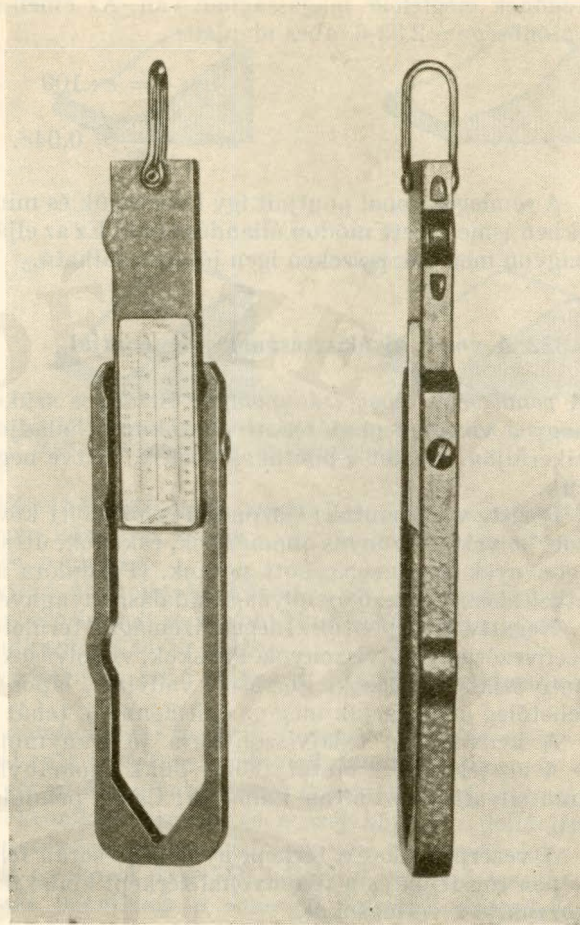
b) *Möller-féle zseblejtűző* a Boose mellett a leginkább használatos műszer. Két ujj közé vagy botra függesztve használható. Saját súlyánál fogva függőlegesre áll be és ekkor a beépített üvegskálán mind a fok, mind a %-os beosztás leolvasható és megirányozható a tárcsa, vagy a segédmunkás kalapjára elhelyezett és előzőleg összemért jel. Ilyenkor természetesen a pontosság kisebb, mint a Boose-é, de hosszabb vonalon a hiba kiegyenlítődik (2.33-5. ábra).

A műszer nagy előnye, hogy kis helyen elfér, könnyen kezelhető és az erdész számára szükséges egyéb lejtőmérések, sőt fmagasságmérések céljára is alkalmas. Alárendelt utak kitéréséhez teljes pontosságot ad. Gyakorlott kézben igen pontos munkát is lehet

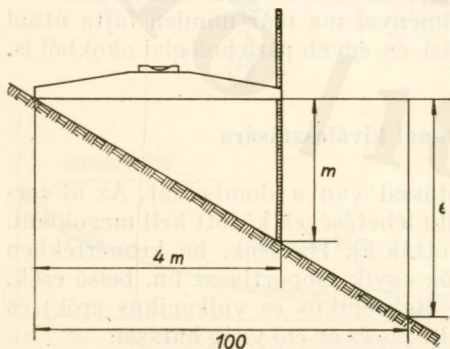
vele végezni. A kitérés menete a *Boose* műszerrel végzett kitéréshez hasonló.

c) A *libellás lécc* a geodéziából ismeretes, de lehetőleg könnyű kivitelű, 4 m hosszú lécc, közepén ráhelyezhető libellával. A vízszintező lécc tartozéka egy 2–3 m hosszú centiméteres beosztású mérőlécc. (Ezt a léckeretet mind a tervezésnél, mind a kivitelezés kitérés munkáinál gyakran használjuk.)

A semleges vonal felkeresése akként történik, hogy a lécc egyik végét a kiindulási pontra helyezve a léccet addig mozgatjuk, míg a lécc másik vége a terep felett éppen az emel-



2.33-5. ábra. A Möller-féle zseblejtűző



2.33-6. ábra. Semleges vonal felkeresése libellás léccel

kedőnek megfelelő magasságban van. Az emelkedőnek megfelelő magasság különbsége a 2.33-6. ábra alapján:

$$m : 4 = e : 100$$
$$m = \frac{4 \cdot e}{100} = 0,04e.$$

A semleges vonal pontjait így kikeressük és minden 3–5. pontot a későbbiekben ismertetett módon állandósítunk. Ez az eljárás igen fedett terepen vagy nagyon meredek részekén igen jól használható.

2.332 A vonal kiválasztásának szempontjai

A vonal vezér- vagy iránypontjai. Bizonyos szükségszerűségek megkövetelik, hogy a vonal meghatározott pontokon áthaladjon vagy bizonyos pontokat kikerüljön. Ezeket a pontokat pozitív, illetve negatív vezérpontoknak nevezzük.

Pozitív vezérpontok: Gazdasági célok előírt követelményei által meghatározott helyek. (Bizonyos állományok, rakodók, útsatlakozások.) Műszaki követelmények által megszabott pontok. (Fordulóra alkalmas helyek, nyergek az átkeléshez, kedvező vízfolyás-áthidalás, anyagnyerő helyek stb.)

Negatív vezérpontok: Idegen üzemágak területe. Csúszós, suvadásos részek. Kedvezőtlen talajviszonyok. Patakok, vízfolyások árvízszintje. Nehezen átvágható sziklakibúvások. Forrásos, vadvizes, lápos terület. Az ivóvízforrásokat lehetőleg ne zavarjuk meg az építménnyel, tehát ezek is kerülendők.

A kedvezőtlen talajviszonyokra jó iránymutatóul szolgál a növényzet.

A víz jelenlétére mutat: Tölgy-bükk állományban gyertyán foltok. *Equisetum silvaticum*; *Caltha Palustris*; *Carex pendula*; *Molinia coerulea*; *Juncus* stb.

A vezérpontokat a térképi nyomozás során felkeressük, azok helyét a térképen rögzítjük és a nyomvonal térképi kialakításával már ezek szerint dolgozzuk ki a variánsokat.

A vezérpontok helyének meghatározásánál jó szolgálatot tesz a geodéziából ismert barometrikus magasságmérés.

A vonalvezetésnél ügyeljünk, hogy a tájat ne zavarjuk nagy földművekkel, bevágásokkal és töltésekkel. A műtárgyak a környezet hangulatához alkalmazkodjanak. Kulturális emlékeket, természetvédelmi területeket, értékes állományrészeket ne zavarjunk meg. Ne felejtjük el, hogy útépítő tevékenységünk közben is erdészek vagyunk, akiket az erdő és a természet szeretete jellemezzен. A tervezés esztétikai követelményei ma már minden fajta útnál szem előtt tartandók, már balesetelhárítási és egyéb pszichológiai okokból is.

2.333 A terepalakulatok hatása a nyomvonal kiválasztására

Az útvonal elhelyezésére legnagyobb hatással van a domborzat. Az út tervezőjének feladatát a terepalakulatok adta lehetőségek között kell megoldani.

A domborzatot a geológiai erők alakították ki. Hatásuk, ha kismértékben is, állandóan érvényesül. A geológiai erők egyik csoportja az ún. belső erők, azok, melyek a föld belsejéből erednek (tektonikus és vulkanikus erők) és külső erők: a víz, a szél, a hőmérsékletváltozás és az élő világ hatásai.

A következőkben az úttervezés és építés szempontjából fontos terepalakulatokat foglaljuk össze.

Síkságok területe mélyebben van, mint a környezet legnagyobb része és abszolút magasságuk nem jelentős, míg a fennsík olyan sík területek, melyek környezetükénél magasabban fekszenek. A síkságokon a kis lejtőszög miatt a víz levezetése okoz gondot az út tervezőjének.

Hegy-, ill. domboldalak különféle alakulatúak lehetnek. A normális lejtőjű oldal felül domború, alul homorú és a két vonal inflexiójában legmeredekebb (2.33-7a ábra). A lepusztulás azonos állapotában a keményebb kőzetből álló lejtő meredekebb. Ha az inflexió vonal a lejtő felső részéhez van közelebb, homorú, ha az alsóhoz, domború lejtőről beszélünk (2.33-7b és c ábrák).

A homorú lejtőnél a hegytető állékonyabb kőzetből áll, míg a domború lejtőnél a lejtő alján alámosás, erózió volt nagyobb. Ha a lejtő alján a lepusztulás nagy, egyenes lejtő keletkezik (2.33-7d ábra).

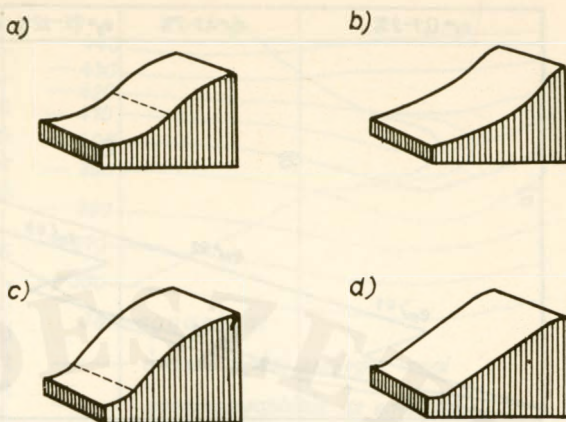
Ha a kőzet egyenletes, a vízfolyások felső szakaszai általában egyenes lejtőűek.

A völgyek két hegy vagy domboldallal határolt hosszasan elnyúló mélyedések. A völgyet esése irányában a vízfolyás mindig erodálja. Ugyanannak a völgynek lehetnek szélesebb részei és szűkebb részei (szurdokok). A völgyek eredetükre nézve lehetnek tektonikus, eróziós és a szél hatására deflációs völgyek. Mivel a völgyek alján minden esetben vízfolyás van, a völgyek alakulására az erózió mindig hatást gyakorol. Legtöbb völgyünk erdővidégeinken eróziós eredetű, bár problémát jelentenek a somogyi deflációs völgyek is, melyek a löszhátakat fogják közre.

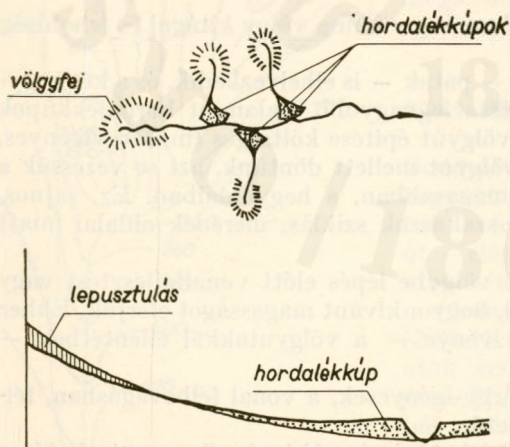
Eróziós völgyeink felső részei – a völgyfők – meredekebbek, majd az esés folytonosan csökken. A hordaléktermelés (lepusztulás) a völgyfőkben a legnagyobb, majd állandóan csökken és a völgy torkolatához közeledve megindul a hordalék lerakása és ún. hordalékkúpok keletkeznek (2.33-8. ábra).

A víz eróziója a mészkőben gyakran nem vág völgyeket, hanem a repedésekbe behatolva üreget váj. Az üregek beszakadása után szurdokok vagy lefolyástalan mélyedések, dolinák (teberek) keletkeznek.

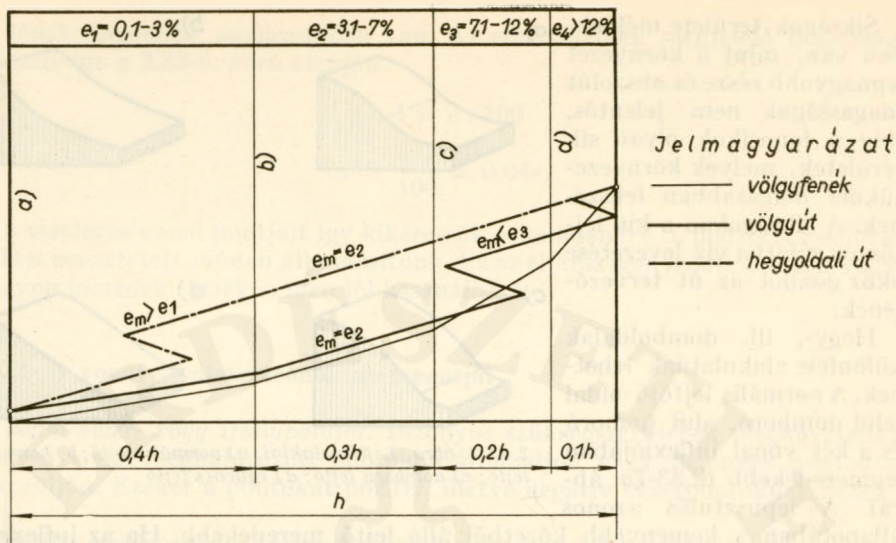
Aszerint, hogy az utunkat a völgyben vagy a hegyoldalon vezetjük, völgy-, ill. hegyoldali utakról beszélünk. Mint már mondtuk, eróziós völgyeink hossz-szelvénye homorú és a völgyfő köze-



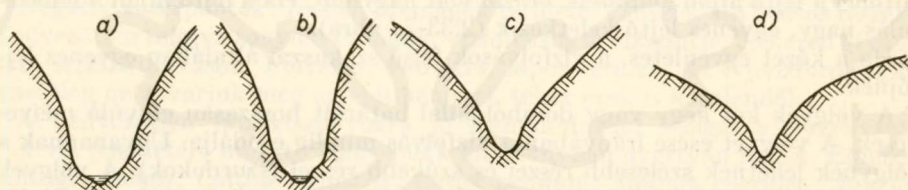
2.33-7. ábra. Lejtők alakjai: a) normális lejtő; b) homorú lejtő; c) domború lejtő; d) egyenes lejtő



2.33-8. ábra. Hordalék elhelyezkedése eróziós völgyben. Fent: Lepusztulás és hordalékkúpok elhelyezkedése. Lent: Eróziós völgy hossz-szelvénye



KERESZTMETSZETEK



2.33-9. ábra. Völgyút és hegyoldali út vonalvezetésének összehasonlítása hegyvidéki erdeink jellegzetes erősi völgyjeiben. a), b), c), d) keresztmetszetek a völgy jellegzetes pontjaiban

lében esése meghaladja az utunk számára megengedhető mértéket, ezért a nyomozás során valahol mindenképpen el kell hagynunk a völgyfeneket (2.33-9. ábra).

Ez annál is könnyebb, mert felső szakaszaiban a völgy kitágul és lehetőség nyílik a vonal kifejlesztésére.

Mivel a völgyfenéken a vízfolyás – patak – is elhelyezkedik, és a két hegyoldalból lezúduló víz mennyisége is a legnagyobb, valamint hordalékkúpok keresztvezésével is kell számolni, a völgyút építése költséges (műtárgyigényes, földmozgatás igényes). Ezért, ha völgyút mellett döntünk, azt se vezessük a völgy fenekén, hanem valamivel magasabban, a hegyoldalban. Ez, sajnos, nem mindenütt lehetséges az alsó szakaszok sziklás, meredek oldalai miatt (domború lejtők!).

A hegyoldali út kialakításánál a völgybe lépés előtt vonalfejlesztést vagy nagyobb emelkedőt kell alkalmazni, hogy a kívánt magasságot elérjük. Ehhez képest a hegyoldali utak hossz-szelvénye – a völgyutakkal ellentétben – domború.

A hegyoldali utak kevésbé műtárgy-igényesek, a vonal félbevágásban, fél-töltésben (vegyes szelvény) vezethető.

A vonal fejlesztésére a következő lehetőségek adódnak: *Szerpentinek*. Ha a hegyoldalon levő két vezérpont között a megengedett emelkedővel nem tudunk vonalat kialakítani, hegyoldali szerpentinek építése jöhet szóba. A fordulók

céljaira a hegyoldal lankásabb részeit keressük ki, ahol a forduló nagy töltés, illetve bevágás nélkül kiképezhető. Igen alkalmasak erre egyes terepelyek, ahol a megfordulás sokszor kis földmozgatással lehetséges (2.33-10. ábra).

A szerpentinek ne kövessék egymást gyors egymásutánban, mert akkor a közbeeső erdősávok művelése akadályt szenved és a kétoldalt erősen megnyitott állományok mikroklímája kárt szenved, valamint a vízgazdálkodást zavaró földmozgatás káros következményei erősen érvényesülnek.

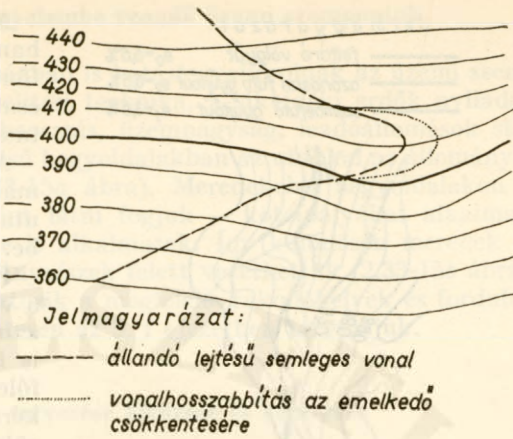
A hegyoldali vagy akár völgyutaknál a gyakorlatlan tervező gyakran elköveti azt a hibát, hogy a vonal végén adódó szintkülönbséget hirtelen, több szerpentinrel kívánja legyőzni, ahelyett, hogy azt elosztaná a vonalon.

Átlós felkapaszkodás. Ahol szerpentinek kialakítására mód nincs, ott a hegyoldalt egyetlen átlós vonallal törjük át. Ilyen átlós felkapaszkodást alkalmazunk a fennsíkok feltárásánál, ahol a fennsík szélének a belépésre alkalmas pontját kötjük be egy átlóval a völgyútba.

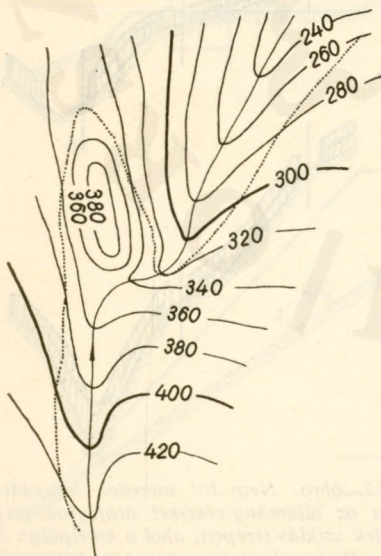
A völgyfordulók. Ha a völgyútnál a völgyfenék már túl meredek (2.33-9. ábra), a vonalat a mellékvölgyekben megfelelő fordulókkal meghosszabbítjuk. Így a mellékvölgyekben hosszúságot nyerünk, és visszatérhetünk a fővölgybe.

Ezt a vonafejlesztést a hegyoldali utaknál akkor is alkalmazzuk, ha nagyobb áthidalások elkerülése végett betérünk az oldalvölgybe, és ott keresünk alkalmasabb helyet a továbbhaladásra.

A hegyoldali fordulók. Ha a vonalfejlesztéshez elegendő oldalvölgy nem áll rendelkezésre, a völgyből kilépve a hegyoldalban való megfordulás után térünk oda ismét vissza (2.33-11. ábra). Így egyszer megfordulunk a fővölgyben magában, és egyszer a hegyoldalban.



2.33-10. ábra Hegyoldali szerpentin



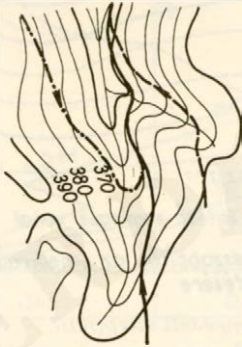
2.33-11. ábra. Hegyoldali forduló

2.334 Elágazó utak tervezése

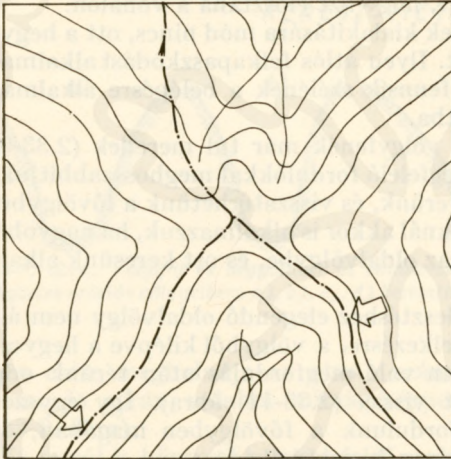
Gondoskodni kell a völgyre hajló mindkét hegyoldal feltárásáról. Ezért a főútvonalból – legyen az völgyút vagy hegyoldali út – elágazásokat kell kivezetni. A kiágazó utak kétfélek lehetnek: a főútvonallal azonos irányban vagy vele szemben futó utak (2.33-12. ábra). Az azonos irányban futó utak szállítási iránya megegyezik a főútéval. Ha tehát azt – egy magasabb szintből – el kívánjuk érni, a főútnál nagyobb esést kell alkalmazni. Nagyon nagy esésű főútvonalaknál éppen ezért nem alkalmazhatók.

Jelmagyarázat:

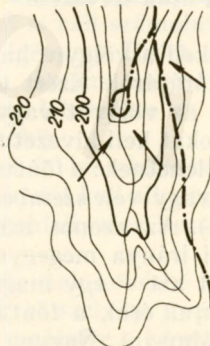
- feltárási völgyút $e_0=5,6\%$
- azonosan futó gyűjtőtűt $e_2=6,6\%$
- · — · szembefutó gyűjtőtűt $e_1=3,5\%$



2.33-12. ábra. Hegyoldalak feltárása kiágazó utakkal



2.33-13. ábra. Hegyoldalak feltárása a vízválasztón át ellenirányú völgyeknél



2.33-14. ábra. A völgyek fenekén kis esésű út-elágazással rakodó alakítható

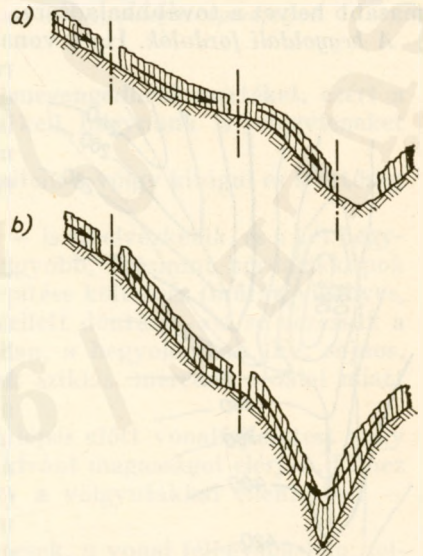
A szembe futó utak kis eséssel is hamar elérik az állandóan emelkedő főutat, nehézséget jelent azonban a csatlakozásuk, mely irányváltoztatással jár.

A két rendszert együtt is alkalmazhatjuk úgy, hogy a párhuzamos utakat szembe futó utakkal kötjük be.

Feltáratlan völgyek hegyoldalait a vízválasztón át a jól feltárt párhuzamos vagy akár ellenirányú völgybe is bekapcsolhatjuk. Ez a megoldás főleg akkor jön számításba, ha a kérdéses völgy aránylag kis erdőterülete, vagy a völgy torkolatának a közforgalmú szállítóberendezéstől való nagy távolsága miatt a völgy önálló feltárása gazdaságtalan. Ilyen feltárásnál ellenemelkedő is használható.

Ez az eset akkor is, ha az építési viszonyok nem kedvezőek (2.33-13. ábra).

Ha a völgyutunk nem halad a völgyfenéken, a völgyfenék anyagának összegyűjtésére leágazásokat alakítunk ki (2.33-14. ábra).



2.33-15. ábra. Nem túl meredek hegyoldalakban az állomány-részeket aláfogjuk (a). Meredek sziklás terepen, ahol a kötélpályát és csőrlőt alkalmazhatók, az utakat a feltárandó állomány felett vezetjük (b)

2.335 A vonal kiválasztásánál figyelembe veendő üzemi szempontok

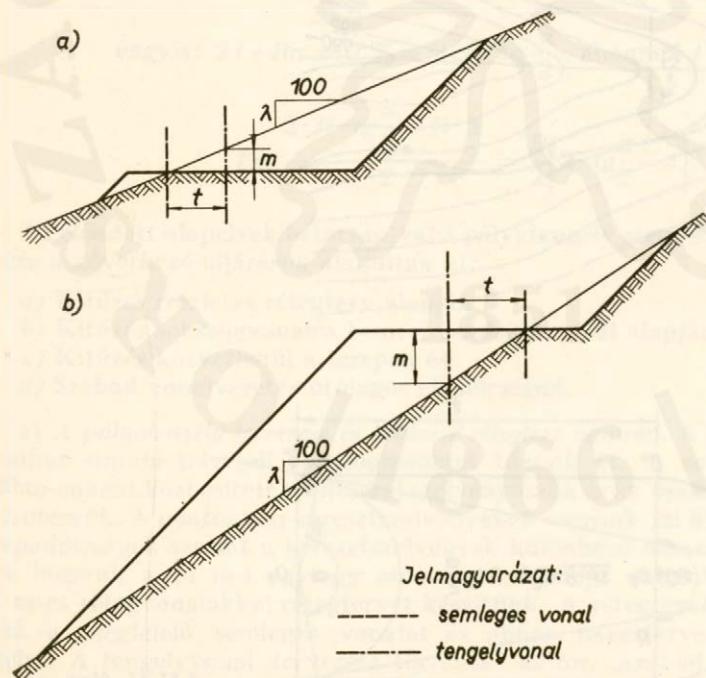
Az útvonal vezetésére általánosságban is hatást gyakorolnak az üzemi szempontok, így az alkalmazott közelítési technika, a síkvidéki erdők nyiladék hálózata, a meglévő gazdasági beosztás, üzemmagyság, leadóállomások stb. Nem túl meredek, 5–15%-os esésű hegyoldalokban az utakkal az állományokat általában „aláfogjuk” (2.33-15a ábra). Meredekebb hegyoldalon a modern közelítéstechnika – mint látni fogjuk – kötélpályákat alkalmaz, melyek a felfelé való közelítésre is alkalmasak. Így különösen meredek és sziklás terepen az utat az állományrészek felett vezethetjük (2.33-15b ábra).

Az üzemi szempontok közé tartozik a megfelelő rakodóhelyek és fordulók biztosítása is. Mindezeket részletesen az 5. fejezetben tárgyaljuk.

2.336 A pálya tengelyvonalának tervezése kitézése és bemérése

A felkeresett és a terepen kitézött semleges vonalat – az ismert elemekből álló (egyenes, kör, átmeneti ívek) és hozzá simuló vonallal helyettesítjük. Ez a vonal lesz az út tengelyvonala. Minél alacsonyabb rendű útról van szó, annál jobban alkalmazkodunk a semleges vonal alakjához.

A tervezési elemek kiválasztásánál az ismertetett szabályok szerint járunk el. Mivel az út lejtését már a semleges vonal lejtésével meg kívántuk szabni, az út tengelyvonalának a semleges vonaltól való eltérése – a tervezett lejtviszonyok betartásával – töltéssel, illetve bevágással jár. Ha a tengelyvonal a semleges vonaltól a hegy irányában tér el, bevágás, ha a völgy felé, töltés jelentkezik majd a pályatengelyben (2.33-16. ábra).



2.33-16. ábra. A semleges vonaltól való eltérés a hegy felé bevágást (a), a völgy felé töltést eredményez (b)

A semleges vonalak és a tengelyvonalak egymástól való távolságából (t), ha a terephajlás ($\lambda\%$) ismeretes, a töltés, illetve bevágás mértéke meghatározható.

Nevezetesen:

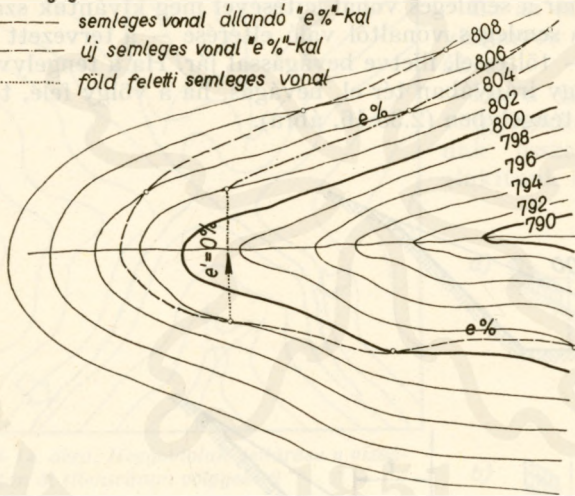
$$\pm m = t \frac{\lambda}{100}$$

A tengelyvonal kitűzése (tervezése) mindig a semleges vonalhoz simuló sokszögvonal kitűzésével kezdődik. Ebbe a sokszögvonalba tervezzük bele a semleges vonal íves részeihez alkalmazkodó kör-, illetve átmeneti íveket. Az ívek kiválasztása — a minimálisan szükséges középponti szög figyelembevételével — ívvonalzókkal vagy számítással történik. A számításnál az adódó érintőhosszból, illetve tetőponttávolságból és a középponti szögből visszszámíthatjuk a szükséges sugarakat.

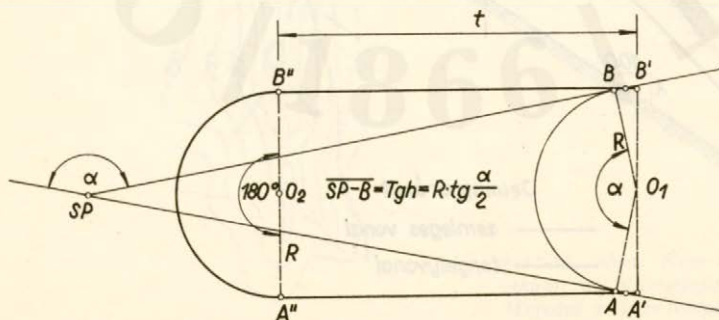
A hegyoldali utak akkor előnyösekek, ha az útpályának nagyobb része nőtt talajon fekszik. Általában a megkívánt nőtt talaj legalább $\frac{2}{3}$ -ad koronaszélesség. Ha a terepesés 45% , ez a mértékszám $\frac{3}{4}$ legyen, 65% -on felül pedig kívánatos a teljes bevágás. A kikerülő anyagot oldalt deponáljuk.

Jelmagyarázat:

- semleges vonal állandó "e%"-kal
- - - - új semleges vonal "e%"-kal
- föld feletti semleges vonal



2.33-17. ábra. Terep feletti semleges vonalvezetés az ívben keletkező emelkedő csökkentésére



2.33-18. ábra. Ívkitolós számítása

A völgy vagy hegyoldali fordulók esetén gyakran kis sugarú ívek beiktatása válik szükségessé. Ilyenkor a szabályok szerint a pályaesést mérsékelni kell (lásd 2.312. pont). Az ilyen mérséklés az osztóköznél, illetve kitűzésnél figyelembe vett 10%-os rátartásban nincs számításba véve, ezért ilyen helyen a semleges vonalat az árok felett vagy hegyorron keresztül „dobjuk” (2.33–17. ábra), ezzel az emelkedő mérséklését eleve biztosítani tudjuk. Az ilyen semleges vonalat föld feletti vagy terep feletti, illetve alatti semleges vonalnak is szokás nevezni.

Ha a burkoló (simuló) sokszögvonaltól által bezárt szög igen kicsi, illetve a középponti szög (α) igen nagy, és a behelyezett ív a semleges vonalat igen meg rövidíti, az emelkedőt az ívek kitolásával is csökkenthetjük. Az ívkitolás mértékét a 2.33-18. ábra alapján számíthatjuk ki.

A számítás közelítő pontosságú lesz, mert az A és az A' pont nem esik teljesen egybe.

Mértékadó emelkedő e [%], legkisebb kanyarulati sugár: R_m , A és B közötti szintkülönbség: m

$$\frac{m}{2T} = \frac{e}{100} \text{ és } \frac{m}{R \cdot \alpha} = \frac{e'}{100} ; e' > e, \text{ ezért tehát az ívet } t \text{ távol-}$$

sággal eltoljuk. Ebben az esetben t távolságnak akkorának kell lennie, hogy a vonal emelkedője e maradjon, vagyis:

$$\frac{m}{2t + R \cdot \pi} = \frac{e}{100} ; \text{ innen } m = \frac{e}{100} \cdot (2t + R\pi), \text{ de}$$

$$m = 2T \frac{e}{100},$$

vagyis: $2t + R\pi = 2T = 2 \cdot R \cdot \text{tg} \frac{\alpha}{2}$, ahonnan t értéke:

$$t = \frac{2 \cdot R \cdot \text{tg} \frac{\alpha}{2} - R \cdot \pi}{2} = \frac{R}{2} \left(2 \cdot \text{tg} \frac{\alpha}{2} - \pi \right)$$

Az előadott alapelvek betartásával a pályatengely megtervezésére és kitűzésére a következő eljárások alakultak ki:

- a) Kitűzés részletes rétegterv alapján.
- b) Kitűzés sokszögvonaltól bemért semleges vonal alapján.
- c) Kitűzés közvetlenül a terepen és
- d) Szabad vonalvezetés utólagos ellenőrzéssel.

a) *A pályatengely tervezése és kitűzése rétegterv alapján.* A kész semleges vonalhoz simuló felvételi sokszögmenetet tűzünk ki. A sokszögmenetet kb. 20 m-enként közbesített pontokkal szelvényezzük és az összes kitűzött pontot szintezzük. A pontokban keresztjelvényeket veszünk fel libellás léccel. A terepadottságok szerint a keresztjelvények különböző hosszúságúak lehetnek, de hosszuk a 24 m-t egy-egy oldalon ne haladja meg. A felvétel alapján 1 m-es rétegvonalakkal rétegtervet készítünk. A rétegtervben megszerkesztjük a megfelelő semleges vonalat és ahhoz hozzátérvezük a pályatengelyt. A tengelyvonal tervezése történhet az ún. „szabad vonalvezetéssel”, amely abban áll, hogy a vízszintes és magassági vonalvezetés összhangjának biztosítására és a terepalakulat kedvező kihasználására való tekintettel először próbálkozással, szabadkézzel, fedőpauszon puha írónnal berajzoljuk a vonalat.

Az így berajzolt vonalat, amely a semleges vonalat veszi irányadóul, geometriai alapelemekre bontjuk, azaz egyenesre, körívre, átmeneti ívre. Ezt az eljárást igen jól fel lehet használni, ha átmeneti ívekkel tervezünk, amelyek igen jól hozzáilleszthetők a szabad vonalhoz. Az így kialakított vonal sokszögmenetét a felvételi sokszöghöz merevítve a terepen kitűzzük és a felvett pályaelemeket beleszelvényezzük. Ez az eljárás a rétegterv elkészítése miatt igen hosszadalmas, alkalmazása azonban igen gondos tervezést biztosít. Olyan építmények tervezésénél kell alkalmazni, amelyek kivitele valamely oknál fogva különös gondosságot kíván.

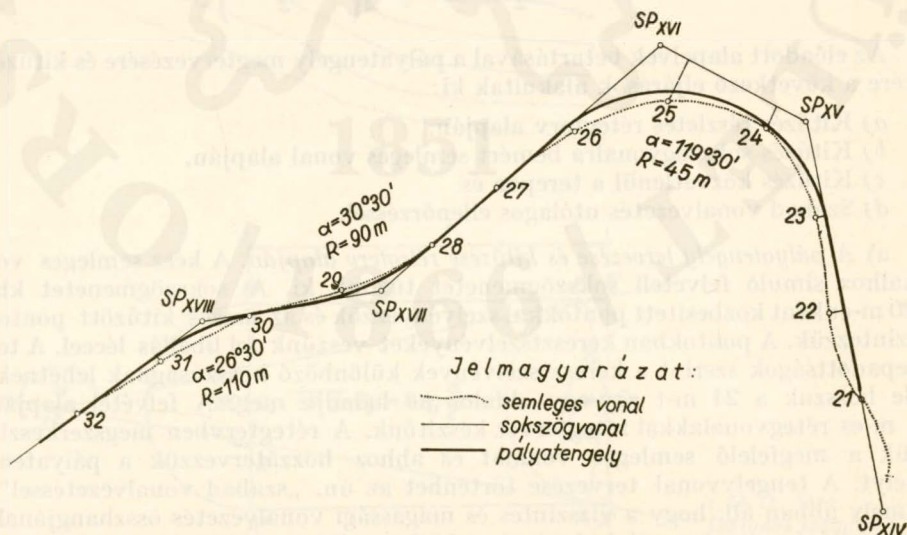
b) *A pálya tervezése és kitűzése a sokszögvonatra bemért semleges vonal alapján* az erdei feltáróutak tervezésénél leginkább használt eljárás. Menete a következő: A terepen kitűzzük a semleges vonalhoz simuló sokszögmenetet, lehetőleg már úgy, hogy legjobb megítélésünk szerint a tengelyvonal sokszögmenete legyen. A sokszögvonalat bemérjük és a mérésnél a semleges vonal pontjait $\pm 0,10$ m pontossággal rávetítjük a vonalra. Az így bemért vonalat a semleges vonallal együtt felhordjuk, és a semleges vonal figyelembevételével betervezzük az íveket és szükség esetén kijelöljük a sokszögvonalon végrehajtandó módosításokat is. A módosításokat az eredeti sokszögmenetre merevítve a terepen is végrehajtjuk, majd a tervezett ívekkel együtt a pályát szelvényezzük. Az eljárás kevés belső munkával kielégítő pontosságot biztosít (2.33-19. ábra).

c) *A pályatengely tervezése közvetlenül a terepen.* Síkvidék jellegű terep, vagy alacsonyabb rendű létesítmények esetein a tengelyvonalat rajzi szerkesztés nélkül a semlegesvonal alapulvételével közvetlenül a terepen is kitűzhetjük. Mivel az ívek megválasztása is ugyanakkor a terepen történik.

d) *Szabad vonalvezetés utólagos ellenőrzéssel.* Alárendeltebb utakon a semleges vonalat vesszük alapvonalnak és a földmunkát a terep hajlásától függően úgy végezzük, hogy a földmű $\frac{2}{3} - \frac{3}{3}$ -ig nőtt talajon feküdjék. A kész földmunkát utólag ellenőrizzük és szükség szerint módosítjuk. Az ellenőrzés menete a következő:

Meggyőződünk, megvan-e az üzemhez szükséges legkisebb ívsugar.

Ellenőrizzük, biztosítva van-e az átmenethez és így a szélesítés kifuttatásához szükséges minimális ívhosszúság.



116 2.33-19. ábra. A bemért semleges vonalhoz igazodva kiválasztjuk a megfelelő köríveket

Az ívsugár meghatározása a húr és a hozzátartozó ívmagasság alapján történik (2.33-20. ábra).

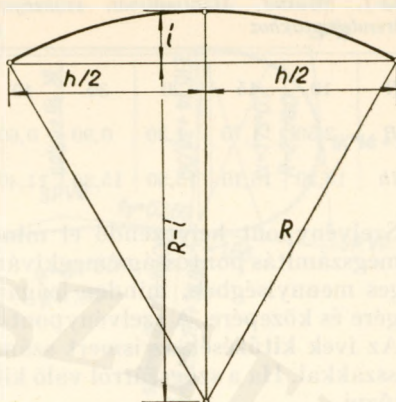
Az ábra alapján:

$$R^2 = (R-i)^2 + \frac{h^2}{4}, \text{ ahonnan}$$

$$R = \frac{i}{2} + \frac{h^2}{8i}.$$

i kis érték elhagyásával a gyakorlat számára még elegendő pontosságú értéket kapunk. Így

$$R = \frac{h^2}{8i} \quad (23/23)$$



2.33-20. ábra. Ívsugár meghatározása

Példa. $i = 0,52$ m és $h = 10$ m, keresendő az ívsugár

$$R = \frac{100}{8 \cdot 0,52} = 24 \text{ méter.}$$

Alárendelt útjainknál 3,00 m pályaszélesség mellett a sugaraknak megfelelő ívhosszakot és szélesítéseket a 2.33-I. táblázatban adjuk meg.

Ha tehát a meghatározott sugarú ívek hosszát vászonmérőszalaggal – legrosszabb esetben lépéssel – megmérjük, az ellenőrzést a táblázat alapján könnyen elvégezzük. Az ellenőrzést elég a kis sugarú (60–80 m-en aluli) íveknél elvégezni.

Az ilyen tervezési eljárásnál is célszerű az élesebb fordulók, kisebb sugarú ívek szabatos kitézése. A kitézött sokszögvonalat ezután teodolittal és acél mérőszalaggal bemérjük. A sokszögmérést rendes és áthajtott távcsővel, a hosszmerést oda-vissza végezzük. A mérési adatokat jegyzőkönyvbe kell bejegyezni. A jegyzőkönyvből a haladási irányban a bal oldali szöget számítjuk. Erre azért van szükség, hogy a méréseket később az erdőrendezés geodéziai célokra felhasználhassa, továbbá a központi szögek közvetlen mérése az irányt illetőleg tévedésekre adhat okot. Hosszmérésnél a megengedett hiba: $H/1000$.

Alárendeltebb utak tervezésénél megelégedhetünk a középponti szög közvetlen mérésével, egyszeri távcsőállás mellett. A mérés úgy történik, hogy a rendes távcsőállás mellett végzett előreirányzástól levonjuk az áthajtott távcsővel végzett hátrairányzást. A hosszat elég egyszer mérni és a szelvényezésnél ellenőrizni.

A szelvényezés a megadott pályaelemek szerint kialakított tengelyvonal számozása, jelölése, majd állandósítása. A szelvénypontok jele a pályaelem minőségére vonatkozik, míg a szám a pontnak a kezdőponttól való távolságát jelenti.

Egyenesnél: E betű vagy jel nélkül

Körívnél: $I E$ ív eleje
 $I K$ közepe
 $I P$ ív pont
 $I V$ ív vége

Átmeneti ívnél: AIE átmeneti ív eleje
 AIP átmeneti ív pont
 AIV átmeneti ív vége

<i>R</i>	10	15	20	30	40	60	80
<i>B</i>	2,50	1,70	1,30	0,90	0,60	0,40	0,30
<i>Ih</i>	18,20	16,10	15,50	15,30	14,40	14,00	14,00

A számozásnál előre kerülnek a hektométerszámok, utána + jellel a méter és tizedrészei. (Pl. 12+37,60, ami azt jelenti, hogy a pont a vonal kezdőpontjától 1237 méter és 60 cm távol van.)

Szelvényt pont helyezendő el minden olyan terepváltozáshoz, ahol a földtömegszámítás pontossága megkívánja, minden műtárgyhoz a kitűzéshez szükséges mennyiségben, minden leágazáshoz, csatlakozáshoz, minden ív elejére, végére és középre. A szelvényt pontok száma legalább 70 legyen km-enként.

Az ívek kitűzését az ismert számításokkal végezzük, lehetőleg egyenlő ívhosszakkal. Ha a szögszárról való kitűzés nem lehetséges, jó a tetőponti érintőt kitűzni.

Annyi ívpontot tűzzünk ki, hogy építés során az ív helyreállítható legyen.

A szelvényezést a következőképpen végezzük el: A számozást az útpálya kezdőpontjától (a másik útból vagy rakodóból vagy elágazástól) kezdjük. Elsőnek az ív fő pontjait tűzzük ki. A kitűzéshez szükséges adatokat a bemért sokszögvonal adatai alapján irodában is kiszámíthatjuk.

A két szomszédos ív eleje, illetve vége közti távolságot, azaz a közbeeső egyenes hosszát nyerjük, ha a sokszögoldalból a két ív érintőinek összegét levonjuk:

$$E = t - (T_1 + T_2)$$

Elmaradó ív végének szelvényt pontjához hozzáadva a közbeeső egyenest, a következő ív elejének szelvényét nyerjük. Ehhez hozzáadva a félvív hosszát az *IK*, az egész ívhosszat az *IV* értéket kapjuk.

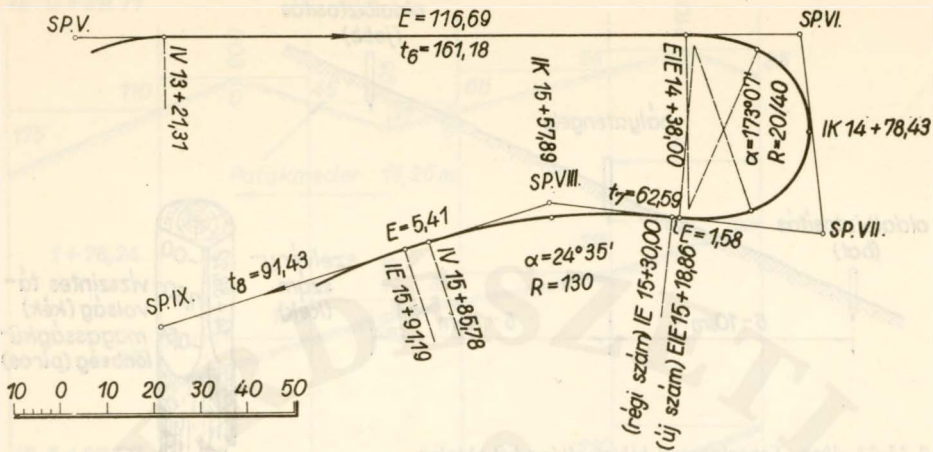
Ha a már egyszer kitűzött és szelvényezett vonalon változtatást hajtunk végre és ennek következtében a vonal hosszabb vagy rövidebb lesz, hogy az összes pontot ne legyen szükség átszámozni, hibaszelvényt iktatunk be. A hibaszelvény nagysága adódik az utolsó újonnan kitűzött pontból, az új kitűzéssel számított első régi pont új és régi szelvény értékének különbségéből, hozzáadva vagy levonva belőle a tényleges távolságot. Eszerint a hibaszelvény lehet pozitív vagy negatív előjelű.

Példa. A 2.33-21. ábrán látható tengelyvonalat beszelvényeztük. A VIII. sz. szögpontnál levő ív elejére a szelvényezés során 15 + 30,00 értéket nyertünk. Ezután a jelzett ív eleje előtti szakaszt újratűztük és a kitűzés eredményeként az V. sz. szögpontnál levő ív végére 13 + 21,31 értéket nyertünk. Mekkora hibaszelvény keletkezik? A számítás menetét a 2.33-II. táblázat szerint hajthatjuk végre.

15 + 18,86	
1,58	
20,44	
15 + 30,00	régi szám
15 + 20,44	új szelvényből számított szám levonva
9,56	
1,58	
= -11,14	(hibaszelvény)

A hibaszelvény értékét a vonalhossz kiszámításánál figyelembe kell venni!

A közbeeső pontok szelvényeinek számát mindig abból a pontból számítjuk, ahonnan kiindulva a kitűzést elvégeztük. Ha a haladás irányában mértünk, a kiinduló ponthoz a kitűzési értéket hozzáadjuk, ha visszamértünk, levonjuk.



2.33-21. ábra. Tengelyvonal szelvényezése

A kitézőtt sarokpontokat és szelvénypontokat *állandósítani* kell. Az állandósításra az erdészet fagyártmánytelepein előre elkészített tölgyfa cövekeket használhatunk:

- Sarokponti cövek 40 cm hosszú 5 × 5 cm négyzetes szelvényű.
- Szelvényponti cövek 30 cm hosszú 5 cm átmérőjű körszelvényű.
- Írásjel cövek 60 cm hosszú 6 × 2 cm szelvényű zsindele.

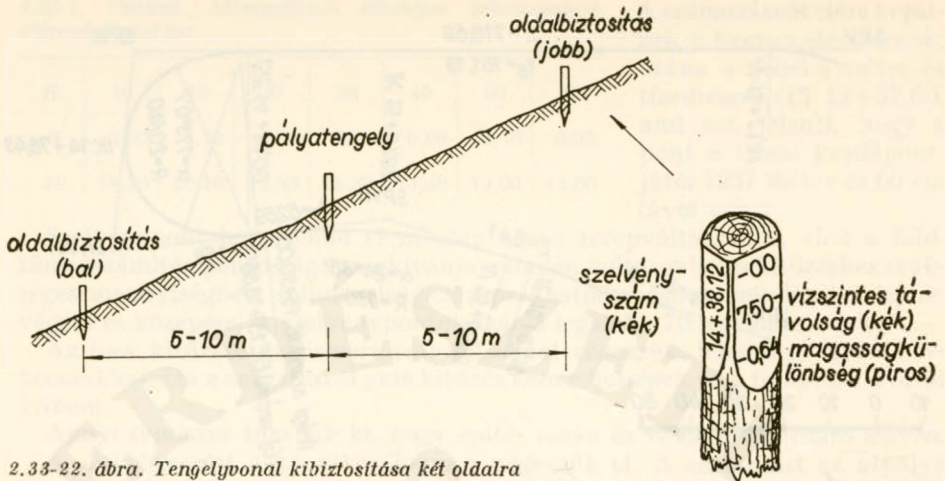
A különböző szelvényalak lehetővé teszi az írásjel elvesztése esetén a pontok megkülönböztetését.

Az írásjelet a cövek bal oldalára verjük úgy, hogy az írás a haladás irányában látható legyen. A pont jelét és a szelvényszámot ácsceruzával írjuk fel.

A cövekeket a talaj színéig földbe verjük és a sarokpontok bemért pontját szeggel jelöljük. Sziklás, köves talajban a cövek helyét célszerű előfúrni a kézi

2.33-II. táblázat. Szelvényezési jegyzőkönyv

Szög pont	Irány	T	Sokszög oldal-hossza	1. Érintő	Egyenes	Ív eleje	Jegyzet
	Sugár	a		2. érintő	fél ívh.	ív közepe	
	a°	ívhossz		1+2	fél ívh.	ív vége	
V				19,87	19,19		
				25,29	19,19	13+21,31	
			161,85	45,16	116,69	14+38,00	
VI	j			32,69	40,43	78,43	
	20/40	7,60		28,32	40,43	15+18,86	hiba sz.
VII	173°07'	80,86	62,59	61,01	1,58	15+30,00	-11,14
VIII	b	3,05		28,32	27,89	57,85	
	130			57,70	27,89	85,78	
	24°35'	55,78	91,43	86,02	5,41	91,19	
IX	b	3,32		57,70	57,45	16+48,64	
	500			44,72	57,45	17+06,09	
	13°10'	114,90	224,36	102,42	121,94	18+28,03	



2.33-22. ábra. Tengelyvonal kibiztosítása két oldalra

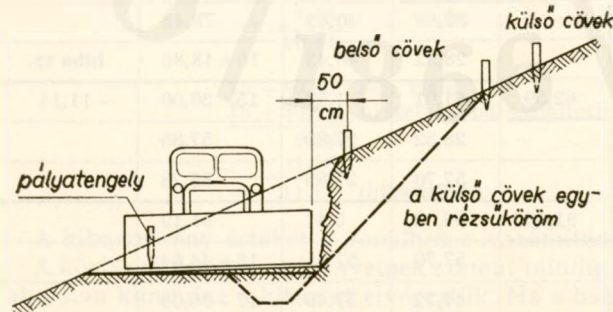
bányafúróhoz hasonló fúróval. A cövek beveréséhez és az előfúráshoz 3 kg-os kalapácsot használunk.

A gépesített útépítés során a leírt módon gondosan elhelyezett állandósítások veszendőbe mennek, mivel a tolólemezes gépek (bulldózer) a földmű kialakítása során kitolják őket, és a pályatengelytől többé-kevésbé eltérnek. Ezért az állandósításokat ki kell biztosítani. Erre kétféle módszer kínálkozik.

a) A pályatengely szelvénypontját a tengelyre merőlegesen jobbra-balra egy-egy 10 m-re elhelyezett cövekkel rögzítjük, amelyekről a veszendőbe ment tengelypont helyreállítható. A két cövekre a következő adatokat írjuk fel: Kék ceruzával a tengelypontnak a cövektől való vízszintes távolságát (2.33-22. ábra), valamint piros ceruzával a tengelypontnak a cövektől való magassági eltérését. Ha a biztosítás a tengelypont felett van, a piros szám a vízszintes távolság alá, ellenkező esetben fölé kerül.

b) A biztosítást a hegy felé két cövekkel végezzük. A belső cövek a dózervezető irányítására szolgál. Ennek a cöveknek a tengelyponttól való távolsága a fél útkorona + árok + 50 cm legyen. Erről a cövekről a pályaszint piros számát a dózervezető leolvashatja (2.33-23. ábra). A másik cövek ettől 4 m-re legyen. Ez lehetővé teszi azt, hogy az első cövek kiborulásával a pályatengelyt bemérjük. Ha keresztzelvényünk van, a külső cövek a rézsűkörömhöz kerülhet.

A kitűzött vonal szelvénypontjait a geodéziából ismertetett módon be kell szintezni. A szintezést – ha nagyobb akadálya nincs – az „Országos Szintezési Hálózat”-ba kell bekapcsolni.

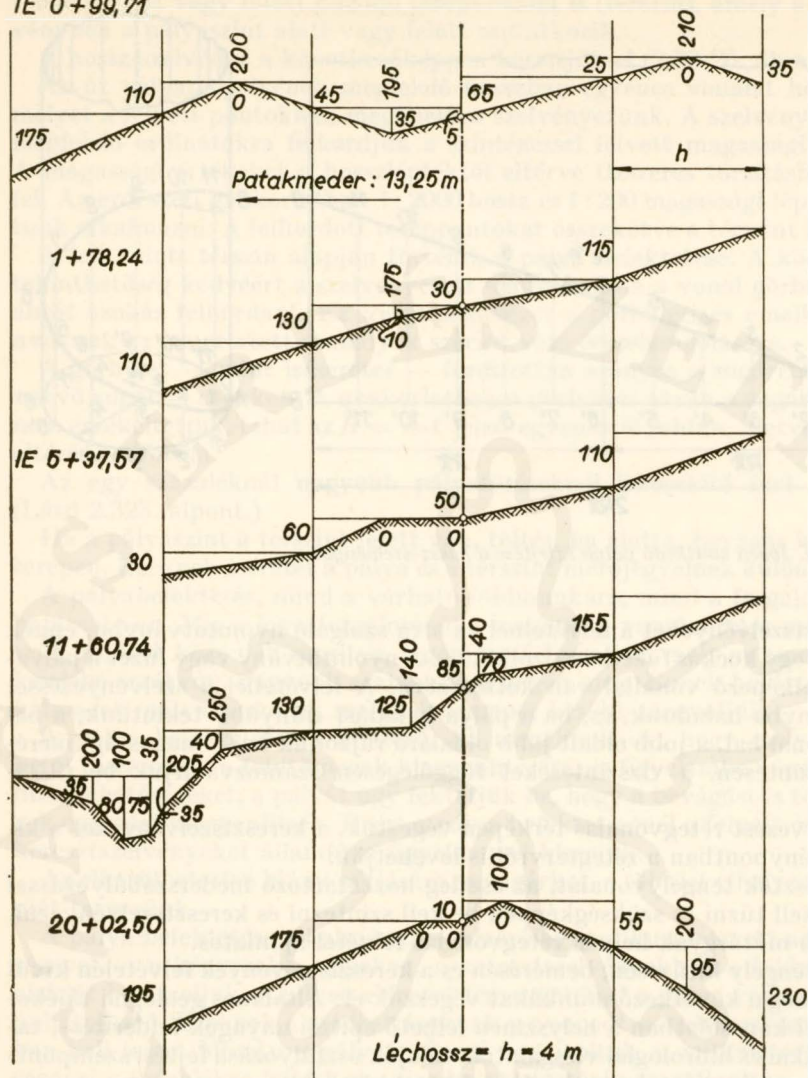


120 2.33-23. ábra. Tengelyvonal kibiztosítása egy oldalra

Ugyancsak be kell szintezni a vonal biztosítására kijelölt alappontokat is. A szintezést oda-vissza kell végrehajtani. A megengedett záróhiba $30\sqrt{H}$, ahol H a szintezett hosszúság km-ben.

Ahol a pálya mély szakadékot, vízmosást

IE 0+99,71



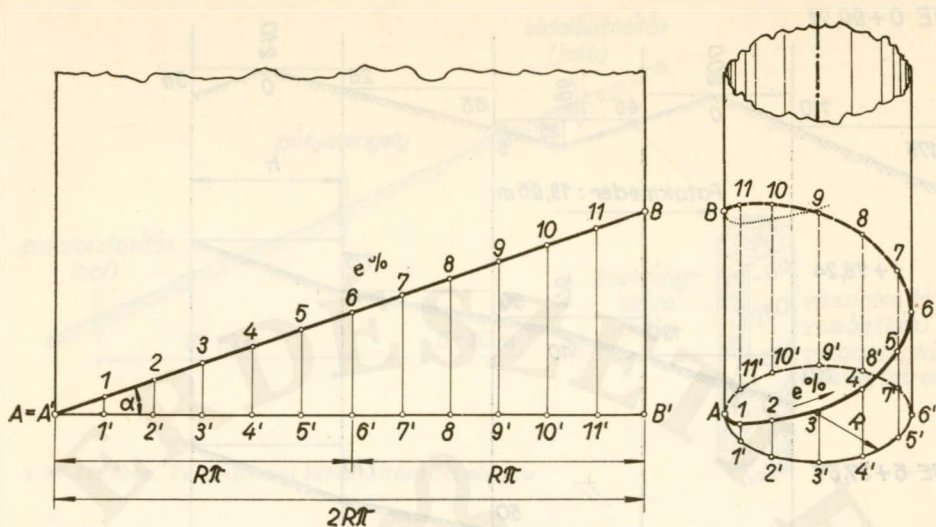
2.33-24. ábra. Keresztszelvény felvételi jegyzék

kereszt, melyben elhelyezett pontok beszíntezése igen sok és rövid irányzású műszerállást kíván, a pontokat előnyösen bekapcsolhatjuk libellás léccel, míg a fő szintezési vonalat a szakadékos hely felett átvisszük.

Alárendeltebb létesítményeknél a magassági méréseket, ill. a magasságkülönbség meghatározását gyakorlott tervező elegendő pontossággal elvégezheti Möller-féle zseblejtűzővel is.

A földmű és műtárgyak tervezéséhez minden egyes szelvényponthoz kereszt-szelvényt szokás felvenni. A kereszt-szelvények felvételére 5 cm-es kikerekítés-sel libellás léccel, vagy alárendeltebb utaknál a Möller-féle lejtűzőt is használhatjuk.

A kereszt-szelvény irányát a tengelyre merőlegesen, illetve ívekben a sugár irányában (érintőre merőlegesen) kell felvenni. A kereszt-szelvény hossza függ a tervezett földmű vagy műtárgy várható méreteitől.



2.33-25. ábra. Ívben emelkedő pálya kifejtése a hossz-szelvényben

A keresztmetszeteket a felvételnél az arra szolgáló nyomtatványba, ennek hiányában egy kockás füzetbe rajzoljuk be. A nyomtatvány vagy füzet a pályatengelyt jelképező vonallal van kettéosztva. A felvétellel a szelvényezéssel egyező irányba haladunk, és, ha a pálya haladási irányába tekintünk, a bal oldalt a vonal bal, a jobb oldalt jobb oldalára rajzoljuk be. A magassági méréseket vízszintesen, a vízszinteseket függőlegesen számozva írjuk be (2.33-24. ábra).

Ha a tervezést rétegvonalas térképen végeztük, a keresztmetszeteket a kívánt szelvénypontban a rétegtervről is levehetjük.

Az áteresztők tengelyvonalát, az esetleg hozzátartozó mederszabályozással együtt ki kell tűzni és szükségképpen be kell szintezni és keresztmetszvényezni.

Nagyobb műtárgyak helyén rétegvonalas felvétel ajánlatos.

A pályatengely kitézésén, bemérésén és a keresztmetszvények felvételén kívül a terepen még a következő munkákat végezzük el: Általános geológiai tájékozódás, ezzel kapcsolatban a helyszínen lelhető építési anyagok felderítése, talajmechanikai és hidrológiai vizsgálatok, talajok osztályozása fejtési szempontból. Ezekre a vizsgálatokra a későbbiekben térünk ki.

2.337 Az útpálya építési tervének elkészítése

Az építési terv olyan részletességgel készül, hogy annak alapján a részletes árvetés elkészíthető és az út megépíthető.

Ábrázoló geometriai értelemben véve az út tengelyvonala egy térbeli vonal, mely különböző természetű darabokból van összetéve, ehhez képest ábrázolásához három vetület volna szükséges.

Az egyik vetület, a vízszintes vetület, az ún. helyszínrajz, a második a különböző helyeken felvett keresztmetszvények, míg a harmadik a hossz-szelvény.

A hossz-szelvényben az egyenes szakaszok vetületben, az íves szakaszok függőleges vetítő hengerük palástjának síkbafejtésével jelennek meg (2.33-25. ábra). Az útpályatengely ívben lejtő szakaszai különböző csavarvonalakat alkotnak. A vetítősíkok és vetítő hengerek természetesen kimetszik a pálya-

tengely alatt vagy fölött húzódo terepvonalat is (térszín), amely a hossz-szelvényben a pályaszint alatt vagy felett mutatkozik.

A hossz-szelvényt a következőképpen készítjük el (2.33-26. ábra):

Az út pályatengelyének megfelelő hosszban egyenes vonalat hordunk fel, melyet a felvett pontoknak megfelelően szelvényezünk. A szelvényt pontoknak megfelelő ordinátákra felhordjuk a szintezéssel felvett magassági értékeket. A magassági értékeket a hosszléptéktől eltérve tízszeres torzításban mérjük fel. Az erdészeti gyakorlatban 1:2000 hossz és 1:200 magassági léptéket szoktunk alkalmazni. A felhordott tereppontokat összekötve a térszintet kapjuk.

A felhordott térszint alapján történik a pálya befektetése. A könnyebb áttekinthetőség kedvéért a szelvényezett alapvonal alá a vonal görbületét jelző ábrát szokás felhordani. Ez nyújt segítséget a görbületi és emelkedő viszonyoknak az ismerttetett szabályok szerint való összehangolására.

A görbület – mint ismeretes – fordítottan arányos a sugárral, tehát növekvő sugárral csökken. A gyakorlatban a görbületi ábrán a sugár nagyságát nem érzékeltetjük, tehát az $R = \infty$ -t jelző egyenestől jobbra, illetve balra való eltérés egyforma.

Az egy százaléknál nagyobb pályatöréseknél lekerekítő ívet tervezünk. (Lásd 2.323. alpont.)

Ha a pályaszint a térszint felett van, töltés, ha alatta, bevágás keletkezik a terepen. Ezeknek méretét a pálya és a térszint mérőjegyeinek különbsége adja.

A pályabefektetés, mind a várható földmunkára, mind a forgalomra döntő hatással van. Míg a lovasforgalomnál a magassági vonalvezetés meglehetősen szűk határok közé volt szorítva, a gépjármű forgalom, mely az emelkedő iránt kevésbé érzékeny, nagyobb szabadságot enged meg. Ennek határt szab az alkalmazott pályaszervezet, melynek szerepét később tárgyaljuk.

A pálya befektetésénél célszerű, ha megállapítjuk, hogy mely szakaszon belül törekszünk a földtömegek kiegyenlítésére, és figyelembe véve a földszállítási lehetőségeket, a pályát úgy fektetjük be, hogy a bevágási és töltési tömegek egymást kiegyenlítsék. Ezért a pálya befektetésénél a felvett és felhordott kereszt-szelvényeket állandóan figyelemmel kísérjük.

Az elkerülhetetlen hiány pótlására anyagárkot, a többlet elhelyezésére depóniát tervezünk.

A pálya befektetése alkalmával – kizárólag grafikusan levett adatok segítségével – a kényesebb helyeken, a kereszt-szelvényekben a földmű várható alakját berajzoljuk. Az ilyen előzetes tervezéssel a pálya végleges helye ki-puhatolható. Ezeknek a módosításoknak a nyugodt vonalvezetéssel összhangban kell lenni. Miután a pályát írónnal berajzoltuk, a milliméterpapír segítségével a százalékos lejtést egy tizedes pontosságig megállapítva, a pályaszakasz fölé írjuk.

Bevágásban a homorú, töltésben a domború töréseket kerülni kell! Ilyen esetben rendszerint más, takarékosabb megoldás található (2.33-27. ábra).

Az így kialakított hossz-szelvény mérőjegyeit számológéppel kiszámítjuk és azokat mind az írott hossz-szelvénybe, mind a rajzi hossz-szelvénybe beírjuk.

A hossz-szelvényben fel kell tüntetni a vízlevezetés módját, árkok fenekének lejtését, műtárgyakat, elágazásokat, rakodókat, partbiztosításokat és általában mindent, amit a pályaszint kialakításánál tekintetbe vettünk.

Az ismert elvek alapján elkészítjük a pálya műszelvényét és azt a hossz-szelvényből kiszámított töltési és bevágási mérőjegyeknek megfelelően a kereszt-szelvényekbe betervezzük (lásd 2.313. pont g) és h) alpontot).

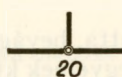
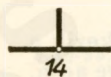
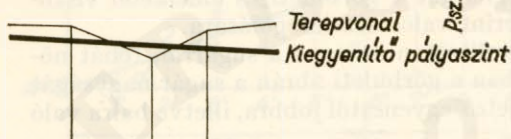
A műszelvényekbe betervezzük az ívhosszal arányosan növekvő szélesítést és a pálya túlemelését is. Az árkok betervezésénél a műszelvényeket a hossz-szelvényvel egyeztetni kell és a hossz-szelvénybe be kell szerkeszteni az árokfenék hossz-szelvényét is, hogy az árok-lejtés ellenőrizhető legyen. Szükség ese-

Emelkedő viszonyok: $E_s: \dots\%, v. E_m: \dots\% H = \dots m$

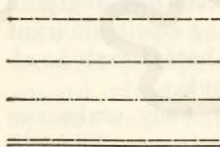
Jelmagyarázat:

szelvény értéke
magassága
Poz. törés

$E_s =$ esik (lejt)
 $E_m =$ emelkedik
 $H = \dots m.$ hossz



hm; km pont, út kezdete és vége

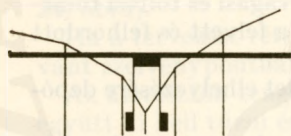


Baloldali árokfenék szintje

Jobboldali árokfenék szintje

Mindkétoldali árokfenék szintje

Jobboldali burkolt-árok fenékszintje



Vasbetonlemez átérésztő

Bevágás mérőjegye

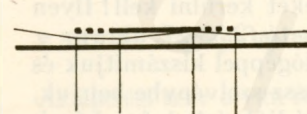


Útelágazás balra

Töltés mérőjegye

Betoncső átérésztő

Kiegészítő pályaszint mérőjegye



Kiterő

Terepszint mérőjegye

Közbeneső pontok szelvényezési értéke

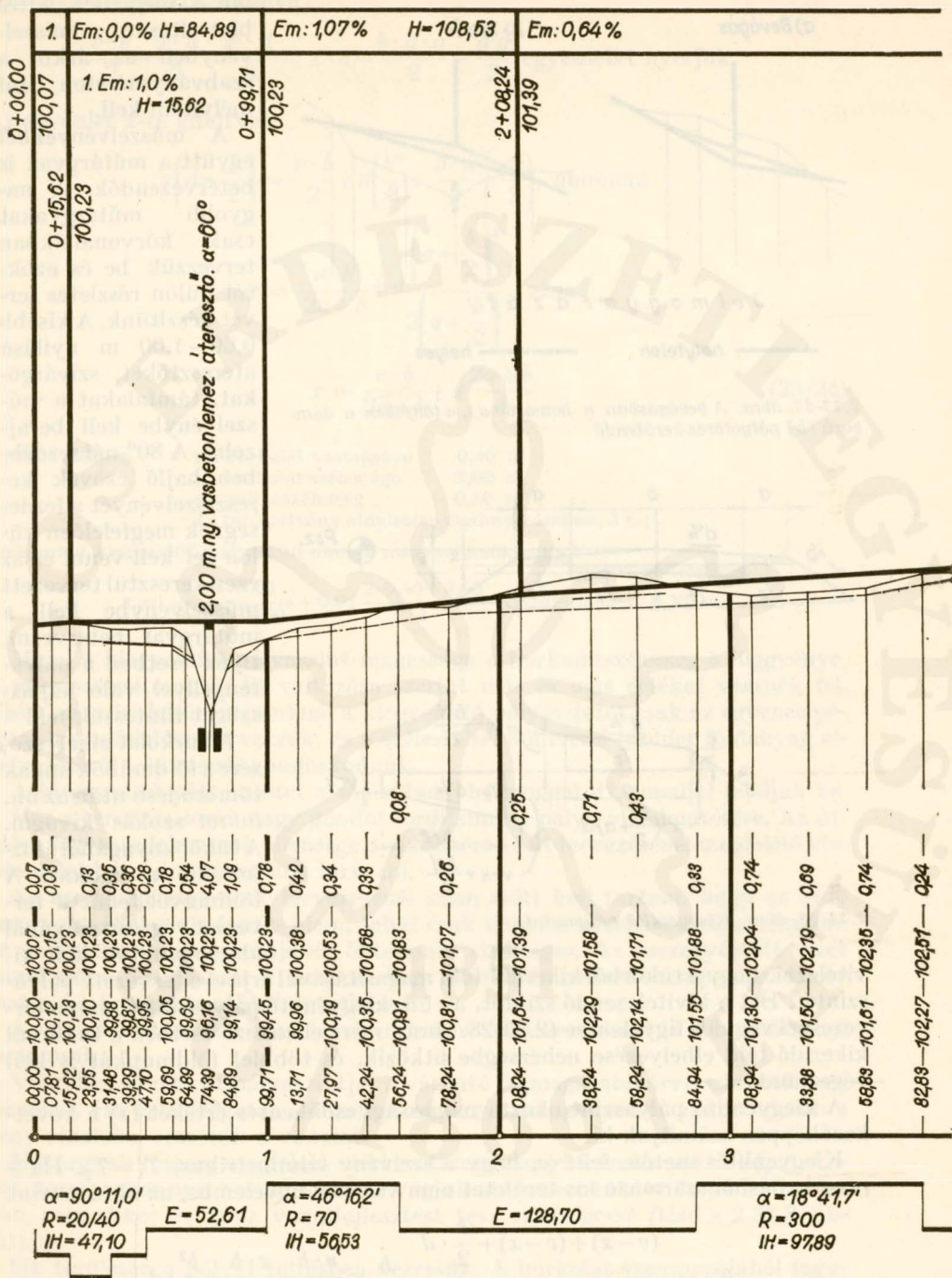
Százas pontok

Tiszta körív

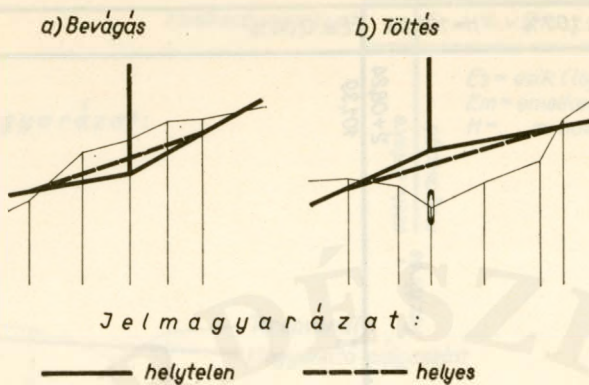
Kétszeres sugarú előíves körív

Írányviszonyok: Bal iv
Egyenes
Jobb iv

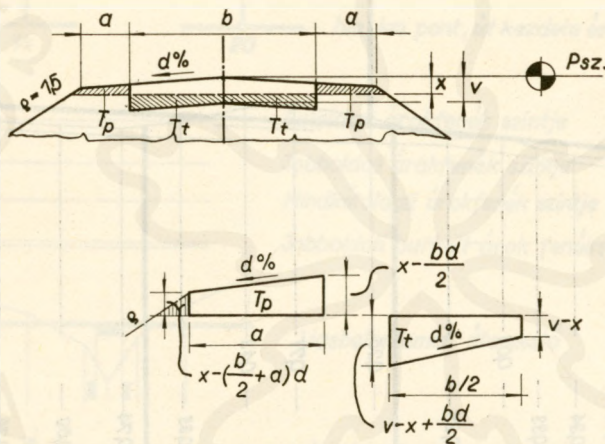
2.33-26. ábra.



Hossz-szelvény részlet



2.33-27. ábra. A bevágásban a homorú (a), a töltésben a domború (b) pályatorrás kerülendő



2.33-28. ábra. Kiegyenlítő pályaszint

vitelezni, hogy a tükörből kikerülő föld magasításával érje el a tervezett pályaszintet. Ezt a kivitelezendő szintet, az ún. kiegyenlítő pályaszintet, már a tervezésnél vegyük figyelembe (2.33-28. ábra), mert ellenkező esetben a tükörből kikerülő föld elhelyezése nehézségbe ütközik, és többlet földmunkát is kell végeznünk.

A kiegyenlítő pályaszint okozta magassági csökkentés értékét (x) a következőképpen számítjuk ki.

Kiegyenlítés esetén, feltéve, hogy a szelvény szimmetrikus, $T_t = T_p$. Ha a rézsűhajlásból származó kis területet nem vesszük figyelembe, az ábra szerint

$$T_t = \frac{(v-x) + (v-x) + \frac{b}{2} \cdot d}{2} \cdot \frac{b}{2} = \frac{v \cdot b}{2} - \frac{x \cdot b}{2} + \frac{b^2}{8} \cdot d$$

$$T_p = \frac{\left(x - \frac{b}{2} \cdot d\right) + x - \left(\frac{b}{2} + a\right) d}{2} \cdot a$$

tén a megfelelő lejtés biztosítására a műszelvényben az árkot a szabvány méretén túl mélyíteni kell.

A műszelvényekkel együtt a műtárgyak is betervezendők. A nagyobb műtárgyakat csak körvonalalaikban tervezzük be és azokról külön részletes tervet készítünk. A kisebb 0,60–1,00 m nyílású átvezetőket, szivárgókat, támfalakat a műszelvénybe kell berajzolni. A 80°-nál ferdebben hajló csövek keresztmetszelyét a ferdeségnek megfelelően külön fel kell venni és az ezen keresztül tervezett műszelvénybe kell a műtárgyat betervezni. Ilyen esetben a pályatengellyel való hajlás szöveget tüntessük fel!

A burkolat elhelyezése a földműből, annak tömörödése után az ún. tükört szokás kivágni. A tükör anyagából állítjuk elő a padkát. A földművet tehát a tervezett végső útpályánál alacsonyabba kell ki-

$T_t = T_p$ feltételből kiindulva:

$$\frac{v \cdot b}{2} - \frac{x \cdot b}{2} + \frac{b^2 \cdot d}{8} = x \cdot a - \frac{b \cdot d \cdot a}{2} - \frac{a^2 d}{2} \text{ egyenletet nyerjük.}$$

Az egyenlet x -re kifejtve:

$$x \left(a + \frac{b}{2} \right) = \frac{v \cdot b}{2} + d \left(\frac{b^2}{8} + \frac{b \cdot a}{2} + \frac{a^2}{2} \right), \text{ ahonnan}$$

$$x = \frac{v \cdot b}{2a + b} + d \frac{\left(a + \frac{b}{2} \right)^2}{2 \left(a + \frac{b}{2} \right)}, \text{ azaz}$$

$$x = \frac{v \cdot b}{2a + b} + d \frac{2a + b}{4} \quad (23/24)$$

Példa. Legyen v a burkolat vastagsága 0,40 m
 b a burkolat szélessége 3,00 m
 a a padkaszélesség 0,50 m
 d a tetőszelvény oldalesése viszonyszámában, 3 %;

mekkora a kiegyenlítő pályaszint okozta magasságsökkenés?

$$x = \frac{0,40 \cdot 3,00}{2 \cdot 0,5 + 3,00} + 0,03 \frac{2 \cdot 0,50 + 3,00}{4} = 0,30 + 0,03 = 0,33 \text{ m}$$

Mivel a kiegyenlítő pályaszint magassága a burkolatszélesség b függvénye, a pályaszélesítések (ΔB) változása szerint más és más értéket vesznek fel. Ezért az erdei feltáróútjainknál a kiegyenlítő pályaszintet csak az egyenes pályának megfelelően tervezzük, és a szélesítésekből eredő többlet földanyag elhelyezéséről a kiírásnál gondoskodunk.

A kiegyenlítő pályaszintet a műszelvénybe szaggatott vonallal jelöljük be.

Már a tervezés során nagy gondot fordítunk a pálya víztelenítésére. Az útpálya legveszedelmesebb ellensége a víz. Ezért az út tervezésénél megfelelő víztelenítési berendezéseket kell tervezni.

Az erdőgazdasági utak tervezésénél szem előtt kell tartani, hogy az erdő szempontjából a víz fontos elem, tehát csak annyira távolítsuk el, amennyire az az építmény szempontjából feltétlenül szükséges. Az összegyűjtött vizet minél előbb osszuk szét a terepen, hogy az erdőtenyészet szempontjából oly fontos funkcióját tovább folytathassa.

A víz ellen való védelmet azonban már a vonalvezetésnél is szem előtt kell tartanunk.

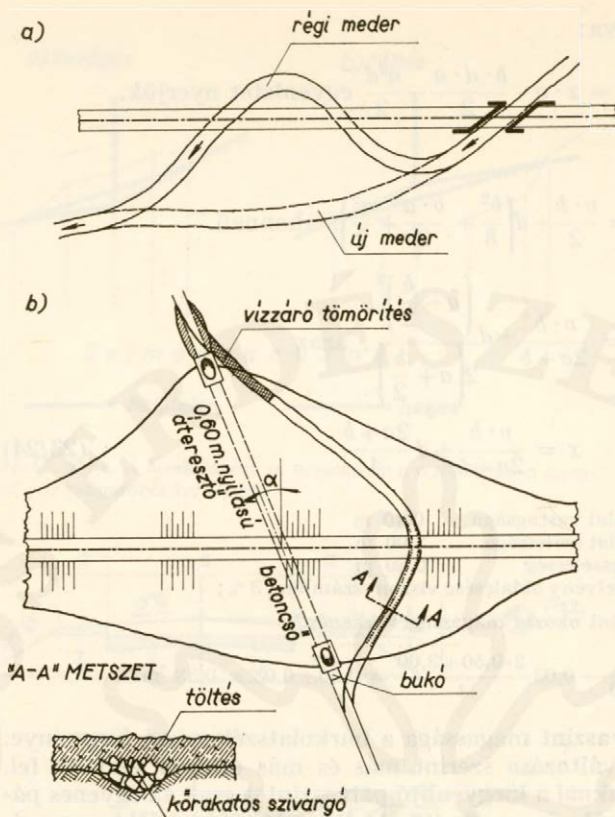
Völgyben vezető út pályaszintjét a várható legmagasabb árvízszint fölé kell tervezni. Ha ez túlságosan költséges műtárgyakat igényelne, akkor inkább a hegy oldalába vezessük a vonalat.

Műtárgyak részére megfelelő szerkezeti magasság biztosítandó. Vadpatakokat, torrenseket ne a hordalékkúpon vágjuk át, hanem inkább feljebb a torokban, még akkor is, ha az vonalfejlesztést tesz szükségessé (lásd a 2.33-8. ábrát).

Sík területen a pályát töltésben vezessük. A burkolat szempontjából fagyveszélyes helyek főleg bevágásokban keletkeznek.

A pályát vízszintesen csak rövid szakaszon vezessük, és főleg akkor, ha ellentett értelmű lejtőbe megyünk át.

Ahol a vonalvezetés érdekei vagy a műtárgy elhelyezése megkívánja, a patakmeder áthelyezését is tervezhetjük. A patak szabályozásnál ügyeljünk



2.33-29. ábra. Patakmeder-szabályozások

sék, de a levezetett víz bennük káros kimosást ne idézzen elő.

Az árkok fenékesése 0,5%-nál ne legyen kisebb. A megengedett legnagyobb esésre nézve az előbbi fejezetben mondottak mértékadók.

Az árokfenék szintjét, a műszelvények figyelembevételével, a hossz-szelvénybe beszerkesztjük és az árokfenék esésének szabályozása miatt szükséges árok-hossz-szelvény megszerkesztése után a műszelvényt módosítjuk.

A hossz-szelvény külön jelöljük a bal- és jobboldali árokfenéket vagy, ha a kettő egybeesik, „árok a pálya mindkét oldalán” jelzéssel közös hossz-szelvényt tervezünk.

Ugyanígy tervezzük be a hossz-szelvénybe, illetve műszelvényekbe az öv-árkokat és a szivargó rendszereket.

Mélyebb terepen elhelyezett átvezetőkhöz az árkokat burkolt surrantókon vezetjük be.

Lejtős terepen elhelyezett töltések fölé, az összegyülemlett víz levezetésére szintén tervezünk árkot, melyet alkalmas helyen a töltés alatt átvezetünk.

2.338 A mozgósítandó földtömeg meghatározása és a földmozgatás tervezése

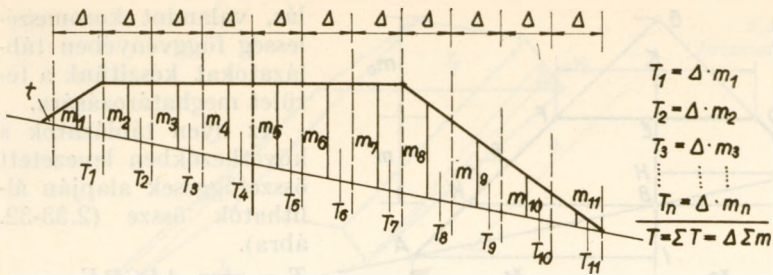
a) *A kereszt-szelvény területmeghatározása.* A földtömegszámítás első lépése a kereszt-szelvény területek meghatározása. A gyakorlatban a megrajzolt kereszt-szelvény területeket az ún. lefogással határozzuk meg. Az eljárás elve és menete a következő:

arra, hogy a meder meg-
rövidülésével az esést túl-
zottan ne növeljük. Ellen-
kező esetben fenékgát épí-
tése szükséges az esés csök-
kentésére. A patakszabá-
lyozásról hossz-szelvényt,
helyszínrajzot és tömeg-
számítást szokás készí-
teni.

Néhány patakmeder
szabályozását a 2.33-29.
a) és b) ábrán mutatunk
be.

A bevágás felső szélén
becsurgó patakvizet sur-
rantókkal kell az árokba
vagy az átvezetőkhöz vez-
etni. Ezek a surrantók
cementhabarcsba rakott
termésköböl vagy beton-
ból készüljenek.

A tervezésnél mindig
gondoskodni kell arról,
hogy az összegyűjtött víz-
et tovább vezessük, vagy
a terepen szétösszuk. Az
árkok, szivargók fenék-
esését ehhez képest kell
megtervezni, mégpedig
úgy, hogy a vizet levezes-



2.33-30. ábra. Keresztszelvényterület meghatározása lefogással

A 2.33-30. ábra szerint a szelvényre milliméter-papirozt teszünk (vagy a szelvényt magát már mm papírra rajzoljuk, vagy a pauszt, amire a szelvényt felhordtuk mm papír fölé helyezük) és az ábra szerinti középmagasságokat körzővel összegezzük. A milliméterpapír centimétert jelző vastag vonalai, ha a keresztaszelvény $M=1:100$ méretarányban van felhordva, egy méter széles trapéz középvonalát jelentik. Tehát ebben az esetben $\Delta=1$, vagyis a terület a középvonalak összegével egyenlő. A számításból kieső t területet a mm-es kockák összeadásával számítjuk ki és az eredményhez hozzáadjuk. A gyakorlat mindenütt ezt a módszert alkalmazza. A szelvényterületet a terepfelvétel pontosságának megfelelően elég $1/10$ m² pontosságig meghatározni.

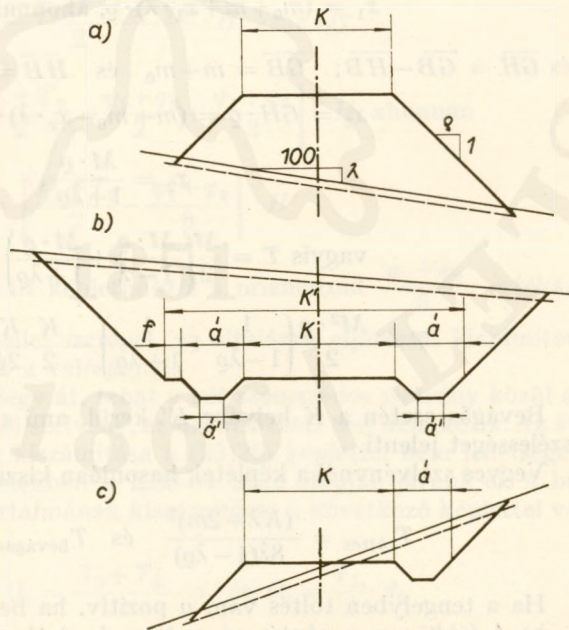
Háromféle szelvénytípust ismerünk: töltést, bevágást és vegyes szelvényt. Ha bevágási szelvélynél az egyik koronaszél kifut a terepre a szelvényt szeletszelvénynek nevezzük (2.33–31. ábra).

Amint látjuk, az ugyanolyan földmű-magasságnak megfelelő bevágási szelvény területe a szükséges vízlevezető árok miatt lényegesen nagyobb a töltés területénél. Nagyobb bevágásoknál a bevágási rézsűfelületet az árok előtt ún. kúntal zárják le (f). Kisebb bevágásoknál ez elmaradhat.

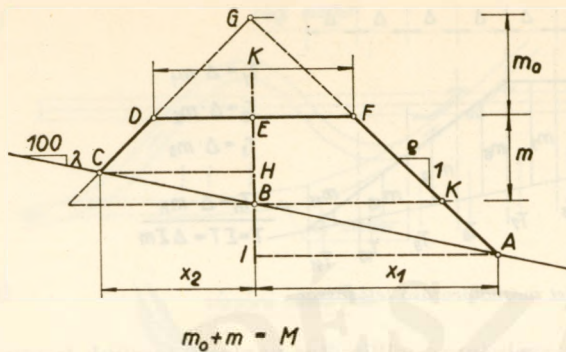
A földművekben az erősen térfogatváltozó termőtalajt nem szabad beépíteni, azért azt a munka megkezdése előtt el kell távolítani. A töltések szelvényterülete a leszedett termőréteg vastagságának megfelelően növekszik, a bevágásoké csökken (lásd szaggatott vonalat a 2.33-31. ábrán). A szelvényterület számítását ennek a figyelembevételével kell elvégezni.

Erdős területen a földmű alól a tuskókat is el kell távolítani. Ez ismét töltési földhiányt okoz, mely annál inkább növekszik, mert a bevágási föld a tuskók térfogatával csökken.

Alárendeltebb erdei utaknál a keresztaszelvényeket nem szokás megszerkeszteni, hanem a terep és rézsűhaj-



2.33-31. ábra. Különböző keresztaszelvény típusok: a) Töltési. b) Bevágási. c) Vegyes szelvény



2.33-32. ábra. Keresztszelvény meghatározása számítással

lás, valamint koronaszélesség függvényében táblázatokat készítünk a terület meghatározására.

Az ilyen táblázatok a következőkben levezetett összefüggések alapján állíthatók össze (2.33-32. ábra).

$$\begin{aligned} T &= \text{area } ABCDF = \\ &= ABG + BGC - DFG \\ \text{area } ABG &= \\ &= \frac{x_1(m+m_0)}{2} = x_1 \cdot \frac{M}{2} \end{aligned}$$

$$\text{area } BGC = \frac{x_2(m+m_0)}{2} = x_2 \cdot \frac{M}{2}$$

$$\text{area } FGD = \frac{K}{2} \cdot m_0, \text{ azaz behelyettesítve}$$

$$T = \frac{M}{2}(x_1+x_2) - \frac{K}{2} \cdot m_0$$

$$\text{de } \frac{K}{2} = m_0 \varrho, \text{ tehát } m_0 = \frac{K}{2\varrho}, \text{ valamint } x_1 = \overline{IG} \cdot \varrho \text{ és } x_2 = \overline{GH} \cdot \varrho,$$

$$\text{de } \overline{IG} = \overline{GB} + \overline{BI}, \text{ de } \overline{GB} = m+m_0 \text{ és } \overline{BI} = x_1 \cdot \lambda, \text{ tehát}$$

$$x_1 = (m_0+m+x_1 \cdot \lambda) \cdot \varrho, \text{ ahonnan } x_1 = \frac{M \cdot \varrho}{1-\lambda\varrho}$$

$$\text{és } \overline{GH} = \overline{GB} - \overline{HB}; \overline{GB} = m+m_0 \text{ és } \overline{HB} = x_2 \cdot \lambda, \text{ tehát}$$

$$x_2 = \overline{GH} \cdot \varrho = (m+m_0-x_2 \cdot \lambda) \cdot \varrho, \text{ ahonnan}$$

$$x_2 = \frac{M \cdot \varrho}{1+\lambda\varrho},$$

$$\text{vagyis } T = \frac{M}{2} \left(\frac{M \cdot \varrho}{1-\lambda} + \frac{M \cdot \varrho}{1+\lambda\varrho} \right) - \frac{K}{2} \cdot m_0$$

$$T = \frac{M^2 \cdot \varrho}{2} \left(\frac{1}{1-\lambda\varrho} + \frac{1}{1+\lambda\varrho} \right) - \frac{K \cdot K}{2 \cdot 2\varrho} = \frac{M^2 \cdot \varrho}{(1-\lambda^2\varrho^2)} - \frac{K^2}{4\varrho}$$

Bevágás esetén a K helyébe K' kerül, ami az árokkal megnövelt koronaszélességet jelenti.

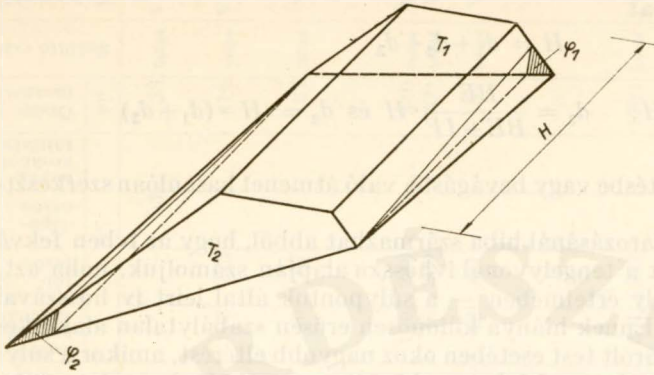
Vegyes szelvénynél a képletek hasonlóan kiszámíthatók:

$$T_{\text{töltés}} = \frac{(K\lambda+2m)^2}{8\lambda(1-\lambda\varrho)} \quad \text{és} \quad T_{\text{bevágás}} = \frac{(K'\lambda-2m)^2}{8\lambda(1-\lambda\varrho)} \quad (23/25)$$

Ha a tengelyben töltés van, n pozitív, ha bevágás, akkor negatív előjelű.

b) *A földtömeg meghatározása.* A gyakorlatban általában, tekintet nélkül a töltés vagy bevágás alakjára, a folyópálya köbtartalmát a szomszédos kereszt-szelvények számtani középértékének és a szelvénytávolságnak szorzatából szá-

2.33-33. ábra.
Prizmatoid köbtartalma



mitjük ki. A valóságos földtömeg ettől eltér ugyan, de különösen a modern gépi földmunka ezt az eltérést nemigen érzi meg.

Az általános képlet tehát:

$$Q = \frac{T_1 + T_2}{2} \cdot H \quad (23/26)$$

A számításnál a H lehetőleg 25 m alatt maradjon. E képlet és a valóság közötti eltérést a 2.33-33. ábra szemlélteti.

Az ábra alapján $\Delta Q = \frac{H}{3}(\varphi_1 + \varphi_2)$

$$Q_0 = \frac{(T_1 - \varphi_1) + (T_2 - \varphi_2)}{2} \cdot H, \text{ azaz így}$$

$$Q = Q_0 + \Delta Q = \left[\frac{T_1 + T_2}{2} - \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} + \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{3} \right] \cdot H, \text{ ahonnan}$$

$$Q = \left[\frac{T_1 + T_2}{2} - \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{6} \right] \cdot H$$

Tehát a gyakorlatban használt képletünkötől a prizmatoid $\frac{\varphi_1 + \varphi_2}{6}$ értékkel tér el. Mivel ez negatív előjellel szerepel, az általános eljárással kiszámított köbtartalom mindig nagyobb a valóságnál.

Ahol a töltés bevágásba megy át, tehát a két szomszédos szelvény közül az egyik töltési, a másik bevágási szelvény, az ún. átmeneti test keletkezik. Az átmeneti test köbtartalmának kiszámítása a (23/26) képlettel nem lehetséges. A gyakorlatban az ilyen esetekben a 2.33-34. ábra alapján járunk el. A bevágási, ill. töltési rész köbtartalmának kiszámítását a következő képlettel végezhetjük el:

Bevágási test köbtartalma: $Q_1 = \frac{T_2 + T_L}{2} \cdot d_1$ és $Q_2 = \frac{T_L}{3} \cdot d_2$

Töltési test köbtartalma: $Q_3 = \frac{T_M}{3} \cdot d_2$ és $Q_4 = \frac{T_2 + T_M}{2} \cdot d_3$

A távolságok számítása:

$$H = d_1 + d_2 + d_3$$

$$d_1 = \frac{KG}{KG+CM} \cdot H; \quad d_3 = \frac{BE}{BE+IF} \cdot H \text{ és } d_2 = H - (d_1 + d_3)$$

Vegyes szelvényből töltésbe vagy bevágásba való átmenet hasonlóan szerkeszthető meg.

A földtömeg meghatározásánál hiba származhat abból, hogy az ívben fekvő pályatest köbtartalmát a tengelyvonal ívhossza alapján számoljuk, noha azt, – a *Guldin*-féle szabály értelmében – a súlypontok által leírt ív hosszával kellene meghatározni. Ennek hiánya különösen erősen szabálytalan alakú keresztzelvényekkel határolt test esetében okoz nagyobb eltérést, amikor a súlypontok vonala és a tengelyvonal ívhossza között nagy a különbség. Ez a hiba erdei utak gépi földmunkájánál elhanyagolható.

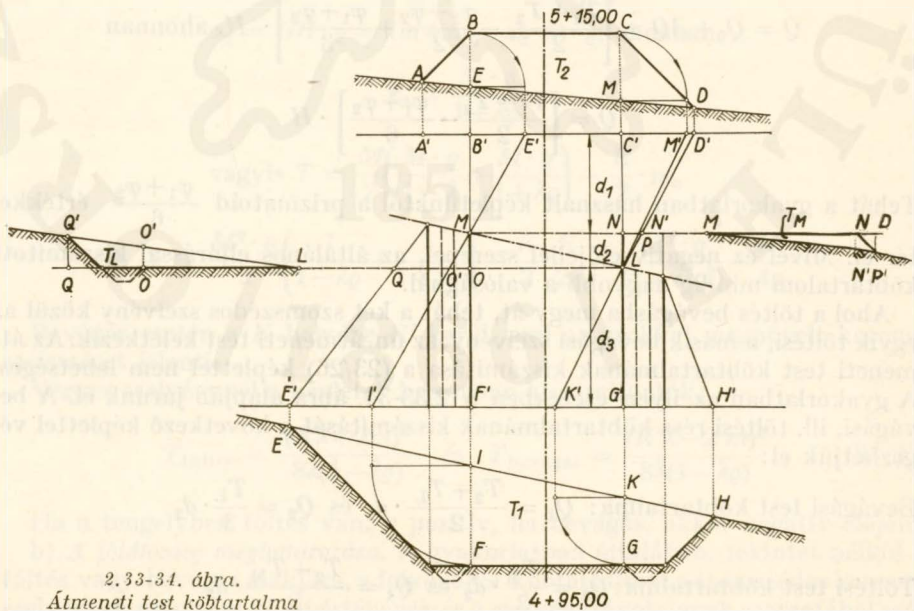
A pontos számítás a következő képlet alapján történhet:

$$Q = Q' \cdot \left[1 \pm \frac{e_1 + e_2}{2S} \right] \quad (23/27)$$

ahol e_1 és e_2 a súlypontoknak a tengelyvonaltól való távolsága. A forgási középpont felé való excentricitás esetén $a(-)$, ellenkező esetben $a(+)$ előjelet kell alkalmazni.

Q' = a köbtartalom a súlypontok eltéréseinek figyelembevétele nélkül m^3 -ben.

A tömegesen jelentkező földtömegszámítást táblázatosan oldjuk meg (2.33-III. táblázat). A táblázat a (23/26) képlet figyelembevételével készült, ahol a szelvénytől szelvényig számított távolság felét $\left(\frac{H}{2}\right)$ szorozzuk a szelvényterületek összegével. Céljainknak elegendő pontosságot szolgáltat, ha



2.33-34. ábra.

Átmeneti test köbtartalma

4+95,00

Szelvényszám	Távolság		Szelvényterület			Kőbirtalom		Elosztás			Szakaszhatár szelvénye			Szakasz száma súlypont távolság számításba veendő szállítási távolság	Szelvényben felhasznált földmennyiség	Föld mozgása a szakaszban			Szállító eszköz	Talaj osztály			
	szelvényközpontra	súlypont	egyenként	együtt		töltés	birtalomból	szelvényben felhasznált	hiány		Tömeges elosztás szelvényben	Szakaszhatár szelvénye				ben felhasznált	lőtésbe	depótérbe			arókból töltésbe	Összes földmozgás	
				töltés	birtalomból				hiány	hiány		teljesleg	lőtésbe										depótérbe
18	60,03	—	—	9,0	—	—	—	—	85	—	85	53	18+66,93	—	—	—	—	53	—	53	taliga	VI.	
19	01,18	4,5	0,5	4,5	13,5	3	3	84	81	—	81	32	→	→	→	→	→	→	→	→	taliga	VI.	
20	13,68	8,9	0,2	8,9	18,2	6	146	6	140	6	140	39	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
21	09,50	7,4	1,0	7,6	10,3	62	84	62	84	62	197	40	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
22	08,02	7,4	0,2	7,4	10,3	209	12	12	12	12	197	80	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	IV.	
23	19,47	0,2	5,3	13,3	5,5	133	55	55	78	—	—	269	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
24	03,68	3,5	0,1	3,5	5,2	35	52	35	52	35	17	173	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
25	13,68	1,2	1,2	2,3	1,3	230	13	13	217	—	—	140	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
26	09,50	0,8	3,3	2,0	3,3	20	333	20	313	—	—	173	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
27	09,50	8,0	13,8	8,8	13,8	88	88	88	50	—	—	101	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
28	09,50	6,1	2,5	13,0	25	130	25	130	25	—	—	105	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
29	09,50	0,2	17,1	6,3	86	32	32	32	54	—	—	101	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
30	09,50	5,0	5,0	14,6	5,2	73	26	26	47	—	—	101	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
31	09,50	11,2	11,2	16,2	16,2	162	—	—	162	—	—	162	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
32	09,50	14,3	2,6	25,5	26	255	26	255	26	—	—	229	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
33	09,50	1,9	27,3	4,5	41,8	23	209	23	186	—	—	186	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
34	09,50	3,2	25,1	5,1	52,6	51	526	51	475	—	—	475	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
35	09,50	19,5	3,2	44,6	16	223	16	207	207	—	—	360	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
36	09,50	19,4	—	38,9	—	360	—	360	—	—	—	162	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
37	09,50	15,2	0,2	34,6	1	173	1	173	—	—	—	172	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
38	09,50	0,0	15,2	0,2	34,6	20	93	20	73	—	—	73	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
39	09,50	41,27	0,8	58,1	16,0	20	93	20	73	—	—	73	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
40	09,50	51,27	0,6	80,1	1,4	465	81	81	384	—	—	1119	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
41	09,50	53,96	2,69	1,34	182,6	3	423	3	1145	—	—	1077	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
42	09,50	63,96	10,0	5,00	106,5	—	269,1	—	1346	—	—	269	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
43	09,50	71,71	7,75	3,87	6,2	3,4	112,7	3,4	423	—	—	423	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
44	09,50	79,49	7,78	3,88	—	17,3	6,2	20,7	24	—	—	56	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
45	09,50	89,47	9,98	4,99	—	14,7	—	32,0	160	—	—	160	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
46	09,50	99,47	10,00	5,00	2,0	17,0	2,0	31,7	10	—	—	149	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
47	09,50	19,47	20,00	10,00	6,0	11,5	8,0	28,5	80	—	—	205	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
48	09,50	—	—	—	—	540,4	3809	—	727	—	—	3082	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
49	09,50	—	—	—	—	—	—	—	4677	—	—	—	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	
50	09,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	←	←	←	←	←	←	←	←	taliga	V.	

Talajosztály	Átmeneti	Maradandó
	lazulás	
	%	%
I.	8–17	1–2,5
I. (tőzeg, humusz) ...	20–30	3–4,0
II.	14–28	2–5,00
III.	24–30	4–7,00
IV.	33–37	11–15
V–VII.	30–45	10–20
Szikla	45–50	20–30

Kétféle lazulást különböztetünk meg: átmeneti és maradandó lazulást. Jó gépi tömörítés után maradandó lazulás nemigen van, sőt az eredetihez képest térfogatcsökkenés, tömörödés lehetséges.

A lazulás mértékét fejtési osztályok szerint a 2.33-IV. táblázat adatai tartalmazzák.

Az átmeneti lazulás a földszállítási költségek megállapításánál mérvadó, míg a maradandó bizonyos anyagfelesleget eredményez.

A lazulást az erdei útépítések viszonylag kisméretű földmunkáinál legtöbbszörre elhanyagoljuk, különösen akkor – és ez főleg a modern gépi földmunkákra jellemző –, ha szigorú tömegkiegyenlítésre nem törekszünk és a tömegfelesleget oldalt deponáljuk, illetőleg a földhiányt oldalról fedezzük.

Nagyobb építményeknél a bevágási földmennyiséget megfelelően növelni kell. Különösen nagy kiterjedésű földmunkáknál és maradandó lazulás szabatos meghatározásánál próbatömörítést szokás végezni.

d) *A földtömeg elosztása.* A földtömeg elosztásán azt a tevékenységet értjük, amellyel a tervező megállapítja, hogy a bevágásból kikerülő föld hová kerül elhelyezésre, illetve az egyes töltésrészek számára a földet honnan nyerjük.

A földtömegelosztás megtervezésénél az alább ismertetett fogalmakat használjuk:

Azt a munkát, amellyel a helyszínen nőtt, termett földet fellazítjuk, és mozgatható állapotba felkészítjük, *földfejtésnek*, amellyel elhelyezzük, *beépítésnek*, majd amellyel megfelelő tömörségi állapotba helyezzük, *tömörítésnek* nevezzük. Az egyik helyről a másik helyre való szállítást *földmozgatásnak* nevezzük.

Az emberi erővel végzett földmunkát *karosmunkának*, és az ilyen földmozgatást karolásnak nevezzük. A földmozgatás (földszállítás) történhet a pályatengely irányában, vagy erre merőlegesen. Az első esetben hosszszállításról, a második esetben keresztállításról beszélünk.

Azt a tevékenységet, amellyel arra törekszünk, hogy a bevágási földtömeg éppen fedezze a töltés szükségletét *kiegyenlítésnek* nevezzük. Ez a törekvés csak a gazdaságosság határain belül indokolt, vagyis az összes (fejtési, szállítási és tömörítési) költségek összegének minimumára kell törekedni.

A bevágási felesleget *depóniába* helyezzük, a töltési hiányt a pálya mellett létesített anyagárokba fedezzük. A felesleget és hiányt a földmű részsűinek módosításával is eltüntethetjük.

A talajokat fejtési szempontból osztályozni szokás. Ez az osztályozás a 2.33-V. táblázat alapján történik. A földtömegszámítás során azt is ki kell mutatni, hogy az egyes szelvényekben milyen talajosztályt kell fejtetni, illetve szállítani. Egy szelvényen belül több talajosztály is előfordulhat. Pl. a 2.33-35. ábrán látható keresztzelvény alsó részében szikla, a felsőben köves talaj és a legtetetjén termőföld található. Ezekre az esetekre a tervezés során ásandó próbágódrök (talajfeltárás) adnak útmutatást.

a szorzást logarléccel végezzük és az eredményt kerek m^3 -ben tüntetjük fel a kikerekítési általános szabályai szerint.

Átmeneti testeknél a földtömeget külön kiszámítjuk és egy rovatot kettéosztva külön-külön beírjuk a töltés és bevágás értékét.

c) *A fejtés következtében előálló földlazulás.* A bevágásból vagy anyagnyerőhelyről kitermelt föld fellazul, tehát térfogatában növekszik. A lazulás mértéke függ a talaj állapotától és a fejtési eszköztől is.

Talajosztály	Szilárd-sági állapot	Földnem vagy kőzet	Fejtési mód	Nőtt föld- átlag- súlya kp/m ³	Lazulási %		Földfej- tés karol- lás, szál- lító esz- köz bera- kás m ³ /óra	Kohézió Mp/m ²
					kez- deti	mar- dandó		
I.	Laza	Laza homok, laza termőtalaj tőzeg	Ásó, lapát	1500	15	2	1,7–1,8	0,25
II.	Kis kötöttségű	Nedves homok, homokos vályog, homokos kavics, tömör termőföld fő gyökérszettel, nedves laza lösz	Ásó, lapát, csákány	1600	21	3	1,5–1,6	(0–) 2,5–5,0
III.	Kötött talaj	Tömör homok, kövér agyag, nehéz homokos agyag, durva kavics, száraz lösz, homokos agyag kőzűszalékkal	Csákány lapos vége, lapát	1800	27	4	0,9–1,0	5–7
IV.	Erősen kötött talaj	Tömör agyag, kövér agyag kőzűszalékkal v. kavicssal, palás agyag, nagyszemű kavics	Csákány hegyes végével és bontórúd	2000	35	6	0,5–0,6	7–9
V.	Sziklás talaj	Tömör megkeményedett lösz, lágy mész v. homokkő, konglomerát	Részben kézi erővel, bontórúd, fejtőkalapács, helyenként robbantás	2200	37	8	0,4–0,5	9–100
VI.	Szikla	Tufa, közepes kemény pala v. márga, mésszel kötött konglomerát	Fejtőkalapács ék, bontórúd és robbantás	2500	37	10	0,2–0,3 0,4–0,5	100–500
VII.	Tömör szikla		Csak robbantás	2800	47	20	0,2–0,3 0,4–0,5	500

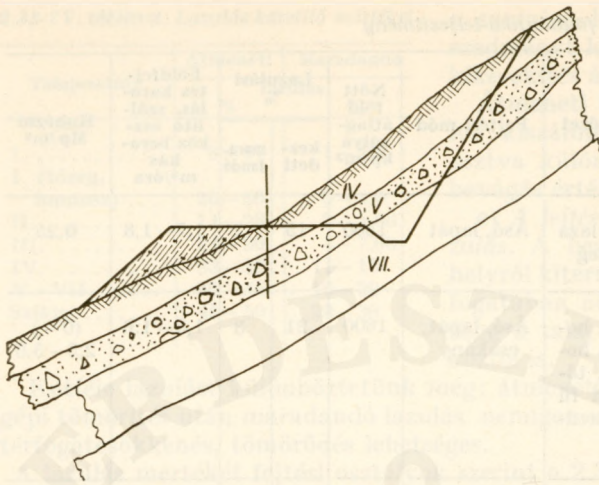
A tömegelosztás tervezésénél a következő szempontokat vegyük figyelembe: Fejtés és tömörítés módja és költségei.

A földszállítás módja és költségei.

Az építményünk által elfoglalt terület gazdasági célja, illetve értéke.

A földmű méretei és a talajállapot miatt szükséges műtárgyak költségei.

Az egyes paraméterek egymással sokszor szoros összefüggésben vannak.



2.33-35. ábra. Különböző talajosztályok ugyanazon keresztelvényben

A kézi földfejtés költségei — különösen a magasabb talajosztályoknál — igen jelentősek. Ilyen esetben tehát a bevágásokból a töltésekbe való földmozgatás nagyobb távolságra is gazdaságosan tervezhető, míg a gépi munkánál gyakran kifejtett anyagot oldalt elhelyezni — deponálni — és a töltés részére, annak közelében újat fejteni. Ezért a földtömegelosztás tervezésénél a fejtési módokat, azoknak költségeit össze kell vetni a tervezett földszállítási módokkal.

Ugyanez áll a tömörítésre is. Megbízható tömörítés nélkül nincs állékony földmű. Ha nincs tömörítési kapacitásunk, a teherbíró pályatestet inkább nöött földre tervezzük.

A földszállítás eszközei és költségei tehát lényegesen befolyásolják a tömegelosztás tervezését.

A földszállítás tervezésénél — különösen a keskeny erdei utaknál — gondolni kell a szállító járművek fordulási lehetőségeire és a gépek felvonultatására.

A földmunkákat — anyagnyerőhelyeket, deponiákat — az is befolyásolja, hogy az út által elfoglalt terület mennyire értékes és egyáltalában mennyire ésszerű annak elfoglalása építményünk céljaira. Értékes belterületeken a feltétlen szükséges földműméretek deponiákkal, anyaggyödrökkel nem növelhetjük. Ilyen helyeken teljes földtömegkiegyenlítésre kell törekednünk, vagy az anyagot nagyobb távolságra, illetve távolságról kell szállítanunk. (Ilyen helyeken a maradandó lazulást is pontosan számba kell venni).

A műtárgyaknak és költségeiknek is nagy befolyásuk van a tömegelosztásra. A műtárgyak által elfoglalt terület, alapárkukból kiemelt és oda vissza nem töltött föld térfogatát le kell vonni a töltés köbtartalmából.

Ha a földfejtés során kikerülő kőanyagot burkolat vagy műtárgyak céljaira külön rakásoljuk, ennek mennyisége szintén levonásra kerül a kifejtett földtömegeből.

Ahol költséges műtárgyakat megtakaríthatunk töltés növelésével — az áthidalandó völgyeket betöltésével —, ott gondoskodni kell a hiányzó földmennyiség fejtéséről vagy helyszínre szállításáról.

A korszerű földmunkagépekkel a földfejtés költsége a kézi fejtéssel szemben annyira csökkent (1/5), hogy az erdei utak műtárgyait csak a vízátbocsátáshoz feltétlenül szükséges nyílásra méretezzük és a többi területet betöltjük földdel.

A földtömegelosztás szempontjait már bizonyos mértékig a pálya vízszintes és függőleges értelmű tervezésénél is figyelembe kell venni. Pl. a tolélemez földmunkagéppel — bulldozerrel — épített erdőgazdasági útjainknál nem gazdaságos 30 m-nél hosszabb szállítást tervezni, így az utat főleg kereszt-szállítással, vagyis szelvényben tervezzük. Mivel a tömörítés nehézkesen oldható meg, a tengelyvonalat a semleges vonal fölé nyomjuk és a pálya részére így legalább 2/3 — 3/4-ed részig nöött földet biztosítunk.

Vigyáznunk kell arra, hogy a földmunkagép milyen irányból dolgozik. (Bulldozer teljesítménye nagyobb felülről lefelé). Így nagyobb árok betöltésére tervezett anyaggyödör csak az árok fejtési irányba eső oldaláról tervezhető.

Általános szabály, hogy kerüljük az emelkedő irányába történő földmozgatást. Ha teljes kiegyenlítésre is törekszünk, az csak lejtő irányában történő földmozgatáson alapuljon.

A mozgatott föld szállítási távolságán a töltési és bevágási pályatest súlypontjainak távolsága értendő. Ez a költségek kiszámításánál alapul vett távolság. Az egyes fejtési módok és főleg fejtőgépek alkalmazásánál azonban a legnagyobb mozgatási távolságot is figyelembe kell venni, ami a gépek hatósugarára szempontjából mértékadó.

A tömegelosztást táblázatosan végezzük el (2.33-III. táblázat). Noha a hosszszelvény maga is ad némi tájékoztatást a tömegek elosztásáról, könnyebb áttekinthetőség végett szokás grafikus tömegelosztást készíteni.

2.339 A tervműveletek (tervdokumentáció) kiállítása és a tervezési munkák előkészítése

Az erdészeti gyakorlat igényei alapján az erdei **feltáróút** műszaki tervdokumentációjának a következő részlettervekből kell állnia:

- a) Általános helyszínrajz.
- b) Részletes helyszínrajz.
- c) Részletes hossz-szelvény.
- d) Keresztszelvények.
- e) Írott hossz-szelvény.
- f) Földtömegszámítás és tömegelosztás.
- g) Műszaki leírás.
- h) Műtárgyak.
- i) Költségvetés.

a) *Általános helyszínrajz.* Méretaránya 1 : 50 000 vagy 1 : 25 000. Áttekinthetően tartalmazza a tájnak a tervezett úttal feltárt gravitációs egységét. Fel kell tüntetni rajta a meglévő állapotot, csatlakozó kiépített közutak, MÁV és gazdasági vasutak, állomások, vízi rakodók helyeit, továbbá a tervezett új létesítményt.

Ugyancsak jelölni kell a tervezett felvonulási épületeket, anyagnyerő és anyagátoló helyeket, rendeltetési vasútállomást és az anyagok szállítására szóba jöhető útvonalat. A helyszínrajzhoz jelmagyarázatot kell csatolni. A helyszínrajznak összhangban kell lennie a később tárgyalt műszaki leírás hivatkozásaival.

b) *Részletes helyszínrajz.* Méretaránya 1:2000 vagy – kisebb létesítményeknél – 1:1000, nagyobb műtárgy építésénél vagy útcsatlakozásoknál, (delta) 1:500, a rakodóknál a rakodói technológia feltüntetésével 1:500 méretarányú részletes helyszínrajz ajánlatos.

A helyszínrajz tartalmazza az út tengelyvonala mentén a meglévő állapotot, továbbá az új létesítmények mérethelyes elrendezését. Fel kell tüntetni rajta az út szelvényezett tengelyvonalát, az ivviszonyokat, rakodók, kitérők, anyagárkok, deponiák kialakítását, valamint a műtárgyakat, patakszabályozásokat, pályakereszteztést, útlejárókat, esetleges felvonulási (ideiglenes) utakat, vízelenítés megoldását stb., azok helyének és a jellemző méreteinek megjelölésével.

c) *Részletes hossz-szelvény.* 1:2000 vagy kisebb létesítményeknél 1:1000 hosszúsági és 1:200, ill. 1:100 magassági méretarányban készül. Tartalmaznia kell a tervezett útvonal terep- és pályaszintjét, a töltés és bevágás mérőjegyeit, a

lejtési- és irányviszonyokat, a fontosabb létesítmények helyét. Fel kell tüntetni a műtárgyak magassági elrendezésének lényeges adatait és a tervezett vízelvezetési adatokat, árkokat.

A hossz-szelvény első lapja a jelmagyarázó, amely a hossz-szelvényvel mindig együtt, ugyanazon a pauszlapon készül. A jelmagyarázó a jelkulcs szerint csak azokat a jelöléseket tüntetheti fel, amelyek a hossz-szelvényen is megvannak.

d) *Keresztszelvények.* Mintakeresztszelvényt kell készíteni a tervezett út jellegzetes szelvényeiről, tehát külön az egyenesben és külön az ívben, úgyszintén töltésben, illetve bevágásban fekvőről. A mintakeresztszelvény méretaránya 1 : 50. A mintakeresztszelvényen fel kell tüntetni a tervezett pályaszerkezet részleteit (szélesség, vastagság, oldalesés stb.), valamint a földmű kialakítását (padka, árok, rézsűkiképzés) és a kiegyenlítő pályaszintet. A mintakeresztszelvényeket mindig a részletes keresztszelvények elé elhelyezett külön lapon kell elkészíteni, és a borítólapba beerősíteni.

A részletes keresztszelvényeket torzítás nélkül, 1 : 100 méretarányban kell megrajzolni. A keresztszelvények tartalmazzák a terep keresztirányú metszetét, a tervezett úttengely mindkét oldalán olyan szélességben, hogy az úttest kiképzésén kívül az úthoz közvetlenül csatlakozó tereprész tervezett kialakításáról is képet nyerjünk, így a kitérők, rakodók, anyagnyerő és lerakó helyek (deponiák) stb. keresztmetszeti kiképzését is fel kell azokon tüntetni. Meg kell adni az úttengelyben a terep és a pályaszint magassági adatait, továbbá a szelvény bevágási, illetve töltés részének keresztmetszeti területét – a humuszréteg figyelembevételével. Amennyiben a felvett keresztszelvény a tengelyre valamilyen oknál fogva nem merőleges, vagy ívekben nem sugár irányú, a merőlegetől, illetve normálistól való eltérés hajlásszögét fel kell tüntetni.

e) *Írott hossz-szelvény.* Tartalmazza a szelvényezési, magassági, lejtési és irányviszonyokra vonatkozó részletes adatokat, mérőjegyeket, továbbá a műtárgyak és egyéb létesítmények, rézsűbiztosítások stb. fontosabb adatait.

f) *Földtömegszámítás és elosztás.* Tartalmazza a földmunka tömegének számítását, a bevágás és töltés mennyiségének, azok nyerési és beépítési helyének, a talajosztálynak, szállítási távolságoknak, az anyagnyerőhelyeknek és deponiáknak feltüntetésével, megjelölve, hogy hossz- vagy keresztzállítással történik az építés. A tömegek ezen részletezésnek megfelelően összesítve is kimutatandók.

g) *Műszaki leírás.* Fejezetekre elkülönítve tárgyalja a gazdasági tanulmányt, a feltáróút gazdasági célját, beilleszkedését a tájba, illetve csatlakozását az országos szállítási és közlekedési hálózatba (közforgalmú utak, vasutak, állomások, vízirakodók stb.), az út vonalvezetésére, hosszára, kanyarulati és lejtési viszonyaira, al- és felépítményére, a vízrajzi és geológiai viszonyokra, műtárgyakra, az útlejárókra, keresztezésekre, a kitérőkre, rakodókra, úttesttartozékokra vonatkozó jellemző adatokat, továbbá a műszaki tervekben kidolgozott megoldások tömör leírását.

Kiterjed az építési munka mindazon tényezőire, amelyeket a részlettervek nem tartalmaznak, és részletes építési utasítást ad, kiemelve azokat, amelyeknek betartására a tervező külön is felhívja a kivitelező figyelmét.

Külön fejezetben tárgyalja a helyszíni talaj- és kőzetfeltárások alkalmával vett minták vizsgálati adatait. Tartalmazza az altalaj minőségének, állapotának szükség szerinti leírását, a vizsgálat időpontjában a talajvízszint állását, továbbá javaslatot tesz a tervezett út, vagy egyes szakaszainak megfelelő kialakítására (talajcsere, víztelenítés stb.), kiterjed az anyagnyerőhelyek felkutatására és vizsgálatára is.

Külön fejezet tartalmazza a tervezésnél használt, meglévő és esetleg újonnan meghatározott magassági és vízszintes alappontok, valamint a kitézött vonal állandósított tőrés- és iránypontjainak magassági mérőjegyeit – a magassági rendszer feltüntetésével –, továbbá a vízszintes koordinátáit. Az alappontjegyzékhez szükség szerint vázlatot kell csatolni, amely az alappontok felkutatását és azonosítását lehetővé teszi.

Ugyancsak itt kell megemlíteni a terület igénybevételére vonatkozó adatokat. Ha az útépitéshez idegen tulajdonban levő ingatlanokat kell felhasználni, a tervező által készített helyszíni kitézési és elhatárolási adatokat, vázlatokat fel kell sorolni annak megjelölésével, hogy a kisajátítási termőművelet ki készítette el.

Végül fel kell sorolni azokat az adatokat, amelyek a fenti felsorolású fejezetekbe nem voltak beilleszthetők. Itt kell felsorolni és csatolni azoknak a jegyzőkönyveknek a másolatait, amelyek az út tervezésével, építésével kapcsolatban utasításokat, határozatokat tartalmaznak.

h) *Műtárgyak*. 2,0 m-nél kisebb nyílású műtárgyak: áteresztők, szivárgók, csatolandók az építési, illetve szabványtervek a megfelelő adaptálással.

2,0 m-nél nagyobb nyílású műtárgyak esetén csatolni kell a műtárgyak teljes műszaki tervdokumentációját az előírt tartalommal, szükség esetén különálló kötetben.

Itt kell csatolni a rakodótámfal (ponk), továbbá a tám- és bélésfalak keresztmetszeti rajzait, valamint szükség esetén a korlátok, kerékvetők, km és hm jelzők típusrajzait.

Az alárendeltebb erdőgazdasági utakhoz – az irányító hatóság engedélyétől függően – összevont tervdokumentáció is készülhet. Itt a gyűjtőutak tervezésénél el szokott maradni a „Részletes helyszínrajz”, a „Keresztszelvények” és az „Írott hossz-szelvény”.

A termőműveletekhez tartozó „Költségvetés” készítéséről más fejezetben fogunk beszélni.

2.4 Talajmechanikai alapismeretek

2.41 Bevezetés

Végső soron minden építmény a talajra támaszkodik, egyesek pedig magából a talajból készülnek. Ez a két körülmény szükségessé teszi, hogy megismerjük a talaj fizikai tulajdonságait, az erőhatások következtében a talajban keletkező változásokat, az ébredő feszültségeket és alakváltozásokat. A talajjal műszaki szempontból foglalkozó tudomány a talajmechanika. A talajmechanika három részre tagozódik.

Feladata elsősorban a talajfizikai jellemzők megállapítása.

A talaj nem olyan homogén anyag, mint a többi építőanyag, pl. a vas vagy akár a vasbeton. Ezeket az anyagokat néhány adattal kellőképpen tudjuk jellemezni. A rugalmassági modulus, a törőfeszültség, a folyási határ már elegendő arra, hogy egy vasból készült szerkezetet méretezzünk. A talaj különböző átmérőjű szemcsék halmaza, melynek tulajdonságai elsősorban a szemcsék átmérőjétől, a szemcsék közötti hézagokban levő víztől, a szemcséket alkotó ásványok kolloidkémiai tulajdonságaitól függenek. Ezeket is nehéz konkrét számokkal meghatározni, nem beszélve arról a sok körülményről, amelyek hatással lehetnek a talajok viselkedésére. A talajok műszaki jellemzéséhez tehát sok adatra van szükség. A feladat természetétől függően azután ezeknek a jellemzőknek egy-egy csoportját használjuk fel.

A talajmechanika másik feladata az, hogy megállapítsa az erőhatások kö-

vetkeztében a talajban ébredő feszültségeket, a feszültségek eloszlását és az alakváltozásokat. Az elméleti talajmechanika ma már jórészt megoldotta ezeket a problémákat. Meg kell azonban jegyezni, hogy az elméleti talajmechanika matematikailag kifogástalan eredményeit csak úgy lehet levezetni, ha a talajt jellemző adatok közül a leglényegesebbeket vesszük csak számításba. Az egyszerűsítés természetesen növeli az eredmény bizonytalanságát. A gyakorlat számára nehézséget okoz az, hogy az elméleti eredmények alkalmazása gyakran igen hosszadalmas számítást igényel. Ezek a körülmények hívták életre a gyakorlati talajmechanikát.

A gyakorlati talajmechanika a talajfizikai jellemzők alapján, részben empirikus összefüggésekben ad tájékoztatást a tervezéssel és kivitelezéssel foglalkozó gyakorlati mérnök számára, részben azonban figyelembe veszi az elméleti talajmechanika eredményeit nomogramok és táblázatok útján.

Minket elsősorban a talajfizikai jellemzők és a gyakorlati talajmechanika érdekel. A továbbiakban megismerkedünk a talajmechanika azon részével, amelyek az erdőmérnök számára ma már nélkülözhetetlenek. Így elsősorban az útépitések és a földművek talajmechanikájával foglalkozunk.

Az első, talajból készült építményekkel már az ókorban találkozunk. Ilyenek voltak pl. az avarok árokkal és földhányással körülvett települései. A mérnöki tudományok fejlődése ezen a téren a XVIII. században indult meg, bár már Leonardo da Vinci is sokoldalúan foglalkozott a talajjal, mint építőanyaggal és az alaptestek hordozójával. A kísérleti kutatások szükségességét sokáig nem érzik, és a XVIII–XIX. században keletkezett munkák a talajt mint ideális anyagot vizsgálják. Ennek ellenére egyes megállapításaik, mint pl. *Coulomb* földnyomáselmélete, kisebb változtatásokkal ma is megállják a helyüket. A múlt század végén már tekintélyes irodalom foglalkozik műszaki szempontból a talajjal. Ekkor azonban még hiányoztak azok az alapfogalmak, amelyek az elméleti megállapítások általánosítását lehetővé tették volna. A mai értelemben vett talajmechanikának a keletkezéséhez két bizottság működése adta meg a döntő lökést.

1912-ben a svéd államvasutak létrehozták a Geotechnikai Bizottságot, mely a gyakori és nagy kárt okozó földcsuszamlások okának felderítésével foglalkozott. Az Egyesült Államokban a felhőkarcolók alapozási problémáit vizsgálta az Alapozási Bizottság.

A modern talajmechanika keletkezését *Terzaghi Károly* professzor 1925-ben kiadott *Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundelage* c. könyvének megjelenésétől számítják. Ettől kezdve a talajmechanika rohamos fejlődésnek indult, és ma már kialakult tudománynak tekinthető, amely tisztázta a legfontosabb elméleti és gyakorlati kérdéseket. Így kialakult a talajfeltárások módja, a laboratóriumi vizsgálatok módszere, és ezek alapján a tervezés és kivitelezés irányelve.

A talajmechanika társtudományai közé sorolható a talajtan, a geológia és a kolloidkémia. Az első kettőtől sok vizsgálati módszert is átvett. Ilyenek az *Atterberg-féle* konzisztenciahatárok. A talajtan és a kolloidkémia a talajok dinamikus egyensúlyára vonatkozóan ad felvilágosítást, melyet különösen a talajstabilizálásnál tudunk hasznosítani. A geológiából megismerjük a talaj múltját, mely sokszor önmagában is jó tájékoztatást ad.

A talajmechanika hazai művelői közül elsősorban *Jáky József* professzort kell megemlíteni. Európában az elsők között létesített talajmechanikai laboratóriumot, és a tudományág világhírű művelője volt. Tanszékünk egykori professzora, *Modrovich Ferenc* korán felismerte, hogy a technikai lehetőségek alsó határán mozgó erdei útépitéseket csak a talajmechanika ismeretében lehet olcsón és jól megtervezni és végrehajtani. E tárgy keretében oktatta is a talajmechanikát és megvetette talajmechanikai laboratóriumunk alapját.

2.42 Talajfizikai jellemzők

A talajfizikai jellemzők lehetővé teszik, hogy a talajt egyéni, szubjektív megítéléstől mentesen, mindig azonos módon végzett vizsgálatok eredményeinek számadataira támaszkodva értékeljük, és értékelésünk eredményét a talajjal kapcsolatos műszaki munkák tervezésénél és kivitelezésénél hasznosítsuk.

A talajfizikai jellemzők elsősorban választ adnak a talajt alkotó ásványi szemcsék nagyságrendi eloszlására, és mindazokra a tulajdonságokra, amelyek csak a talaj ásványi összetételétől függenek, bármilyen legyen is pillanatnyi állapota. Más jellemzők viszont a talajállapotról vonatkozóan adnak felvilágosítást, mások pedig a talaj terhelés alatti viselkedéséről tájékoztatnak, pl. arról, hogy terhelés hatására milyen alakváltozások következnek be stb.

A következőkben a talajfizikai jellemzők meghatározását csak olyan mértékben ismertetem, amennyire ez lényegük megértése szempontjából szükséges, ill. amennyire ezt gyakorlati célunk megköveteli. A laboratóriumi és terepi vizsgálatok részleteire vonatkozóan utalok *Dr. Kézdi Árpád: Talajmechanikai praktikum c. könyvére.*

2.421 Szemeloszlás

A talaj különböző átmérőjű szemcsék halmaza. Elsősorban meg kell határozni azt, hogy a különböző átmérőjű szemcsék hányadrészét képezik a talajnak. A szemcséket talajfrakciókba csoportosítjuk:

kavics	> 2	mm \emptyset
homok	2,0 – 0,1	mm \emptyset
homokliszt	0,1 – 0,02	mm \emptyset
iszap	0,02 – 0,002	mm \emptyset
agyag	< 0,002	mm \emptyset

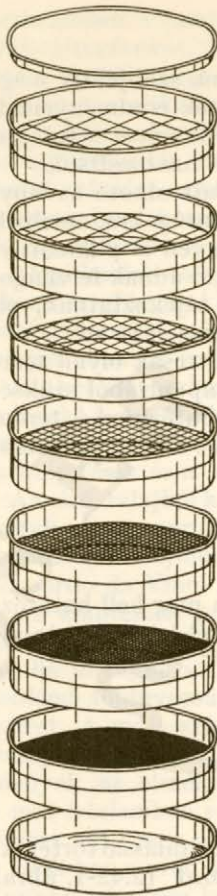
A szemeloszlás megállapítása 0,06 mm szemcseátmérőig a szitálással történik. A súlyállandóságig kiszárított és megmért talajt szitasorozat (2.42-1. ábra) legfelső szitájára helyezzük és kézzel vagy géppel addig rázzuk, míg egyik szitáról a másikra áthullást tapasztalunk. Ezután megmérjük az egyes szitákon fennmaradó anyag súlyát és ebből képezzük az átesett súlyokat. Az átesett súlyokat az egész vizsgált anyag százalékában kifejezve megszerkesztjük a szemeloszlási görbét (2.42-2. ábra).

A talajt nem szükséges feltétlenül kiszárított állapotban szitálni, kötött talajoknál ez nem is ajánlatos. A feltétel csak az, hogy a talajszemcsék ne tapadhassanak össze, mert akkor hamis képet kapnánk a szemeloszlásról. Ilyenkor azonban meg kell határozni a talaj víztartalmát, és a mért súlyokat átszámítani száraz súlyra.

A szemeloszlási görbe összegező, integrál görbe. A görbe ábrázolása szemilogaritmikusan történik, mert aritmetikusan nem kapnánk olyan jellegzetes vonalakat, mint így, tekintettel arra, hogy az ábrázolandó mennyiségek tartománya több nagyságrendet tesz ki. A görbe valamely pontja megmutatja, hogy a ponthoz tartozó szemcseátmérőnél kisebb szemcsék hány százalékát teszik ki az egész anyagnak. Eszerint valamely frakcióhoz tartozó talajrész arányát úgy kapom meg, hogy a frakció határait megadó átmérőkhöz tartozó százalékokat kivonom egymásból. Pl. a 2.42-2. ábrán a homokfrakció határaihoz tartozó százalékok 100% és 70%, tehát a talajnak 30%-a homok.

A görbe futására jellemző az egyenlőtlenégi együttható

$$U = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$



2.42-1. ábra.
Szitasorozat

D_{60} a 60%-hoz, D_{10} pedig a 10%-hoz tartozó átmérő. Az utóbbit hatékony átmérőnek is nevezzük. A mértékadó szemmagyság a szemcsehalmaz legnagyobb súlyszázalékban előforduló szemcséjének átmérőjét adja meg. Ha ismerjük a szemeloszlási görbe egyenletét, akkor a mértékadó szemmagyság le is vezethető, de a szokványos lefutási görbénél elegendő pontossággal megadja az inflexiós pont is. A mértékadó szemmagyság elvben megadja a talaj elnevezését és utal legfontosabb tulajdonságaira.

Bár vannak 0,06 mm-nél kisebb sziták is, ezeknek használata már körülményes, és az iszap, valamint az agyagfrakció elkülönítését ezek sem oldják meg. A talajtanból ismeretesek olyan eljárások, amellyel szétválaszthatók a kis átmérőjű frakciók.

A talajmechanikában általában a *Bouyoucos – Casagrande*-féle hidrométeres iszapoló eljárást alkalmazzák.

Az eljárás a *Stokes*-féle törvényen alapszik, mely szerint a folyadékban levő szemcsék különböző sebességgel ülepednek le. A gömb alakú szemcse süllyedési sebessége:

$$v = \frac{s - \delta}{18\eta} \cdot D^2,$$

ahol s a talajszemcse fajsúlya, δ a folyadék fajsúlya, η a folyadék viszkozitása. Az utóbbi kettő a folyadék hőmérsékletével változik. D a talajszemcse átmérője. Ezzel a képlettel meghatározható, hogy egy D átmérőjű szemcsének mennyi időre van szüksége ahhoz, hogy Z mélység alá süllyedjen. A Z mélység felett azután már csak a D átmérőnél kisebb szemcsék lehetnek. A vizsgált anyag minél nagyobb részét alkotják a D átmérőnél kisebb szemcsék, annál sűrűbb lesz a folyadék Z mélység felett. Elegendő sűrűségmérést végeznünk, hogy meghatározzuk a D átmérőnél kisebb szemcsék súlyszázalékát.

Casagrande ezen elvek alapján nomogramot szerkesztett, amelyből a hidrometrálási idő és valamennyi körülmény figyelembevételével leolvasható az a szemmagyság, amelyhez tartozó súlyszázalék

$$S\% = \frac{100}{W_0} \frac{s}{s-1} (R+m)$$

$$R = 10^3(R' - 1),$$

ahol R' a hidrométerleolvasás, m a hőmérsékletkorrekció

A 2.42-3. ábrán láthatjuk a hidrometrálás végrehajtására szolgáló menzúrát, a sűrűségmérő hidrométert és a folyadék hőmérsékletét mérő hőmérőt. A felszerelést kiegészíti még egy stopperóra, hiszen az eljárás alapfeltétele, hogy pontosan mérjük a víz és talaj összekeverésétől eltelt időt. A keverés történhet géppel, vagy a tenyérrel befogott menzura föl- és leforgatásával. A 2.42-4. ábra a kézi keverést és a hidrométer bemerítését mutatja.

A hidrométeres eljárás 0,06 mm szemcseátmérő alatti szemcsékből álló talajnál egyedül is alkalmas a szemeloszlás megállapítására. Vegyes szemeloszlású talajoknál a szítást és hidrometrálást együtt kell használnunk. Ez a vegyes eljárás.

SZEMELOSZLÁSI VIZSGÁLAT

S z i t á l á s

Átszítálandó talaj súlya

$W_n = 49,89$ gr

$W_o = 4348$ gr

Szita lyuk- bősege D (mm)	Fennmaradt talaj súlya (gr)	Á t e s e t t :	
		Súly(gr):	%
70,00			
40,00			
20,00			
5,00			
2,00		43,48	100
1,00	0,16	43,32	100
0,50	1,03	42,29	97
0,20	5,89	36,40	84
0,063	7,09	29,31	$S' = 67$
Maradék:	29,31		
Összesen:	43,48		

Mintavétel helye:	Törzsszám: 3 426
Szurkosárok út	F = 29,5 %
1+52,26	P = 22,7 %
0,50 m-ről	P _f = 6,8 %

Talajmegnevezés: Iszapos homokliszt
 Fagyveszélyessége: Erős

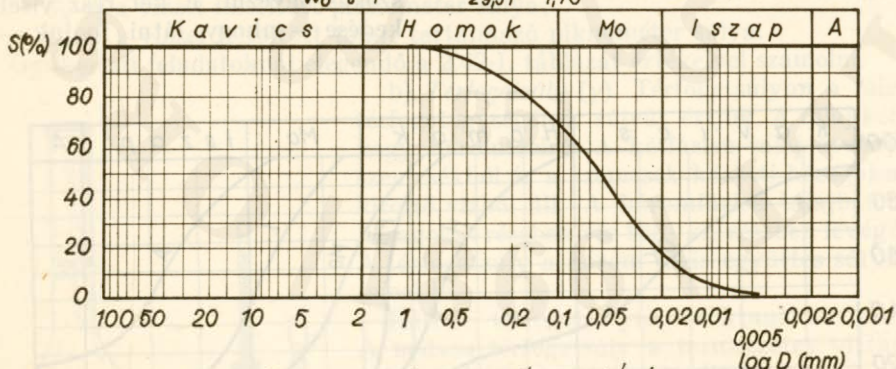
Talajfrakciók:

Kavics:	- %	20,95	124
Homok:	30 %	19,71	8,46
Mo:	51 %	11,25	
Iszap:	19 %		
Agyag:	- %		
Összesen:	100 %	14,7	

$R = 10^3(R'-1) + c$ Hidrométeres eljárás:

Hidrométer jele:	Men. corr. c=0,5	s=2,7 gr/cm ³	1cm ³ vízű	Nedves Száraz	Nedves anyag: 29,31 gr			
Dátum	Idő	Eltelt idő	t C°	R'	R	D (mm)	R+m	S %
1963. 4. 10	8-30	30"	20	1,015	15,5	0,070	15,5	56
		1'		1,013	13,5	0,053	13,5	49
		2'		1,010	10,5	0,039	10,5	38
		5'		1,0058	6,3	0,026	6,3	23
	8-45	15'		1,0025	3,0	0,016	3,0	11
	9-15	45'		1,0006	1,1	0,0095	1,1	4
	10-00	90'		1,0000	0,5	0,0068	0,5	2
	11-30	3ó		0,9994	-0,1	0,0048	+0,1	0,4

$$s\% = \frac{S'}{W_o} \cdot \frac{s}{s-1} (R+m) = \frac{67}{29,31} \cdot \frac{2,70}{1,70} (R+m) = 3,64 (R+m)$$

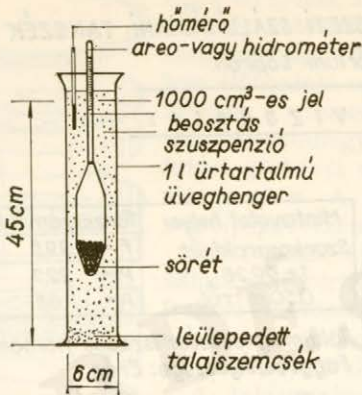


Sopron, 1963. április hó 10.

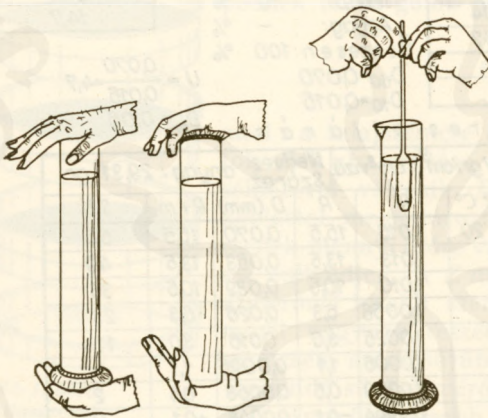
Készítette: *Srkay Zoltán* (Árkai Zoltán)

2.42-2. ábra. Szemeloszlási vizsgálat jegyzőkönyve és szemeloszlási görbe

Kevésbé részletes képet ad a talaj szemeloszlásáról az ún. háromszögdiagram, de egyes esetekben könnyen kezelhető gyakorlatias megoldást jelent. Ilyenkor a talajt csak három frakcióra bontjuk, így három szita is elegendő a szemel-



2.42-3. ábra. Hidrometrálás

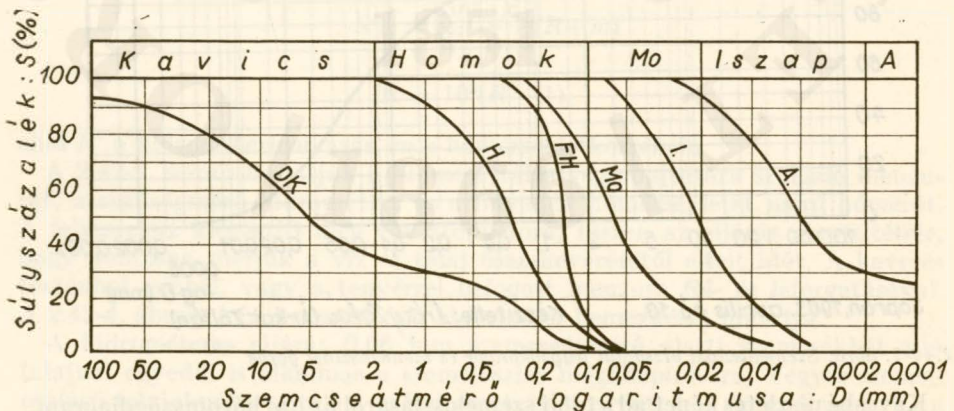


2.42-1. ábra. A szuszpenzió keverése és a hidrométer bemerítése

oszlás meghatározásához. A frakcióhatárok célunknak megfelelően különbözőek lehetnek, rendszerint kavicsot, homokot és az ennél kisebb szemcsékből álló, kötőanyag-nak nevezett frakciót választjuk szét. Ezek szemátmérőhatárai nemzetközi viszonylatban kis eltérést mutatnak, s rendszerint innen ered a háromszögdiagramok eltérése.

A 2.42-6a ábrán levő P_1 pont olyan talajt ábrázol, melynek 30%-a kavics, 20%-a homok, kötőanyag-tartalma pedig 50%. A P_2 pont a 2.42-2. ábrán szemeloszlási görbével ábrázolt talajt tünteti fel. Más frakcióhatárookra alkalmazott diagramot látunk a b) ábrarészen.

A szemeloszlás fontos tájékoztatást ad a talajról, mert az első műszakilag hasznosítható következtetést ebből vonjuk le. Elsősorban érdekel bennünket a frakciók száma és a kötött rész ($D < 0,06$ mm) aránya. Mindig előnyösebb tulajdonságokra vall a görbe lapos futása (több frakció), míg az olyan talaj, amelynek meredek lefutású szemeloszlási görbéje van, rendszerint igen hátrányos tulajdonságokkal rendelkezik. A 0,06 mm-nél nagyobb szemcsék képezik a talaj szemcsés részét, míg az ennél kisebb részeket kötött résznek szokás nevezni. E két rész viselkedése – ahogy látni fogjuk –



alapvetően eltér egymástól. Hangsúlyozni kell azonban azt, hogy a kötöttség mint tulajdonság elsősorban nem az átmérettől függ.

2.422 Fajsúly és térfogat-súly

a) *Fajsúly* (s). A talaj nem homogén anyag, hanem különböző átmérőjű szemcsék hézagos halma. Ezért talajoknál a fajsúlyt élesen meg kell különböztetnünk a térfogatsúlytól. A talaj fajsúlyán kizárólag az ásványi részek fajsúlyát értjük.

A fajsúly meghatározására a piknométer szolgál (2.42-7. ábra.) A piknométerbe helyezett ismert száraz súlyú talajszemcsék közül forralással vagy vízlégszivattyúval ki kell űzni a levegőt. A fajsúly megállapítása az ismert módon történik:

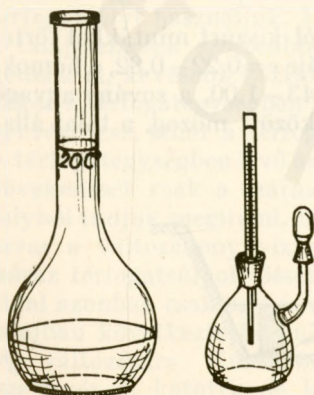
$$s = \frac{G_t}{G_t + G_v - G_p} \text{ g/cm}^3$$

ahol G_t = a talajminta száraz súlya;

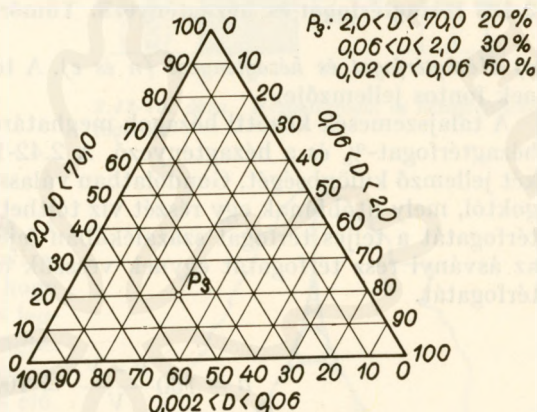
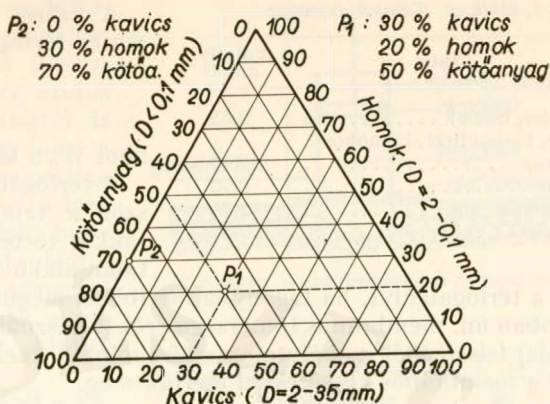
G_v = a vízzel feltöltött piknométer súlya;

G_p = a vízzel feltöltött talajt tartalmazó piknométer súlya.

Gyakorlati feladatoknál elegendő a 2.42-I. táblázat értékeivel számolni.



2.42-7. ábra. Piknométerek



2.42-6. ábra. Szemeloszlás ábrázolása háromszögdiagramban

b) *Térfogatsúly* (γ). Térfogatsúlyon a talaj térfogategységének súlyát értjük. A talaj két- vagy háromfázisú. A kétfázisú talaj ásványi szemcsékből és a szemcsék közötti hézagokat kitöltő vízből áll. A háromfázisú talajban a hézagokat részben víz tölti ki, részben levegő. A térfogatsúly a három fázis együttes súlyát fejezi ki.

Kétféle térfogatsúlyról szoktunk beszélni. A nedves térfogatsúly a természetes víztartalmú talaj térfogatsúlyát adja meg:

$$\gamma_n = \frac{W_n}{V}$$

ahol W_0 a minta súlya;

V a minta térfogata.

Talaj	Fajsúly g/cm ³
Kavics, homok	2,65
Lősz, homokliszt, homokos iszap	2,67
Iszap	2,70
Sovány agyag	2,75
Agyag	2,80

A száraz térfogatsúly a kiszáritott minta térfogatsúlyát jelenti:

$$\gamma_0 = \frac{W_0}{V}$$

ahol W_0 a kiszáritott talaj súlya.

A térfogatsúly megállapítása legtöbbször a talajból kiszúrt hengeres mintákkal történik (2.42-8. ábra). Szabálytalan alakú mintával is megállapíthatjuk a térfogatsúlyt, ha higanyba merítéssel megmérjük a köbtartalmát. Legújabbán ún. membrános tömörségmérőt is használnak (2.42-9. ábra). Ilyenkor a talaj felszínéből szabálytalan alakú mintát emelünk ki, melynek köbtartalmát a membrános készülékkel mérjük meg.

2.423 Hézagterfogot és hézagtényező. Tömörség

a) Hézagterfogot és hézagtényező (n és e). A térfogatsúly a talajok tömörségének fontos jellemzője.

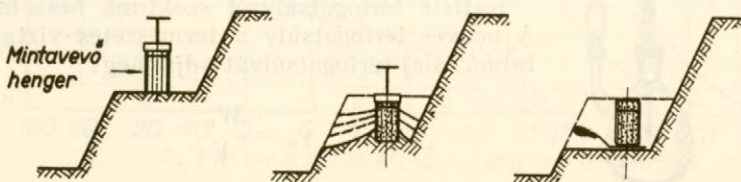
A talajszemcsék közötti hézagok meghatározására, ill. jellemzésére szolgál a hézagterfogot-% és a hézagtényező. A 2.42-10. ábra szemléletesen mutatja a két jellemző különbségét. Gondolatban válasszuk szét az ásványi részt a hézagoktól, mely utóbbinak egy részét víz töltheti el. Hézagterfogotnál a hézagok térfogatát a teljes térfogat százalékában fejezzük ki, míg a hézagtényezőnél az ásványi rész térfogatát egynek vesszük és ehhez viszonyítjuk a hézagok térfogatát.

$$n = 100 \frac{V - V_t}{V} = 100 \frac{V - \frac{W_0}{s}}{V}$$

$$e = \frac{V - V_t}{V_t} = \frac{V - \frac{W_0}{s}}{\frac{W_0}{s}} = \frac{s \cdot V}{W_0} - 1$$

$$V_t = \frac{W_0}{s}$$

Meghatározása a térfogatsúlynál említett, talajból kiszúrt mintákkal történik. Homokos kavics és homoktalajok hézagtényezője $e = 0,22 - 0,82$, a homoklisztalajoké $e = 0,54 - 1,22$, az iszaptalajoké $e = 0,43 - 1,00$, a sovány agyagé $e = 0,43 - 1,22$, míg a kövér agyagé $e = 0,43 - 2,30$ között mozog, a talaj állapotától, ill. tömörségétől függően.



146 2.42-8. ábra. Zavartalan minta kiemelése kiszúróhengerrel

b) Tömörség (T_r). A hézagterfogást, ill. a hézagtényező önmagában még nem ad biztos képet a tömörségről, mert a talajszemcsék szoros elhelyezkedése a szemeloszlástól is függ (2.42-11. ábra), és ugyanaz a hézagtényező a talaj szemeloszlása szerint jelölhet tömör és egészen laza talajt is. Az ábráról láthatjuk, hogy a vegyes szemeloszlású talaj a legtömörebb, míg a közel hasonló átmérőjű szemcsehalmazból hiányoznak a nagyobb szemcsék hézagait kitöltő kisebb szemcsék.

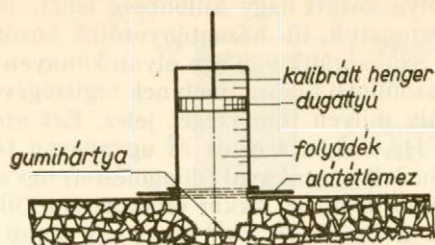
Szemcsés talajok tömörségét a közzelmúltban a relatív tömörséggel határozták meg:

$$T_{re} = \frac{e_0 - e}{e_0 - e_{min}}$$

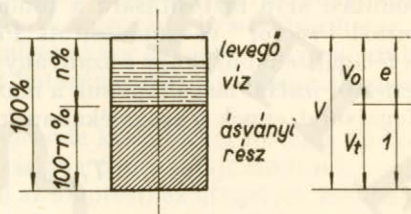
ahol e_0 a leglazább;
 e_{min} a legtömörebb;
 e az adott

állapothoz tartozó hézagtényező. A képlet tehát azt mutatja, hogy a vizsgált esetben mért hézagtényező hogy helyezkedik el a legtömörebb és leglazább állapotokhoz tartozó hézagtényező között. A két utóbbit laboratóriumban mesterségesen állítjuk elő. Annak a földmunkának a tömörségét tartották megfelelőnek, amelynél a relatív tömörség egyenlő vagy nagyobb volt $\frac{2}{3}$ -nál.

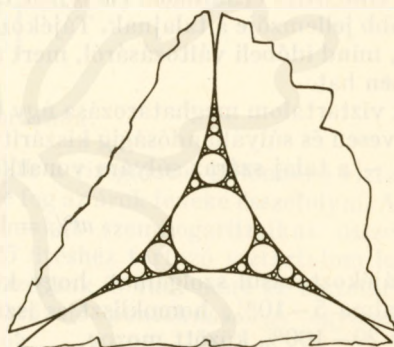
Kötött talajoknál ez a módszer nem ad reális eredményt, azért a tömörség mérésére szemcsés és kötött talajnál egyaránt újabban a száraz térfogatsúlyt használjuk. Ha ugyanis a talajszemcsék szorosabban helyezkednek el, kevesebb köztük a hézag, akkor a térfogategységben több ásványi rész lesz, tehát a térfogatsúly nő. A térfogategységben levő ásványi rész növekedését csak a száraz térfogatsúlyból tudjuk megítélni, melyet nem zavar a változó víztartalom. A száraz térfogatsúlyok összehasonlításával azonban csak egy és ugyanazon talajban következtethetünk a tömörség változására. Különböző jellegű (szemcsés és kötött), de kb. azonos tömörségű talajok száraz térfogat-



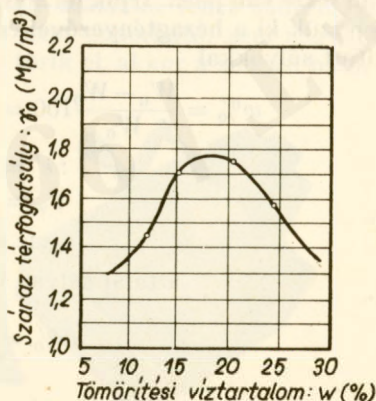
2.42-9. ábra. Gumimembrános térfogattér



2.42-10. ábra. Hézagterfogást és hézagtényező fogalma



2.42-11. ábra. Különböző átmérőjű szemcsék legtömörebb elhelyezkedése



2.42-12. ábra. Proctor-görbe

súlya között nagy különbség lehet, mint ahogy nagy különbség van hézag-térfogatuk, ill. hézagtenyezőjük között is.

Szükségünk van egy olyan könnyen és egyértelműen meghatározható összehasonlítási alapra, melynek segítségével eldönthetjük, hogy a száraz térfogatsúly milyen tömörséget jelez. Ezt szolgáltatja számunkra a *Proctor*-eljárás.

Ha meghatározott és ugyanazon térfogatba meghatározott és ugyanazon tömörítő munkával (döngöléssel) ugyanazt a talajt különböző víztartalommal, tömörítjük be, akkor eredményül különböző száraz térfogatsúlyokat kapunk (2.42-12. ábra). Van tehát egy olyan víztartalom, az optimális víztartalom, melynél a legtömörebb állapot előállítható (maximális száraz térfogatsúly). A görbét az eljárás bevezetőjéről *Proctor*-görbének nevezzük. A közös összehasonlítási alap biztosítására a tömörítési munkát is egységesítették és ma „normál Proctor” és „módosított Proctor” tömörítési munkáról beszélünk.

A feladat tehát az, hogy a szabványos tömörítő munkával végzett tömörítési kísérletsorozattal megállapítsuk a maximális száraz térfogatsúlyt és a meglévő térfogatsúlyt ennek a százalékában fejezzük ki. Ez lesz a tömörségi fok.

$$T_{ry} \% = \frac{\gamma_0}{\gamma_{0 \max}} \cdot 100$$

2.424 Természetes víztartalom és relatív nedvesség

a) *Természetes víztartalom* ($w\%$). A talaj hézagaiban levő víz az egyik legfontosabb jellemzője a talajnak. Tájékozódniuk kell a víztartalom mind mélységbeli, mind időbeli változásáról, mert a talaj állapotára és teherbíróképességére erősen hat.

A víztartalom meghatározása úgy történik, hogy a minta súlyát megmérjük nedvesen és súlyállandóságig kiszárítva. A súlyvesztéséget — mely a víztartalom — a talaj száraz súlyára vonatkoztatjuk és százalékban fejezzük ki:

$$w\% = 100 \frac{W_n - W_0}{W_0}$$

Tájékoztatásul szolgálhat, hogy kavics- és homoktalajok természetes víztartalma 5–10%, homokliszt és iszaptalajoké 10–30%, míg az agyagtalajoké 20–100% között mozog.

b) *Relatív nedvesség* (r). A vízzel kitöltött hézagok térfogatának az összes hézagok térfogatához való viszonyát relatív nedvességnek nevezzük. A relatív nedvesség megmutatja, hogy az egyáltalán lehetséges összes víztartalomnak hányad része van jelen. Írjuk fel a víztartalom képletét és a 2.42-13. ábra alapján fejezzük ki a hézagtenyezővel és a fajsúlyokkal, illetve a köbtartalomból számított súlyokkal

$$w\% = \frac{W_n - W_0}{W_0} 100 = \frac{\text{víz súlya}}{\text{száraz talaj súlya}} \cdot 100$$

$$1 : e' = V_t : V_v$$

$$V_v = V_t \cdot e', \text{ eszerint}$$

$$\text{a víz súlya: } V_t \cdot e' \cdot 1,$$

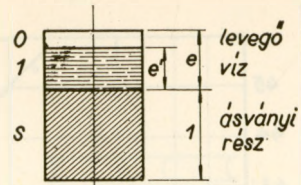
$$\text{a talaj súlya: } V_t \cdot s, \text{ behelyettesítve}$$

$$w\% = \frac{V_t \cdot e'}{V_t \cdot s} \cdot 100$$

$$e' = s \frac{w\%}{100}$$

A relatív nedvesség:

$$r = \frac{e'}{e} = \frac{s \cdot \frac{w\%}{100}}{e}$$



2.42-13. ábra. A relatív nedvesség

2.425 Konzisztencia határok

A kötött talajok viselkedését főként a víztartalmuk határozza meg, ill. minden kötött talajra jellemző, hogy bizonyos pontosan meghatározott állapot mekkora víztartalomnál következik be. Ilyen állapothatár a folyási, sodrási, zsugorodási és telítési határ.

a) *Folyási határ (F%)*. A talaj víztartalma akkor egyenlő a folyási határral, amikor a talaj a folyós és szilárd állapot határán van, sűrű péphez hasonló és nyírószilárdsága elenyésző.

A folyási határ meghatározása a Casagrande készülékkel történik (2.42-14. ábra). A készülék gömbszelet alakú tányérjába pépes talajt simítunk, majd a tányért a körhagyós tengely forgatásával az alaptesthez ütögetjük mindaddig, míg a mintába húzott árok 1 cm hosszan össze nem folyik. Ezután meghatározzuk a minta víztartalmát. Tulajdonképpen egyetlen ilyen vizsgálatból megállapítható a folyási határ.

$$F = w_n \left(\frac{n}{25} \right)^{0,121},$$

ahol F a folyási határ;

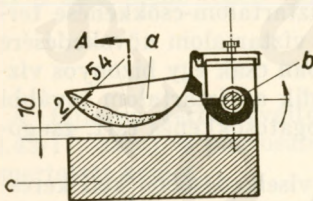
w_n az n ütésre összefolyó talaj víztartalma.

Rendszerint azonban többször ismétljük a vizsgálatot különböző víztartalommal, amikor is különböző számú ütésre fog az árok feneké összefolyni. A különböző ütésszámokhoz tartozó víztartalmakat szemilogaritmikus összefüggésben (2.42-15. ábra) ábrázoljuk és a 25 ütéshez tartozó víztartalom lesz a folyási határ. Ennél a módszernél ellenőrzésünk is van, mert az összetartozó értékeket ábrázoló pontoknak egy egyenesben kell feküdniük.

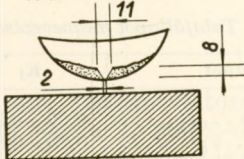
A folyási index az 1 és 10, illetve 10 és 100 ütésszámhoz tartozó víztartalmak különbsége.

b) *Sodrási (plasztikus) határ (P%)*. Ha a talajt 3 mm átmérőjű szálakká lehet sodorni, és sem vékonyabbra nem sodorható, sem nagyobb átmérőnél nem törik el, akkor a sodrási határ állá-

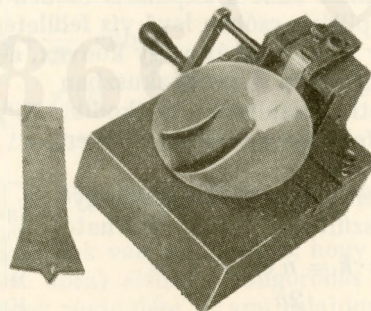
KERESZTMETSZET:



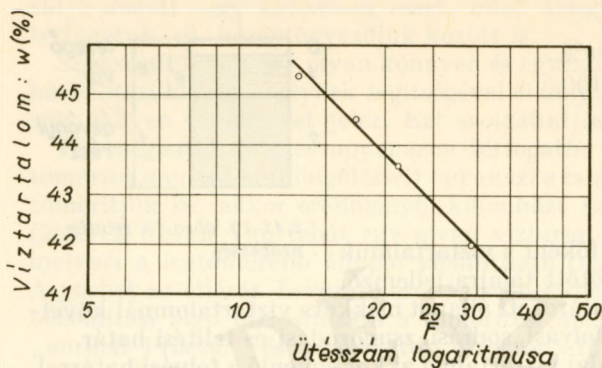
"A-A" METSZET:



a) edény
b) körhagyós tengely
c) alaptest



2.42-14. ábra. Casagrande-készülék



2.42-15. ábra. Folyási határ meghatározása

potában van, és víztartalma a sodrásí határt adja. E víztartalom alatt a talaj elveszti képlékenységet. Az ilyen víztartalmú talaj könnyen fejthető és a plasztikus határ alatt 2–4%-kal van a legjobban tömöríthető állapotban.

c) *Plasztikus index* ($P_1\%$). A folyási és sodrásí határ különbsége a plasztikus index:

$$P_1 = F - P$$

erre épül fel a talajok osztályozása és a gyakorlati talajmechanika utasításait is jórészt a plasztikus index függvényében adják meg. Jellemző a kötöttségre.

d) *Relatív konzisztencia index* (K_1). Megmutatja, hogy a talaj természetes víztartalma hogyan helyezkedik el a folyási és plasztikus határ között. Jellemző a talaj konzisztenciájára, állapotára, mert ha a víztartalom a folyási határ felé közeledik, akkor egyre lágyabb a talaj, a sodrásí határ felé pedig egyre keményebb, alatta pedig kemény.

$$K_1 = \frac{F - w}{F - P} = \frac{F - w}{P_1}$$

Eszerint a folyási határ állapotában levő talajnál $K_1 = 0$, míg a sodrásí határon $K_1 = 1$. Alapozás szempontjából jó, ha $K_1 > 1$. A konzisztencia index jól felhasználható az egyes talajrétegek állapotának összehasonlítására, azonban csak viszonyító alapot képez, mert a számítás alapjául szolgáló állapothatárokat a talaj átgúnyásával nyertük, tehát az eredeti szerkezetet szétroncsoltuk. Ezért egyre inkább az egyirányú nyomószilárdsággal jellemzik a talaj állapotát, melyet zavartalan, eredeti állapotban levő mintán határozunk meg. A relatív konzisztencia index alapján a talajállapot megnevezését a 2.42-II. táblázat tünteti fel.

e) *Zsugorodási határ* ($Zs\%$). A kötött talajok víztartalom-csökkenése térfogatcsökkenéssel, zsugorodással jár együtt, míg a víztartalom növekedésére duzzadás következik be. A térfogatcsökkenés azonban csak egy bizonyos víztartalomig tart, ezen túl a talaj már nem zsugorodik a víztartalom további csökkenésével. Azt a víztartalmat, ameddig a térfogatcsökkenés tart, zsugorodási határnak nevezzük.

A zsugorodás okát a kapilláris csőben levő víz viselkedésében kell keresnünk. A kapilláris csőben levő víz felületén (2.42-16a ábra) meniszkusz talá-lunk, amely lehet konkáv vagy konvex, aszerint, hogy a folyadék nedvesíti a cső falát vagy nem. A meniszkuszban erős felületi feszültség uralkodik, amely a víz felszínét a kapilláris csőben felemeli.

Ha n -nel jelöljük a csőfal hosszegyre eső feszültségét, akkor felírható

$$r^2 \cdot \pi \cdot h = n \cos \alpha \cdot 2 \pi r$$

$$h = \frac{2n}{r} \cos \alpha$$

2.42-II. táblázat. Talajállapot megnevezése

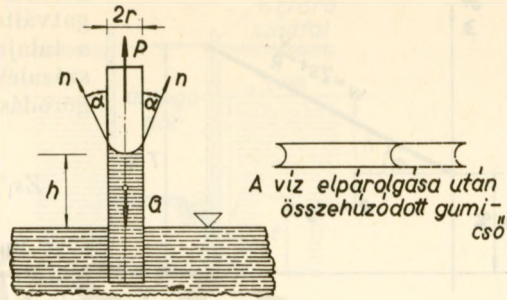
Talajállapot	K_1
Igen puha, folyós	0,00–0,25
Puha	0,25–0,50
Képlékeny	0,50–0,75
Még sodorható	0,75–1,00
Kemény	1,00–1,50
Igen kemény	> 1,50

n értéke $0 - 10\text{ }^\circ\text{C}$ -ú víz felületén $0,0756 - 0,0711\text{ g/cm}$ között változik, azért

$$h = \frac{0,15}{r} \cos \alpha$$

Ezeknek a törvényszerűségeknek az ismeretében elvégezhetjük a következő kísérletet:

Nagy rugalmasságú kapilláris gumicsövet töltünk meg vízzel (2.42-16b ábra). A cső két végét meniszkusz zárja le. A



2.42-16. ábra. Kapilláris cső

meniszkuszban uralkodó húzófeszültség reakciójaként a cső falában nyomófeszültség keletkezik. Ha a csőből a víz párologni kezd, akkor nem a víz húzódik össze a csőben, hanem a nyomófeszültség következtében a cső is összehúzódik a vízzel együtt. Ez a jelenség az oka a talajok zsugorodásának. Tájékoztatásul szolgálhat, hogy a talaj kapillárisaiban fellépő nyomófeszültség homoktalajokban csak $0,02\text{ kp/cm}^2$, míg agyagtalajokban eléri a $2,0\text{ kp/cm}^2$ értéket.

A zsugorodási határon levő talaj víztartalmának meghatározása azon elv alapján történik, hogy a zsugorodási határ alatt már nem csökken a köbtartalom. Ha tehát megmérjük a teljesen kiszáritott talaj térfogatát (V_0) és ebből levonjuk az ásványi rész térfogatát $\left(\frac{W_0}{s}\right)$, akkor kapjuk a zsugorodási határon levő talaj összes hézagainak térfogatát. A határállapotban levő talajban legfeljebb annyi víz lehet, amennyi ezekben a hézagokban elfér. Ha a hézagok térfogatát cm^3 -ben kapjuk, akkor ezekben ugyanannyi g súlyú víz fér el, mivel 1 cm^3 víz súlya közelítőleg 1 g .

$$Zs\% = 100 \frac{V_0 - \frac{W_0}{s}}{W_0}$$

Ha a talajminta térfogatát szárítás közben többször is megmérjük (V), akkor esetenként képezhetjük a fajlagos térfogatváltozást (v):

$$v = \frac{V - V_0}{V_0}$$

A fajlagos térfogatváltozás a víztartalom függvényében egyenest ad (2.42-17. ábra) és pontosabban meghatározza a zsugorodási határt, mint az ismertetett képlet.

Az egyenes egyenlete:

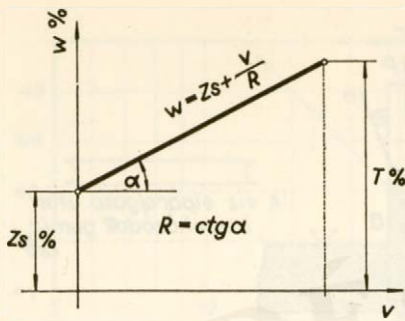
$$w = Zs + \frac{v}{R}, \text{ ebből}$$

$$v = (w - Zs)R$$

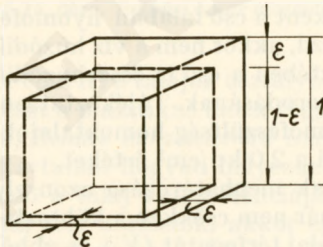
$$v_{\max} = (T - Zs)R$$

A max. térfogatváltozás homoknál $2 - 4\%$, agyagnál $45 - 60\%$, míg bentonitnál eléri a $3 - 400\%$ -ot is.

f) *Lineáris zsugorodás* ($Zs_1\%$). Szükségünk van még arra is, hogy meghatározzuk egy kocka alakú test (2.42-18. ábra) élének a zsugorodás folyamán bekövetkező rövidülését. A kocka élének rövidülése — ami tulajdonképpen a felszín süllyedésével egyenlő — sokkal használhatóbb számunkra, mint a zsu-



2.42-17. ábra. A térfogatváltozás egyenese



2.42-18. ábra. Lineáris zsugorodás

talaj már nem duzzadhat, hiszen több vizet nem tud már felvenni (2.42-17. ábra).

2.426 A talaj vízáteresztő-képessége és a víz kapilláris emelkedése a talajban

a) *A talaj vízáteresztő-képessége.* Sokszor szükségünk van a talaj vízáteresztő-képességének, illetve a talajvíz áramlási sebességének a meghatározására. A talajvíz mozgását a nehézségi erő és a kapilláris erő okozhatja. Most az előbbi esettel foglalkozunk.

A hidraulika törvényeiből levezethető, hogy az áramló víz sebessége (Darcy törvény) két pont között:

$$v = k \frac{h}{l} = k \cdot i,$$

ahol v a sebesség cm/sec;

k a vízáteresztő-képesség együtthatója cm/sec;

h két vizsgált pont közötti magasságkülönbség cm;

l az áramló víz útjának hossza cm;

i hidraulikus gradiens, az egységnyi hosszra eső nyomás.

A vízáteresztő-képesség együtthatójának sebesség-dimenziója van és az egységnyi nyomásesés hatására fellépő átfolyási sebességet jelenti. Ez az érték talajonként változik. A 2.42-19. ábra magyarázatot ad a képlet tényezőire.

A vízáteresztő-képességi együtthatót laboratóriumi vizsgálattal vagy helyszíni kísérlettel határozzuk meg. A vízáteresztő-képességi együtthatónak, a meglévő szintkülönbségnek és a víz útjának ismeretében számíthatjuk a víz sebességét, míg a vízhozamot itt is a

gorodási határ vagy a maximális térfogatváltozás, bár ezek is fontos jellemzői a talajnak. A kocka élének rövidülését százalékosan fejezzük ki és lineáris zsugorodásnak nevezzük.

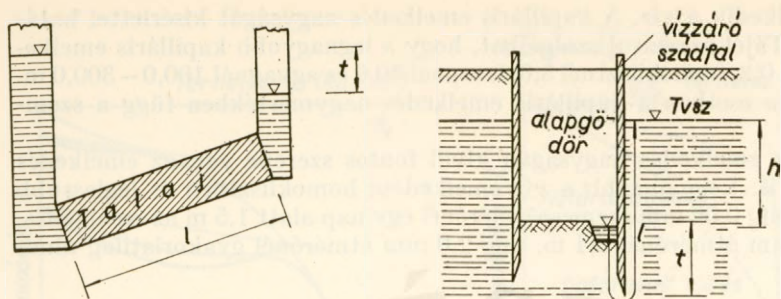
$$Zs_1 \% = 100 \left[1 - \sqrt[3]{\frac{100}{v_{\max} \% + 100}} \right]$$

A lineáris zsugorodás különösen útépitési szempontból fontos, hiszen a felszín mozgásáról ad számszerű tájékoztatást.

g) *Telítési határ ($T\%$).* A telítési határ azt a víztartalmat adja meg, amelyet a talaj külső beavatkozás nélkül képes felvenni. Kísérlettel is meghatározható, ha a felszínre vizet csepegtetünk, de a következő képlettel is kiszámítható, mert összefüggés van a folyási és a telítési határ között:

$$T = \sqrt{15,2(F - 16,3) + 9}$$

Tulajdonképpen a zsugorodási határ ellentéte, mert a telítési határon túl a



2.42-19. ábra. A víz áramlása a talajban nyomáskülönbség hatására

képlet adja, ahol F a folyási vonalra merőleges, a vízhozamot adó kereszt-szelvény.

A különböző talajok vízáteresztő-képességi együtthatója az alábbi határok között mozog:

Talajnem	k cm/sec
Kavics és homok	$5 \cdot 10^0 - 5 \cdot 10^{-2}$
Homokliszt	$10^{-3} - 10^{-4}$
Iszap	$10^{-4} - 10^{-6}$
Agyag	$10^{-6} - 10^{-9}$

Azt mondhatjuk, hogy a kavics- és kötött részt nem tartalmazó homoktalajok jó vízáteresztők, míg a kötött agyagok gyakorlatilag vízzárók.

Az elég körülményes és nem mindig megbízható vizsgálatok elkerülése végett régóta törekedtek arra, hogy a vízáteresztő-képesség együtthatóját a szerkezeti görbéből lehessen meghatározni. Dr. Jáky professzor szerint:

$$k \text{ [cm/sec]} = 100 D_m^2 \text{ [cm]},$$

vagyis a cm-ben kifejezett mértékadó szemmagyság négyzetének százszorosa adja a vízáteresztő-képességi együtthatót. Hazen a hatékony szemmagyságból fejezi ki ugyanezt:

$$k = 116 D_h^2$$

Könnyebben érzékelhető a víz sebessége a következő összefüggések ismeretében:

$$1 \text{ m/nap} = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ cm/sec}$$

$$1 \text{ cm/sec} = 864 \text{ m/nap}$$

Zavartalan állapotban települési helyükön levő talajok vízbocsátó-képessége ugyanazon vagy közel levő helyeken is nagyon változó lehet. Finom homokerek vagy repedések, erősen kötött és ezért közel vízzáró agyagtalajban is jelentős mennyiségű vizet szállíthatnak. Ezért a vízáteresztő-képességet legmegbízhatóbban helyszíni próbaszivattyúzással határozhatjuk meg.

b) *A víz kapilláris emelkedése a talajban.* A talajvíz mozgását a nehézségi erőn kívül a felületi feszültség is okozhatja. A zsugorodási határral kapcsolatban már megállapítottuk, hogy a kapilláris csőben

$$h = \frac{0,15}{r} \cos \alpha = \frac{0,3}{d} \cos \alpha$$

magasra emelkedik a víz. A kapilláris emelkedés nagyságát kísérlettel határozzuk meg. Tájékoztatásul szolgálhat, hogy a legnagyobb kapilláris emelkedés homoknál 0,3, homoklisztnél 3,0, iszapnál 30,0 és agyagnál 100,0–300,0 m. Az első három esetben a kapilláris emelkedés nagymértékben függ a szemeloszlástól.

A kapilláris emelkedés nagyságán kívül fontos szerepe van az emelkedés sebességének is. Leggyorsabb a víz emelkedése homoklisztben és leglassúbb agyagban. Amíg 0,02 mm szemcseátmérőnél egy nap alatt 1,5 m az emelkedés, addig 0,001 mm átmérőnél 0,4 m, míg 2,0 mm átmérőnél gyakorlatilag nincs emelkedés.

2.427 A talaj egyirányú nyomószilárdsága

Az egyirányú nyomószilárdság nevét onnan kapta, hogy a henger alakú talajminta (2.42-20. ábra) csak függőleges, tengelyirányú terhelést kap, az oldalirányú kiterjedését nem akadályozzuk.

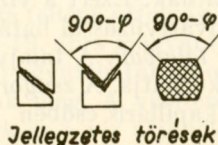
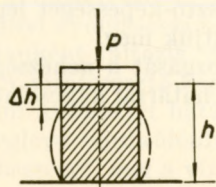
A vizsgálat során a henger alakú talajmintát fokozatosan terheljük egészen a törésig. A terhelés következtében a minta deformálódik, magassága csökken, keresztmetszévénye nő. A mérési eredményeket alakváltozási görbében ábrázolhatjuk, ahol az alakváltozást

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h}, \text{ illetve } \varepsilon\% = 100 \frac{\Delta h}{h},$$

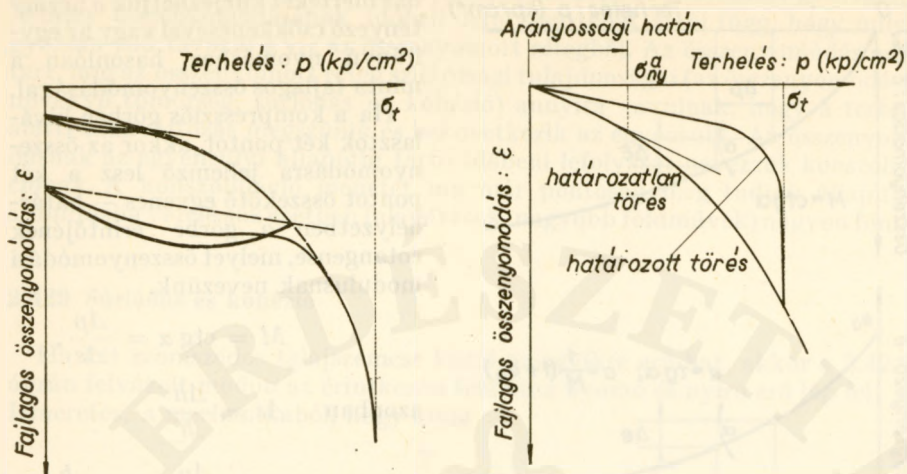
a fajlagos összenyomódás fejezi ki.

A terhelést rendszerint nem növeljük megszakítás nélkül a törésig, hanem egyszer vagy kétszer fokozatosan tehermentesítjük a mintát. Az alakváltozási görbéből (2.42-21. ábra) láthatjuk, hogy hiszterézis hurkot kapunk eredményül, tehát a talajok a terhelés elmúltával is maradós alakváltozást szenvednek. Az alakváltozási görbe jellemző az anyag rugalmasságára. Merev, száraz talajoknál határozott törőterhelés van (σ_t), míg a nagyobb képlékenységű talajokban a törés nem hirtelen következik be, a minta lassan nyomódik szét és határozott törési értéket nem tudunk meghatározni. Ilyenkor az alakváltozási görbe arányossági határához tartozó nyomófeszültséget (σ_{ny}^a) szokás megadni.

Az egyirányú nyomószilárdság nemcsak a talaj teherbírására jellemző, hanem a talajállapotra, a konzisztenciára is. A kettő különben sem választható el egymástól. A konzisztencia-index olyan állapothatárokból számítható, melyet a talaj átgúnyásával határozunk meg. Az egyirányú nyomószilárdság a zavartalan állapotú talaj jellemzője. A mintavétel során nehéz biztosítani a minta teljes zavartalanságát, mert eszközeink nem tökéletesek, de jelenleg mégis ez a legjobb módja annak, hogy a zavartalan állapotú talaj konzisztenciájáról tájékoztatást kapjunk. *Palotás L., dr.: Mérnöki Kézikönyv 2. kötete közli a 2.42-III. táblázatot, amely helyszíni tájékozódásra jól felhasználható.*



Az egyirányú nyomószilárdságot nem szabad összevetésen az alapok tervezésénél használt határfeszültséggel, ennek alapértékével vagy a megengedett feszültséggel. Ezeknek tárgyalására később kerül sor.



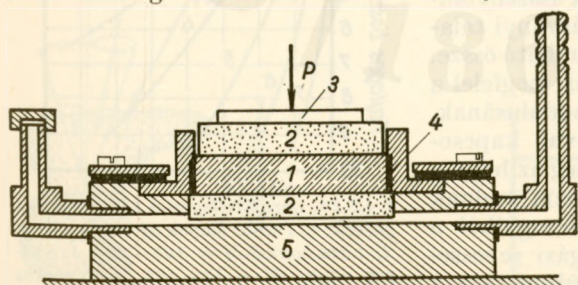
2.42-21. ábra. Egyirányú nyomókísérlet alakváltozási görbéi

2.42-III. táblázat. Anyagok konzisztenciájának minőségi és mennyiségi ismérése

Konzisztencia	Helyszíni azonosítás	Egyirányú nyomószilárdság kp/cm ²
Pépes	az ököl könnyen benyomható	< 0,25
Puha	a hüvelykujj könnyen benyomható	0,25 – 0,50
Gyúrható	a hüvelykujj kis nyomással benyomható	0,50 – 1,00
Merev	a hüvelykujj nyomot hagy, de csak nagy erőfeszítéssel nyomható be.....	1,00 – 2,00
Félkemény	körömmel könnyen karcolható	2,00 – 4,00
Kemény	körömmel nehezen karcolható	> 4,00

2.428 A talajok összenyomódása

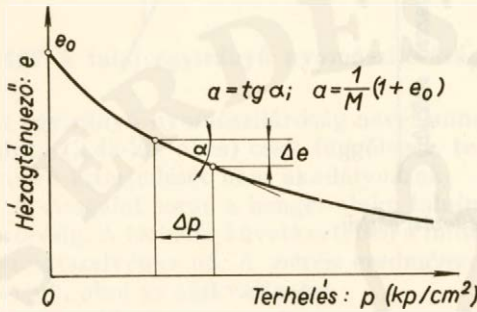
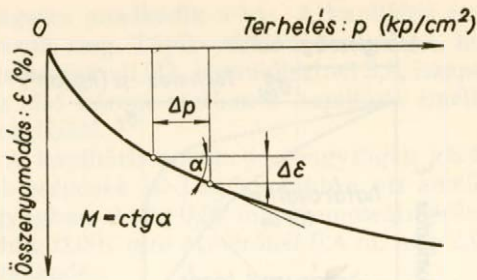
A korong alakú mintára ható terhelés – ugyanúgy, mint az egyirányú nyomásnál – itt is tengelyirányú, de az oldalkitérés akadályozott. A valóságos esetekben legtöbbször ezzel találkozunk, mert ha valamely építmény alatt a



talaj összenyomódik, akkor gyakorlatilag nincs lehetőség az oldalkitérésre. Ha már oldalkitérés is tapasztalunk, akkor már nem a talaj összenyomódásáról, hanem tönkremeneteléről beszélünk.

A kísérletet ödométerrel végezzük el (2.42-22. ábra). Eredményül a kompressziós görbét kapjuk (2.42-23. ábra), amelyen az összenyomó-

2.42-22. ábra. Ödométer. 1. Talajminta, 2. Szűrőkövek. 3. Teherelosztó-lap. 4. Mintavevő gyűrű. 5. Talplemez



2.42-23. ábra. Kompressziós görbe

nyomódási modulusú talajréteg összenyomódását, a Δp terhelésváltozás hatására.

A 2.42-24. ábra jellegzetes kompressziós görbét mutat. A 2.42-23. ábrán jól látszik, hogy az összenyomódási modulus értéke attól függ, hogy hol vesszük fel azt a két pontot, amelyből M értékét számítjuk. M értéke tehát a terheléstől is függ, és ezért olyan méréshatárokkal kell meghatározni, mint amilyen terhelési viszonyok között akarjuk használni az ödométeres kísérlet eredményét.

Láthatjuk azt is hogy ugyanazon talajnál a hézagterefogat csökkenésével vagy, ami ugyanazt jelenti, a tömörség növekedésével csökken az összenyomhatóság, melyet az összenyomódási modulus növekedése jelez. Az összenyomhatóság egyébként minden talajnak ásványi összetételétől és keletkezési módjától függő egyéni tulajdonsága. Általában legkevésbé a tömör kavics- és homoktalajok, leginkább a puha agyagtalajok nyomhatók össze. A sok szerves anyagot tartalmazó talajok összenyomhatósága meghaladja a tiszta ásványi talajokét, így legjobban a tőzeg nyomható össze.

Az összenyomódási modulus megfelel a homogén testek rugalmassági modulusának.

A talajok összenyomódásával kapcsolatban figyelemre méltó jelenség az hogy a vízzel telített talajok addig nem tudnak összenyomódni, míg a talaj hézagaiból a víz el nem távozik. A víz mozgási sebességét a nyomáskülönbségen kívül viszont a hézagok átmérője (vízáteresztőképességi együttható) dönti el. Ezért a homoktala-

dás mértékét kifejezhetjük a hézagterefogat csökkenésével vagy az egyirányú nyomáshoz hasonlóan a minta fajlagos összenyomódásával.

Ha a kompressziós görbén kiválasztok két pontot, akkor az összenyomódásra jellemző lesz a két pontot összekötő egyenes – határhelyzetben a görbe érintőjének cotangense, melyet összenyomódási modulusnak nevezünk.

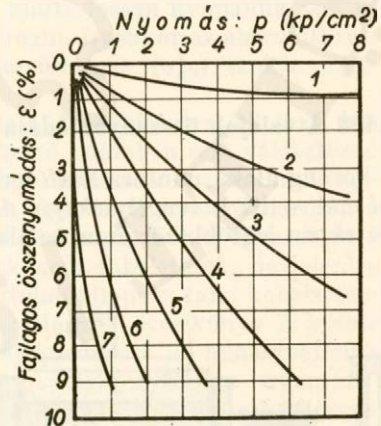
$$M = \text{ctg } \alpha = \frac{\Delta p}{\Delta \varepsilon},$$

azonban $\Delta \varepsilon = \frac{\Delta h}{h}$

$$M = \frac{\Delta p}{\Delta \varepsilon} = \Delta p \frac{h}{\Delta h}$$

$$\Delta h = h \frac{\Delta p}{M}$$

Az utóbbi képlettel határozzuk meg egy h vastagságú, M összenyomódási modulusú talajréteg összenyomódását, a Δp terhelésváltozás hatására.



2.42-24. ábra. Jellegzetes kompressziós görbék. 1. Tömör homok $M = 500 - 800$. 2. Laza homok $M = 100 - 220$. 3. Száraz agyag $M = 80 - 120$. 4. Nyirkos agyag. $M = 40 - 80$. 5. Puha agyag $M = 15 - 40$. 6. Szerves iszap $M = 5 - 10$. 7. Tőzeg $1 - 5 \text{ kp/cm}^2$

jokban nagy, az agyagtalajokban pedig egész kicsi a vízáramlás gyorsasága. A talaj összenyomódásának időbeli lefolyása tehát attól függ, hogy milyen gyorsan tud távozni a víz az összenyomott rétegből. Az összenyomódás addig tart, míg az összenyomott réteg szilárdsági tulajdonságai (az összenyomódással növekvő tömörség, sűrűlódás és kohézió) annyira javulnak, hogy a terhelés alatti alakváltozás megszűnik és bekövetkezik az egyensúly. Az összenyomódásnak az egyensúlyi állapotig tartó időbeni lefolyását nevezzük konszolidációnak. A konszolidáció menetét ma már pontosan meg tudjuk állapítani, számításba vétele sok esetben (alapozások, nagyobb földművek) nagyon fontos.

2.429 Sűrűlódás és kohézió

Ha két szomszédos talajszemcse közül az egyikre erő hat, akkor a 2.42-25. ábrán felvázolt módon az érintkezési felületen nyomó és nyíró erő lép fel. Ismeretes, a mechanikából, hogy amíg

$$\frac{T}{N} < \operatorname{tg} \varphi,$$

vagyis az erő a súrlódási kúpon belül támad, addig a két szemcse nem mozdul el. Határesetben

$$T = N \operatorname{tg} \varphi,$$

illetve feszültségekre áttérve

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi.$$

A kötött talajoknál azonban az elmozdulást nemcsak a súrlódás akadályozza, hanem a kohézió is, mely a molekuláris tömegerőkből származó összetartó erő:

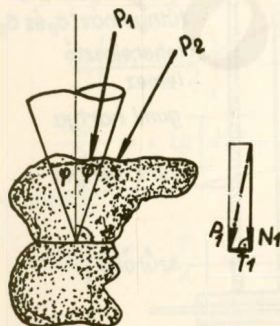
$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + c$$

Ez a *Coulomb*-féle súrlódási törvény.

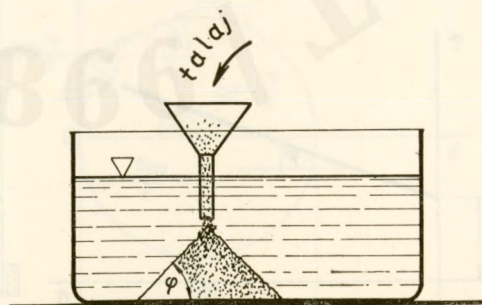
A kohézió nagysága több tényezőtől függ. Ilyenek pl. a geológiai előterhelés, szemcsék felületének a milyensége, víztartalom, tömörség. Elsősorban a talaj megfelelő víztartalmával és tömörségével tudjuk biztosítani a megfelelő kohéziót.

A képletben szereplő $\operatorname{tg} \varphi$ a talaj belső súrlódására jellemző. A belső súrlódás a szemcsék közötti súrlódással azonos. Szemcsés talajoknál a vízbeöntött talajkúp alkotója által bezárt szög tangensével egyenlő (2.42-26. ábra). Ez a módszer a kötött talajok belső súrlódásának meghatározására nem használható.

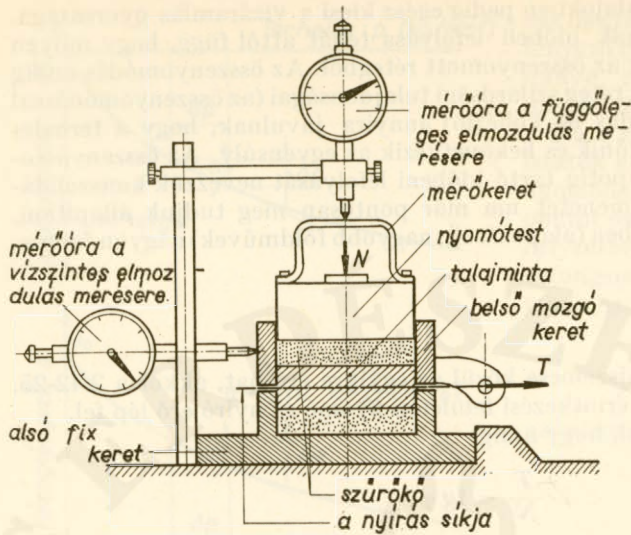
A kohézió és súrlódás egyidejű meghatározására szolgál a nyírókísérlet.



2.42-25. ábra. Talajszemcsék felületén fellépő erők



2.42-26. ábra. A rakodási rézsű



2.42-27. ábra. A nyíródoboz

A 2.42-27. ábra egy nyíródoboz elvi elrendezését mutatja.

Ha a talajmintát különböző N normális terhelésnél T erővel elnyírjuk és az összetartozó feszültségeket $\sigma - \tau$ tengelyrendszerben ábrázoljuk, akkor egyenest kapunk (2.42-28. ábra).

A τ tengelyből levágott darab egyenlő a kohézióval. A kísérleti úton kapott egyenes tehát egyidejűleg adta a súrlódási szöget és a kohéziót, mivel egyenlete:

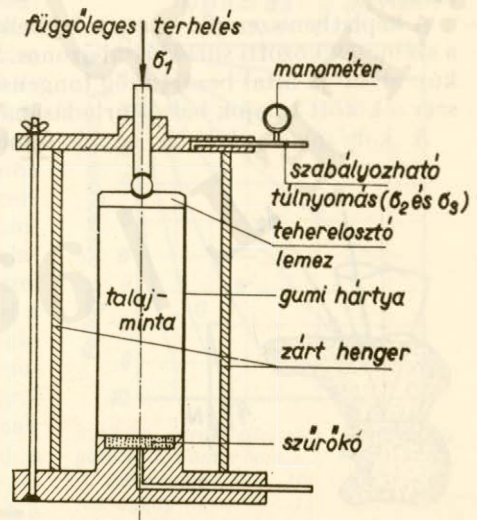
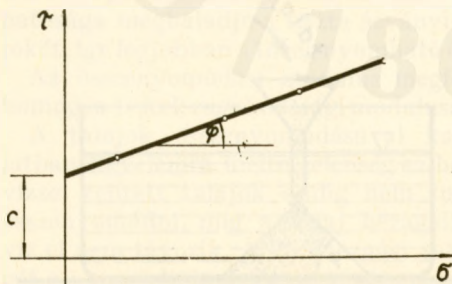
$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + c.$$

A kohézió tehát az a felületegységre vonatkoztatott erő, amely két terheletlen felületelemet egymáson elcsúsztat.

A szög tangense viszont megadja, hogy adott normális erő esetén mekkora csúsztató erő szükséges két felületelem elcsúsztatásához, ha nincs kohézió.

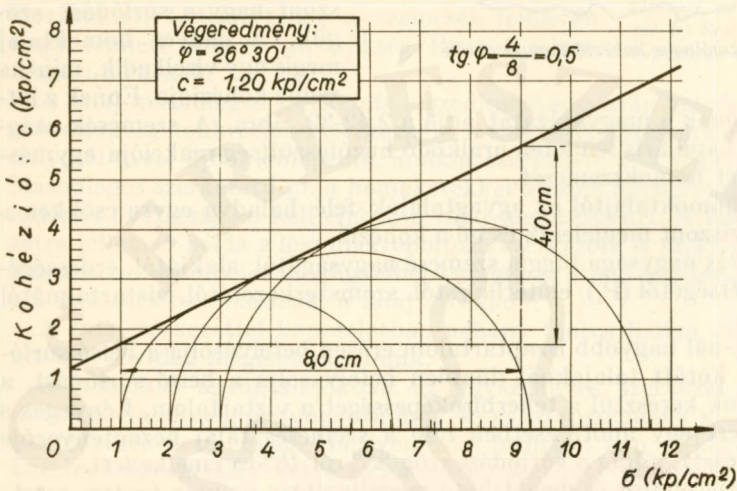
A súrlódás és kohézió együttes értékét tökéletesebben meghatározhatjuk a triaxiális berendezéssel (2.42-29. ábra).

A berendezésben állandó túlnyomást létesítünk, azután fokozatosan növeljük a függőleges terhelést a minta töréséig. Az eljárást többször megismételjük célszerűen választott növekvő túlnyomási lépcsőkkel, és mindegyik esetben mérjük a töréshez tartozó függőleges terhelést. A tér három irányából ható terhelést feszültségekkel kifejezve, a σ_1 és $\sigma_2 = \sigma_3$ értékeket felhasználhatjuk a szilárdságtanból ismert Mohr-féle feszültségi körök megszerkesztésére (2.42-30. ábra). Tudjuk, hogy az anyag bármely pontjának feszültségi állapotát a $\sigma - \tau$ rendszerben egy kör jellemzi. A kör pontjai megadják az α hajlású felületelemhez tartozó σ és τ feszültségeket. Minden anyag Mohr-féle feszültségi köreihez tartozik egy burkoló görbe, amelynek pontjai azt a fe-



2.42-29. ábra. Triaxiális berendezés

Törési adatok:			MOHR-körök szerkesztése			
Minta jele	Vízszintes ny. σ_2 kp/cm ²	Függőleges Terhelés P_1 kp	Nyomás σ_1 kp/cm ²	Átmérő $\sigma_1 - \sigma_2$	Sugár $\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}$	Középpont $\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2}$
1	10		6,42	5,42	2,71	3,71
2	20		9,16	7,16	3,58	5,58
3	30		11,59	8,59	4,29	7,29



2.42-30. ábra. Mohr-körök szerkesztése triaxiális berendezéssel mért adatokból

súltsági állapotot jelzik, amelynél a tönkremenetel bekövetkezik. Talajoknál ez a burkológörbe egyenessé válik. A triaxiális berendezéssel végzett három kísérlet eredményét látjuk a 2.42-30. ábrán. A burkolóegyenes egyenlete itt is

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi + c,$$

tehát a keresett, adott talajállapothoz tartozó kohéziót és súrlódást megkaptuk.

Rajzoljuk meg az egyirányú nyomás Mohr-féle feszültségi körét (2.42-31. ábra).

Az ábrából két összefüggést vezethetünk le. Egyrészt:

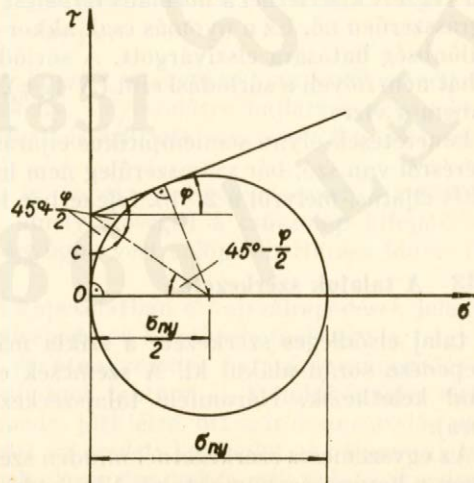
$$\operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) = \frac{\sigma_{ny}}{2c}$$

$$\frac{\sigma_{ny}}{2} = c \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right),$$

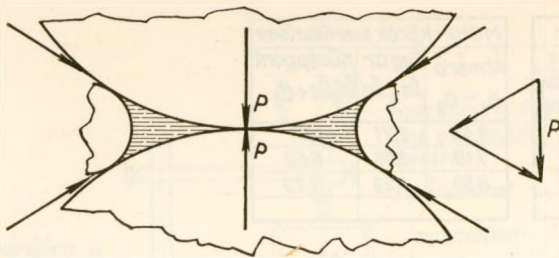
másrészt:

$$\operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = \frac{c}{\frac{\sigma_{ny}}{2}}$$

$$c = \frac{\sigma_{ny}}{2} \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$



2.42-31. ábra. Egyirányú nyomás Mohr-köre



2.42-32. ábra. A látszólagos kohézió magyarázata

Mivel a puha agyagtalajoknak a belső súrlódása kicsi, a köröket érintő egyenes közel vízszintes, azért az egyirányú nyomószilárdság fele közel egyenlő a kohézióval.

A homok- és kavicsalajoknak nincs kohéziója, viszont nagy a súrlódási szögük. A nedves homoktalaj mégis úgy viselkedik, mintha volna kohéziója. Ennek a lát-

szólagos kohézióknak a magyarázatát adja a 2.42-32. ábra. A szemcsék szögletében levő víz kapilláris felületén uralkodó húzófeszültség reakciója egymáshoz szorítja a két homokszemcsét.

A kavics- és homoktalajtól az agyagtalajok felé haladva egyre csökken a belső súrlódás, viszont megjelenik és nő a kohézió.

A belső súrlódás nagysága függ a szemcse nagyságától, alakjától, érdességétől, a talaj kötöttségétől (P_1), előterheléstől, szemszerkezetétől, víztartalmától és tömörségétől.

Így pl. a 10%-nál nagyobb iszaptartalom erősen befolyásolja a belső súrlódást. Ugyanígy kötött talajoknál döntően befolyásolja a belső súrlódást, a kohéziót és rajtuk keresztül a teherbíróképeséget a víztartalom. Lényeges a tömörség is, mert egy adott esetben míg a szemcsés talaj hézagfényezője 0,84-ről 0,35-re esett, addig a súrlódási szög 33° -ról 48° -ra emelkedett.

A súrlódási szög pontos és megbízható megállapítása nagyon fontos, mert döntő befolyása van sok számításunk eredményére. Iszapmentes talajban rakodási rézsűvel mérjük a súrlódási szöget, egyébként nyíró- vagy triaxiális kísérlettel. A kísérleteket többféleképpen végezhetjük aszerint, hogy a különböző irányú terheléseknél milyen mértékig várjuk be a konszolidációt.

Puha és vízzel telített agyagtalajoknál $\varphi = 0$. Az egyirányú nyomásnál kialakuló törési felületek (2.42-20. ábra) is tájékoztatást adnak a súrlódási szög nagyságáról.

A súrlódási szög nagyságának megállapításánál nem szabad figyelmen kívül hagyni a konszolidáció már megismert jelenségét sem. Pl. a nyíródobozal végzett kísérletnél a normális terhelést kezdetben a víz veszi fel, nyomása ugrásszerűen nő. Ez a nyomás csak akkor csökken le, amikor a víz a nyomáskülönbség hatására elszivárgott. A súrlódásnál számításba vett normális erő tehát nem növeli a súrlódási erőt ($N \cdot \text{tg } \varphi$), mert nem a talajszemcsékre hatott, hanem a vízre.

Ismeretesek olyan semiempirikus eljárások, ahol valójában nyírószilárdságmérésről van szó, bár számszerűleg nem határozzuk meg τ értékét. Ilyen pl. a CBR eljárás, melyről a 2.815. fejezetben lesz szó.

2.43 A talajok szerkezete

A talaj elsődleges szerkezete a szikla mállása, vagy a már elmállott anyag ülepedése során alakul ki. A szemcsék elrendeződnek és határozott térbeli rend keletkezik. Háromféle talajszerkezetet különböztetünk meg (2.43-1. ábra).

Az egyszemcsés szerkezetnél minden szemcse érintkezik a mellette levőkkel. Ilyen a kavics- és homoktalaj. Viselkedését főképpen a súrlódási szög határozza meg.

A sejtszerkezeteknél a szemcsék sejtszerű zárt üregeket vesznek körül. A sűrűlódás csak másodrendű szerepet játszik, döntő a kohézió, a kohéziót létrehozó fizikai-kémiai erők és mindaz, ami hatással van ennek nagyságára. Ilyen szerkezete van az iszapnak és a sovány agyagnak.

A pehelyszerkezetnél a sejtek láncolatai újabb sejteket alkotnak, tehát az előbbinél jóval lazább szerkezetet. Létrejöttéhez a szemcsék felületén nagy felületi erőkre van szükség. Ilyenek a laza tengeri üledékek.

A talaj másodlagos szerkezete a szedimentáció után keletkezik. Repedések, csúszólapok, konkréciók keletkeznek. A szél és víz hatására a talaj keletkezési helyétől távol újból leülepedik, amikor szerkezete már sokkal zavartabb lesz. Másodlagos szerkezetű pl. a homokerekekkel átszótt agyagréteg. Ilyen helyeken különös óvatossággal kell eljárni a talaj megítélésénél. A másodlagos szerkezetre jellemző példa a lösz makroporózus szerkezete is (2.43-1. ábra). A talajban szabad szemmel is megfigyelhető üregek az átnedvesedés és terhelés együttes hatására beszakadnak, a talaj „roskad”.

A talajszerkezettel kapcsolatban néhány fontos fizikai és kémiai jelenséggel kell röviden megismerkednünk.

A homokos agyagtalajokban az egyszemcsés szerkezet vázat alkothat, illetve a viszonylag nagyméretű homok- és iszapszemcsék közeit tölti ki a már ismert szerkezetű agyag. Ha ilyen talaj terhelést kap, akkor a nagy pórusokban levő agyagrészecskékre ebből semmi sem jut, míg a nem érintkező durva szemcsék között az agyag erősen összenyomódik (2.43-2. ábra). A terhelés fokozásával a deformáció olyan határt érhet el, amelynél az eddig terheletlen agyagrészecskékre is átadódhat a terhelés. Ennek következménye az összenyomódás meggyorsulása. Ezzel magyarázható, hogy az agyagok szilárdsága átgűrás hatására erősen csökken, később a vázszerkezet újból kialakul és a szilárdság ismét nő.

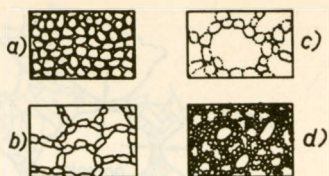
Az átgűrás hatására bekövetkező szilárdságcsökkenés jellemzésére szolgál az érzékenység fogalma, amely a természetes és átgűrát állapotban mért egyirányú nyomószilárdság hányadosa.

$$\tilde{E} = \frac{\sigma_{ny \text{ term.}}}{\sigma_{ny \text{ átg.}}}$$

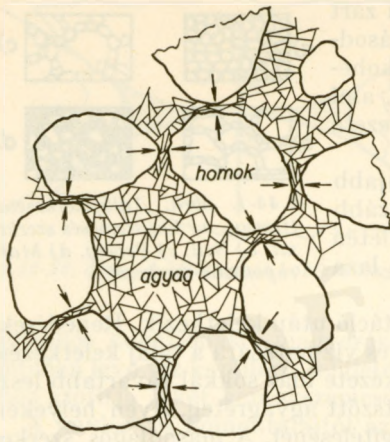
A jelentős geológiai előterhelést kapott agyagoknál az érzékenység 1,0 körül mozog, míg a rendkívül érzékeny, folyósodásra hajlamos agyagokban 100, sőt 1000 is lehet. Normális értéke 2 és 4 között van, a 4 és 8 közötti érték már érzékenységet jelez.

Átgűrást eredményez a csúszás is, ennek eredményeképpen a csúszólap környékén lecsökken a szilárdság, amely elősegíti a csúszólap kifejlődését. Átgűrás a cölöpverés is, tehát az agyagba vert cölöp teherbírása idővel lassan nő.

A talaj másodlagos szerkezetével kapcsolatban a hajszálrepedések jelentőségére kell rámutatni. Ezek a hajszálrepedések keletkezhetnek úgy is, hogy az ülepedés után ismételt kiszáradás és átnedvesedés hatására zsugorodás és duzzadás következik be, de keletkezhetnek tektonikai, kolloidkémiai és elektromos hatásokra is. Ahol egyszer repedés jött létre, ott már összezáródás után sem alakul ki a szétvált részek között az eredeti kapcsolat. Az ilyen talajrög nyomás hatására kisebb-nagyobb poliéderes darabokra esik szét, a repedések felületei fényesek és simák.



2.43-1. ábra. Talajszerkezetek típusai. a) Egyszemcsés szerkezet. b) Sejt. c) Pehely. d) Makroporózus szerkezet



2.43-2. ábra. Homokos agyag szerkezete

terheléskor az üregek beszakadását. Ezek ugyan a terhelés növekedésekor megrepedezhetnek, de még ilyenkor is megmarad némi szilárdság a látszólagos kohézió miatt. Ha azonban a terhelés és vízzel való telítődés egyidejűleg következik be, akkor a cementáló hártványok összetörnek, látszólagos kohézió a telítettség miatt nincs, ezért hirtelen roskadás következik be. Ha a kezdeti hézag-tényező $e = 0,8$ -nál kisebb, akkor a roskadás jelentéktelen.

A talaj szerkezetére és viselkedésére fontos tájékoztatást adhat a talaj maximális molekuláris víztartóképesége, vízfelvevőképessége és szétesése víz alatt.

2.44 A talaj szervesanyag-tartalma és káros vegyületei

A talajtanból ismeretes az a tény, hogy a talajok keletkezése során egyes talaj-típusok felső rétegeiben a szerves anyagok felhalmozódnak, a szénhidrogén-vegyületek mennyisége növekszik, más talajtípusok pedig túlnyomórészt ilyen vegyületekből állnak, ilyen pl. a tőzeg.

A szerves talajok víztartalma nagy, műszaki szempontból különösen nagy összennyomhatóságuk hátrányos és az, hogy kémiaileg is átalakulnak, mely folyamat további összennyomódást eredményezhet. Jó vízfelvevőképességük következtében valamely földműbe beépített szerves talajréteg a környező ásványi talaj felpuhulását eredményezheti, csúszást idézhet elő stb.

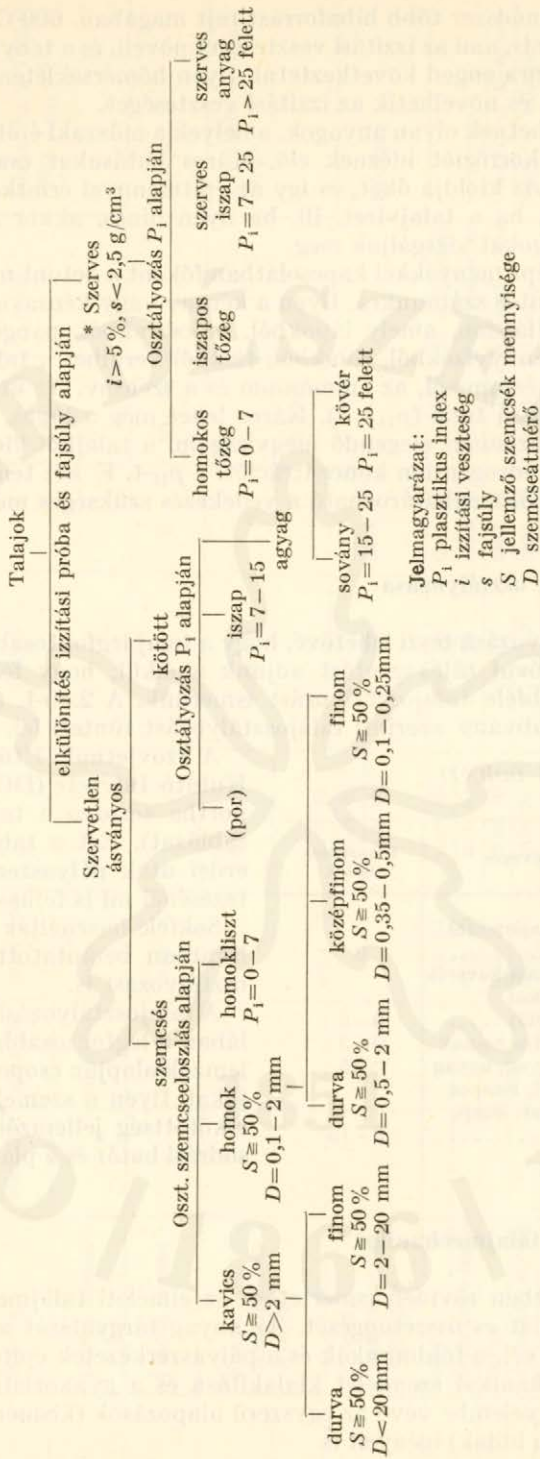
A szerves talajok megítélése a magyar szabvány szerint az izzítási veszteség alapján történik. A talajban előforduló szerves anyagok, ellentétben az ásványi talajszemcsékkel, általában éghetőek. Az égéskor keletkező hamu súlya jelentéktelen, s így az izzításkor bekövetkező súlyvesztés egyenlőnek vehetjük a szervesanyag-tartalommal.

Kb. 15 g talajt 50 C°-on szárítunk ki. Azért nem a szokásos 105 C°-on, mert ilyen hőmérsékleten a szervesanyagok elégeése már megkezdődik. Ezután a mintát 600 C°-on 1–3 órán át izzítjuk. Lehűlés után megmérjük a súlyát, az izzítási veszteség:

$$i = \frac{G_0 - G_1}{G_0} 100\% \text{ lesz.}$$

A magyar talajosztályozási szabvány szerint szervesnek tekinthető a talaj akkor, ha $i > 10\%$.

2.45-1. táblázat. MSZ talajosztályozás

* Demnstedt készülékkel meghatározva. 600 C°-on történt izzításnál $i > 10\%$.

E vizsgálati módszer több hibaforrást rejt magában. 600 C°-on már eltávozik a kristályvíz is, ami az izzítási veszteséget növeli, és a ténylegesnél nagyobb szerves tartalomra enged következtetni. Ilyen hőmérsékleten a karbonátok is felbomolhatnak és növelhetik az izzítási veszteséget.

A talajban lehetnek olyan anyagok, amelyek a műszaki építmények anyagát megtámadják, korróziót idéznek elő. Káros hatásukat csak akkor tudják kifejteni, ha a víz kioldja őket, és így az építménnyel érintkezésbe kerülnek. Ezért elegendő, ha a talajvizet, ill. ha ilyen nincs, akkor a talajból vízzel kioldható anyagokat vizsgáljuk meg.

Az erdészeti építményekkel kapcsolatban főként a betont megtámadó anyagok ismerete fontos számunkra. Ilyen a kénsav vagy kénsavas sók vizes oldatában levő szulfát-ion, amely lápokból, mocsarokból, pangó vizekből, ipari hulladékból, szennyvizekből, salakból, füstből kerülhet a talajba. Károsak a betonra a magnézium sói, az ammónium és a szénsav. Az utóbbi csak akkor, ha a talajt savassá teszi ($p_H < 7$). Káros lehet még a lúgos, lúgy talajvíz is.

Rendszerint azonban elegendő megvizsgálni a talajból kioldott SO_3 gyökertartalmat és a hidrogén-ion koncentrációt, a p_H -t. E két tényező függvényében táblázatokból meghatározható a védekezés szükséges mértéke.

2.45 A talajok osztályozása

A talajok osztályozása teszi lehetővé, hogy a talaj legfontosabb tulajdonságairól egyetlen szóval tájékoztatást adjunk anélkül, hogy fel kellene sorolni jellemzőit. Többféle talajosztályozást ismerünk. A 2.45-I. táblázat az MSZ 4487-51. sz. szabvány szerinti talajosztályozást tünteti fel.

2.45-II. táblázat. A DORNII talajosztályozása

Talaj-csoport	Megnevezés	Plasztikus index
A	kavics, iszapmentes homok	0
B	optimális talajkeverék (mechanikai stabilizáció)	0 – 6
C	homoklisztes homok	0 – 3
C	iszapos agyag, agyag	>15
D	homokliszt, iszapos homokliszt, iszap, lösz	3 – 15

A Szovjetunió Űtügyi Tudományos Kutató Intézete (DORNII) négy csoportba sorozza a talajokat (2.45-II. táblázat). Ezt a talajosztályozást az erdei utak pályaszerkezetének méretezésénél mi is felhasználjuk.

Sokfelé használják a 2.45. III. táblázatban bemutatott amerikai talajosztályozást is.

A talajosztályozási rendszerek általában a legfontosabb talajfizikai jellemzők alapján csoportosítják a talajokat. Ilyen a szemeloszlás, valamint a kötöttség jellemzői: a folyási határ, sodrási határ és a plasztikus index.

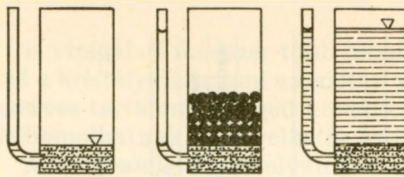
2.46 Elméleti talajmechanika

Ebben a fejezetben röviden ismertetem az elméleti talajmechanika néhány alapvető fogalmát és összefüggését. Az anyag tárgyalását annyira szűkítem le, amennyire a cél, a földmunkák és a pályaszerkezetek építésénél érvényesítendő talajmechanikai szemlélet kialakítása és a gyakorlati követelmények megengedik, figyelembe véve az egyszerű alapozások (kisméretű magasépületek és kisnyílású hidak) igényeit is.

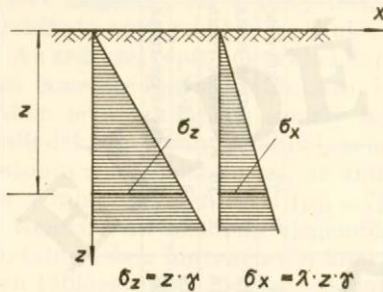
2.45-III. táblázat. A ASHO—M 145—49 (American Association of State Highway Official) talajosztályozás

Csoport	Talanjnév	2,0 mm				0,42 mm-nél kisebb frakciók		Folyási határ F ismertetőjelei	Plasztikus index P_1	Csoport index I_{cs}	CBR érték %	Töltéscélszerű alkalmasság	Fagyérkenység
		átmérőjű szítán átesik %		0,40 mm	0,060 mm	A 0,42 mm-nél kisebb frakciók							
A-1a	Kavics	max 50	max 30	max 15			max 6	0	15—80	Kiváló	Nincs, ha a kötött rész $S_{0,06} < 8\%$		
A-1-b	Durva homok ¹		max 50	max 25			0	0	10—80	Jó	Nincs		
A-3	Finom homok		min 51	max 10			max 10	0	8—80	Jó	Mérsékelt — igen nagy		
A-2-4	Kavics, homokkal és iszappal					max 40	max 10	0					
A-2-5				max 35		min 40 max 40 min 40							
A-2-6	Kavics, homokkal és agyaggal												
A-4	Iszap			min 35		max 40	max 10	max 8	6—25	Jó — kevéssé			
A-5	Képlékeny iszap			min 35		min 40	max 10	max 12	3—7	Nagyon-rossz	Igen nagy		
A-6	Agyag			min 35		max 40	min 10	max 16	4—10	Kevéssé-rossz	Csekély — közepes		
A-7-5	Képlékeny agyag			min 35		min 40	$P_1 < F-30$	max 20	0—3	Rossz	Nagy — közepes		
A-7-6	Kövré agyag			min 35		min 40	$P_1 > F-30$	max 20	3—6	Kevéssé-rossz	Csekély		
Osztyalozás külső meg- ítéléssel				$D > 100$ mm 1 db < 0,1 m ³									

¹ kavicsal és kötött résszel vagy anélkül



2.46-1. ábra. Tényleges és semleges feszültségek



2.46-2. ábra. Feszültségek eloszlása a vízszintes felületű homogén féltérben

2.461 Tényleges és semleges feszültségek

A 2.46-1. ábra három azonos talajmintát mutat. Az *a*) rajzon látjuk, hogy a minta vízzel telített. Ha erre a mintára golyókból álló terhelést teszünk (*b*) rajz), akkor a vízszlop felemelkedik, jelöljük annak, hogy a terhelést a víz vette fel. A konszolidáció előrehaladtával a vízszint alászáll, és elvben végtelen idő múlva eléri a kiindulási szintet. A vízszlop emelkedése következik be akkor is, ha a minta vízborítást kap (*c*) rajz). Ezekben az esetekben semleges feszültségről beszélünk, mert a feszültség nem a talajszemcsékben, hanem a talajvízben van. A *b*) rajz $t = \infty$ esetén viszont nem mérünk nyomást, pedig a talajszemcsékben a terhelés következtében tényleges feszültség van.

2.462 A végtelen féltér feszültségállapota

A talaj síkkal határolt végtelen féltérnek tekinthető, melyben a statikából megismert tartókhhoz hasonlóan az önsúly hatására feszültségek ébrednek. A 2.46-2. ábra mutatja a függőleges és vízszintes feszültségek eloszlását a mélység függvényében.

z mélységben

$$\sigma_z = z \cdot \gamma \text{ függőleges}$$

$$\sigma_x = \lambda \cdot z \cdot \gamma \text{ vízszintes}$$

feszültség van, λ a nyugalmi nyomás tényezője, σ_x pedig a vízszintes irányban ható nyugalmi földnyomás.

A vízszintes feszültség nagysága több, itt nem részletezett tényezőtől is függ.

Ha a talaj vízzel telített, illetve a talajvíz szintje alatt van, akkor a víz felhajtó erejét figyelembe kell venni. Ilyenkor

$$\sigma'_z = z(\gamma - 1)$$

A kapillárisan emelkedő víz zónájában a nyomást a kapilláris feszültségek növelik. (Megjegyzem, hogy az önsúly hatására keletkező függőleges feszültséget geostatikai nyomásnak is nevezik.)

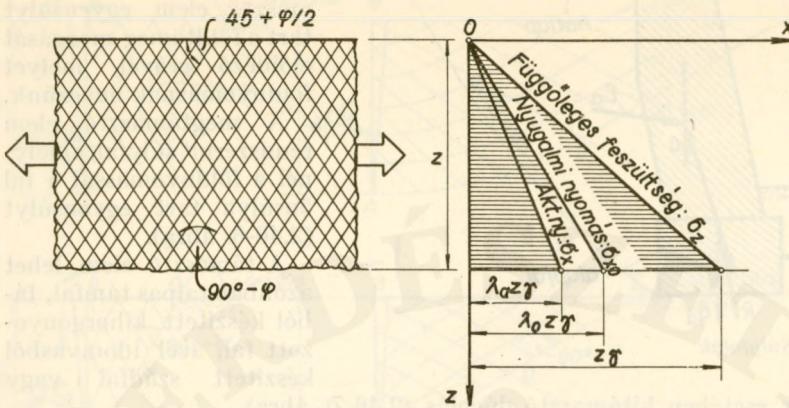
2.463 Féltér plasztikus egyensúlyi állapota

Ha egy vízszintes síkkal határolt végtelen kiterjedésű kohézió nélküli homoktömegben expanziót hozunk létre, akkor a törés bekövetkezése után a talajszemcsék elmozdulnak eredeti helyükről. Az elmozdulások csúszólapon következnek be. Két csúszólapsereg alakul ki (2.46-3. ábra). A vízszintes és függőleges feszültségek viszonya

$$\frac{\sigma_x}{\sigma_z} = \lambda_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

166 Ez az aktív Rankine-féle feszültségállapot.

Expanzió



2.46-3. ábra. Csúszólapok és feszültségek expanzióánál

Ha ugyanebben a homoktömbben kompressziót hozunk létre, akkor a terhelés növekedésével bekövetkezik a törés és két csúszólapseregen a talajszemcsék elmozdulnak (2.46-4. ábra). A feszültségek viszonya:

$$\frac{\sigma_x}{\sigma_z} = \lambda_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

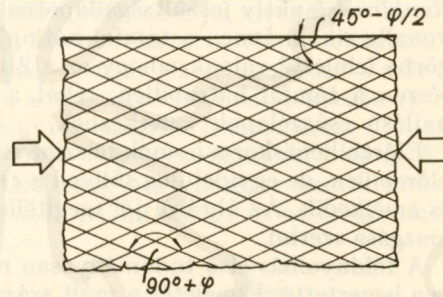
Ez a passzív Rankine-féle feszültségállapot.

Ha a kísérleteket nem homokkal, hanem olyan talajjal végezzük, melyeknek kohéziója is van, akkor a feszültségek eloszlása más lesz, mert húzófeszültségek is keletkeznek. A 2.46-3. ábra összehasonlítása a 2.46-5. ábrával rávilágít a feszültségeloszlás különbözőségére. A leglényegesebb az, hogy a talajban húzófeszültségek is keletkeznek.

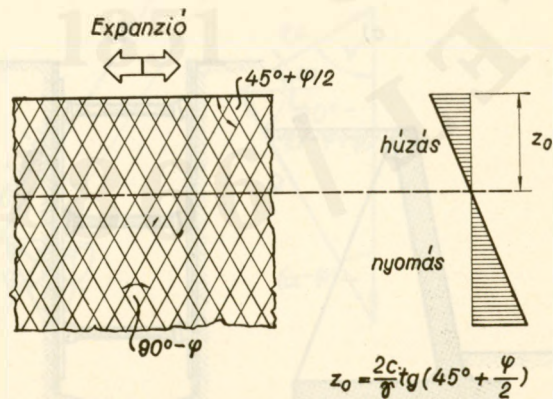
2.464 Aktív földnyomás

Előfordulhat, hogy valamely földtömeget olyan meredek rézsűvel vágunk le, hogy már nincs biztosítva az egyensúlyi állapot, a rézsű le-

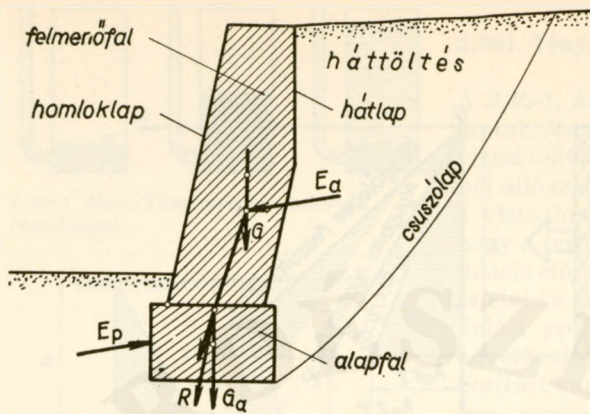
Kompresszió



2.46-4. ábra. Csúszólapok kompresszióánál



2.46-5. ábra. Aktív feszültségállapot vízszintes térszinnel határolt kohéziós földtömbben



2.46-6. ábra. Súlyfalak

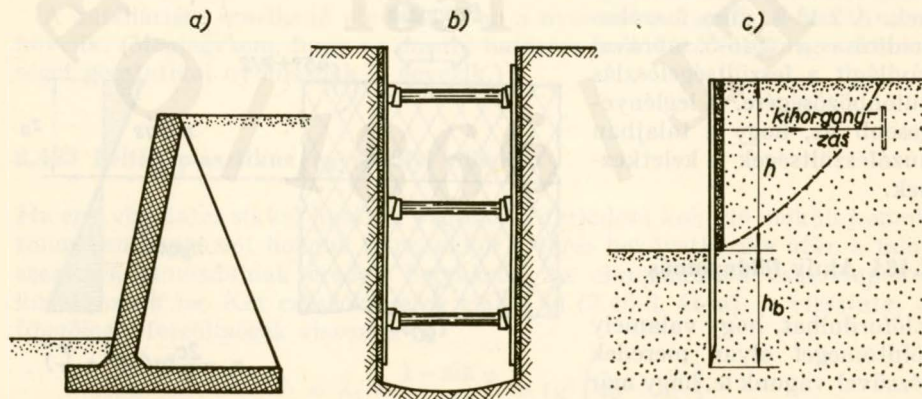
munkagödör esetében kitámasztó dúcolás (2.46-7. ábra).

Ha a súlyfalra a felszíni terhelés miatt megnövekedett földnyomás hat vagy töltést támaszt meg, akkor támfalról beszélünk, ha pedig csak a földnyomással tart egyensúlyt, ill. bevágási rézsű megtámasztásáról van szó, akkor bélésfalnak nevezzük.

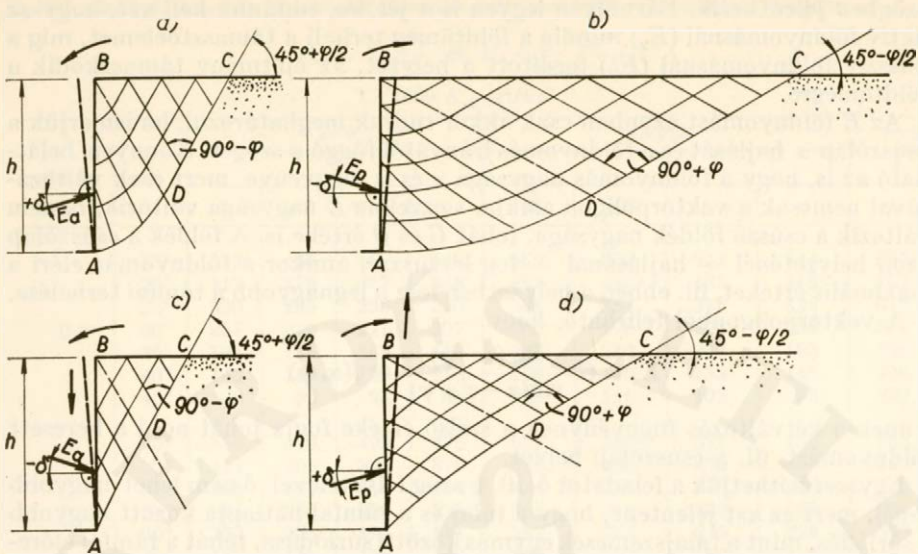
Tételezzük fel, hogy a támfal száraz, tehát kohézió nélküli homokot támaszt meg, a támfal hátlapja pedig érdes. Ha a támfal az első sarokpont körül előrebillen, akkor a mögötte levő földtömegben expanzió keletkezik. Kialakulnak a Rankine-féle aktív feszültségállapotnak megfelelő csúszólapok, amelyek a BD vonalig síkok. Innen a támfal hátlapján fellépő súrlódás miatt elhajolnak és görbe felületté válnak, ahogy ez a 2.46-8. ábra $a)$ részén látható. Az ábra $b)$ részén a támfal hátrabilen, tehát a passzív feszültségállapotnak megfelelő hajlású csúszólapok keletkeznek.

Előrebillenéskor a homok felszíne süllyed, hátrabilenéskor emelkedik. A fal előrebillen, de egyidejűleg süllyed a $c)$ ábrarészen, míg a $d)$ részen hátrabilen és emelkedik. Az ábráról jól megítélhető, hogy lényeges különbség van a fal mozgása szerint.

A földnyomás első tudományosan meghatározott elméletét Coulomb 1779-ben ismertette. Elméletét a múlt század végén továbbfejlesztették. Az alapvető feltevés az, hogy a csúszólap sík, a fal és a föld között súrlódást tételezünk fel (tehát a földnyomás a támfal hátlapjának merőlegesével δ szöveget zár



2.46-7. ábra. A föld megtámasztásának egyéb módjai. a) Talpas támfal. b) Dúcolás. c) Kihorgonyozott fal

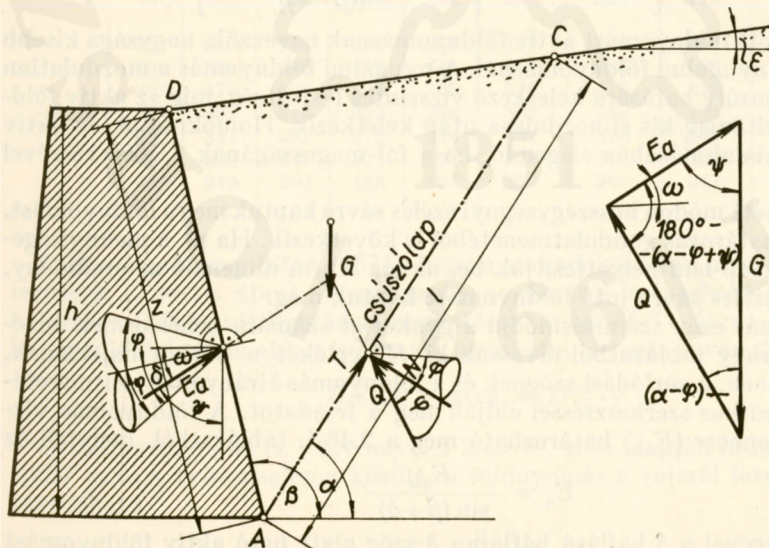


2.46-8. ábra. Csúszólapok elbillenő támfalak mögötti földtömegben

be), a szakadólapon a csúszás pillanatában fennáll a csúszási feltétel (tehát a Q reakcióerő a csúszólap normálisával φ szöget zár be, éppen a súrlódási kúp alkotójába esik). Az alapvető feltevés a 2.46-9. ábrából is jól kivehető.

Mai ismereteink alapján több kifogást is lehetne emelni az előbbi feltevések ellen – pl. láttuk, hogy a csúszólap nem sík –, de az elhanyagolásokból származó hiba nem nagyobb, mint amennyi a számításnál használt tényezők (pl. a φ súrlódási szög) meghatározásának bizonytalanságából is származik.

Egyensúly esetén a lecsúszó földék G súlya, a Q csúszólapreakció és az E földnyomás egyensúlyban van. Itt említem meg, hogy sokszor nem a földnyomást, hanem annak reakció erőjét szokták jelölni, ahogy ez az erőhárom-



2.46-9. ábra. Klasszikus földnyomáselmélet (Coulomb és követői) alapfeltevései

szögben jelentkezik. Bármilyen legyen is a jelölés, tudnunk kell azt, hogy az aktív földnyomásnál (E_a) mindig a földtömeg terheli a támfaltóelemet, míg a passzív földnyomásnál (E_p) fordított a helyzet, az építmény támaszkodik a földtömegre.

Az E földnyomást azonban csak akkor tudjuk meghatározni, ha ismerjük a csúszólap α hajlását és a földnyomás irányától függő ψ szöget. Könnyen belátható az is, hogy a földnyomás nagysága α és ψ függvénye, mert ezek változásával nemcsak a vektorpoligon alakja, s ezzel az E nagysága változik, hanem változik a csúszó földék nagysága, tehát G és Q értéke is. A földék a csúszólap azon helyzeténél – hajlásánál – fog lecsúszni, amikor a földnyomás eléri a maximális értékét, ill. ebben a helyzetben lesz a legnagyobb a támfal terhelése.

A vektorpoligonból felírható, hogy

$$E = G \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\sin(\alpha - \varphi + \psi)} = f(\alpha, \psi)$$

Ennek a kétváltozós függvénynek a szélső értéke fogja tehát adni a keresett földnyomást, ill. a csúszólap helyét.

Egyszerűsíthetjük a feladatot δ , ill. ψ szög felvételével. δ nem lehet nagyobb φ -nél, mert ez azt jelentené, hogy a talaj és a támfal hátlapja között nagyobb a súrlódás, mint a talajszemcsék egymás közötti súrlódása, tehát a támfal előrebillenésekor nem a talaj csúszna a hátfalon, hanem közvetlen mögötte a talajszemcsék csúsznának el egymáson. Ezen megfontolás alapján általában $\delta = \frac{2}{3}\varphi$ felvétele szokásos, míg az időszakos rezgésnek kitett falaknál $\delta = \frac{1}{2}\varphi$, állandó rezgésnél pedig $\delta = 0^\circ$.

δ felvétele után, melyből ψ is adódik, a differenciálás leegyszerűsödik, sük támfalhátlap és sík térszín esetén a következő eredményt kapjuk:

$$E_a = K_a \frac{z^2 \gamma}{2},$$

ahol K_a , az ún. hidrosztatikai – helyesebben földnyomási – szorzó értéke általános esetben:

$$K_a = \left[\frac{\sin(\beta - \varphi)}{\sqrt{\sin(\beta + \delta)} + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi) \sin(\varphi - \varepsilon)}{\sin(\beta - \varepsilon)}}} \right]^2$$

Az így kapott földnyomást aktív földnyomásnak nevezzük, nagysága kisebb a már ismert nyugalmi földnyomásnál. A nyugalmi földnyomás a mozdulatlan feltérben az önsúly hatására keletkező vízszintes feszültség, míg az aktív földnyomás a földtömeg kis elmozdulása után keletkezik. Homoknál pl. az aktív földnyomás kialakulásához elegendő, ha a fal magasságának 1/1000 részével billen előre.

Az ismertetett módon hosszegységnyi széles sávra kaptuk meg a földnyomást, amely a meghatározás gondolatmenetéből is következik. Ha pl. a mennyiségeket m-ben és Mp-ban helyettesítjük be, akkor Mp/m dimenzió az eredmény, tehát egy m széles sávra jutó földnyomást kaptuk meg.

A földnyomás ezen számításmódja a gyakorlat számára nehézkesnek bizonyult, ezért vagy táblázatból olvassák ki K_a értékét a hátlap hajlásának, a terep dőlésének, a súrlódási szögnek és a földnyomás irányának az ismeretében, vagy grafikus szerkesztéssel oldják meg a feladatot. A földnyomás vízszintes komponense (E_{ah}) határozható meg a 2.46-I. táblázatból, melyből az

$$E_a = \frac{E_{ah}}{\sin(\beta + \delta)}$$

képlet segítségével a β hajlású hátlapra δ szög alatt ható aktív földnyomást kapjuk.

$$E_{ah} = K_{ah} \frac{z^2 \gamma}{2} \text{ és } E_a = \frac{E_{ah}}{\sin(\beta + \delta)}$$

1000 K_{ah} értékei

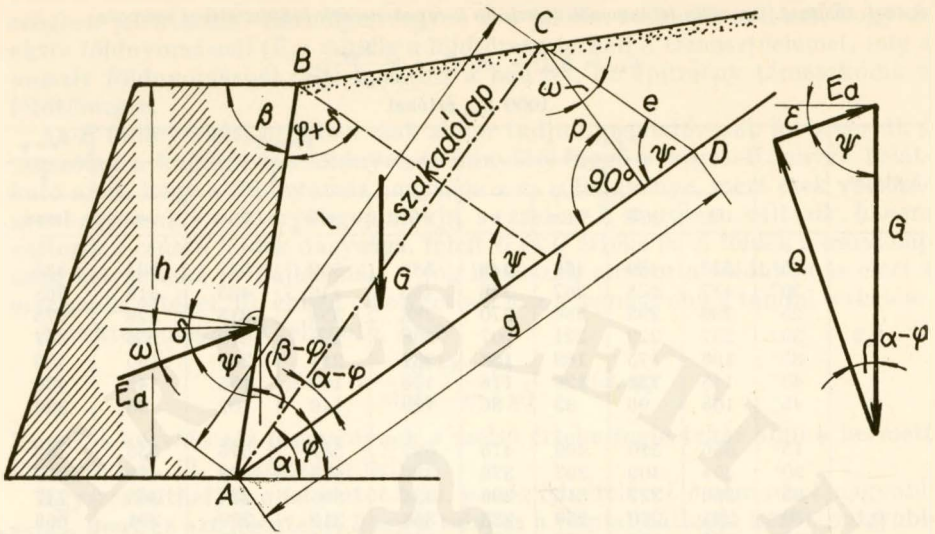
ctg β	φ	$\varepsilon = 0$				$\varepsilon = \varphi/2$				$\varepsilon = \varphi$
		δ				δ				δ
		O	$\varphi/2$	$\frac{2}{3}\varphi$	φ	O	$\varphi/2$	$\frac{2}{3}\varphi$	φ	tetsz.
0,2	15°	523	480	469	449	589	552	542	524	835
	20°	417	378	367	348	482	446	435	418	763
	25°	330	295	286	270	388	354	345	329	675
	30°	257	229	221	207	306	278	270	256	587
	35°	198	175	169	158	237	214	208	195	496
	40°	148	132	126	118	178	160	155	146	406
	45°	108	96	93	86	129	116	102	95	320
0,1	15°	556	510	499	475	627	587	576	556	883
	20°	454	409	397	376	526	485	473	453	822
	25°	368	327	316	296	434	396	384	365	747
	30°	295	260	250	233	358	319	309	291	666
	35°	234	205	196	181	282	253	245	228	580
	40°	182	159	152	140	220	197	190	176	492
	45°	139	121	116	106	168	149	140	133	405
0	15°	588	538	524	500	665	621	609	587	933
	20°	490	440	426	401	569	523	510	486	883
	25°	406	359	345	322	482	436	423	400	824
	30°	333	291	279	257	402	360	334	326	750
	35°	271	235	224	205	330	293	283	262	672
	40°	218	187	181	161	267	235	226	207	587
	45°	172	148	145	125	210	185	177	160	500
-0,1	15°	619	564	549	521	701	654	640	615	983
	20°	525	469	453	424	612	561	545	518	948
	25°	443	389	373	345	529	477	461	434	900
	30°	372	321	306	280	452	402	387	359	839
	35°	309	264	251	226	381	335	318	294	768
	40°	254	216	204	180	316	275	263	237	689
	45°	207	174	164	143	257	223	212	188	605
-0,2	15°	648	588	571	541	737	684	669	642	1036
	20°	559	495	477	444	654	596	579	548	1016
	25°	479	416	398	365	576	516	498	465	982
	30°	409	349	332	299	502	442	424	390	933
	35°	347	292	275	244	432	376	360	323	872
	40°	292	243	229	197	367	316	300	265	800
	45°	243	200	186	157	307	262	247	213	720

Rebhann bizonyította, (1871), hogy a szakadólap felezi az ABCD négyszög területét (2.46-10. ábra). A szerkesztés az ábráról leolvasható. A szakadólap helyzete néhány próbálgatással meghatározható (2.46-11. ábra). Rebhann területgyenlőségi tétele akkor is fennáll, ha felszíni terhelés is van (2.46-12. ábra).

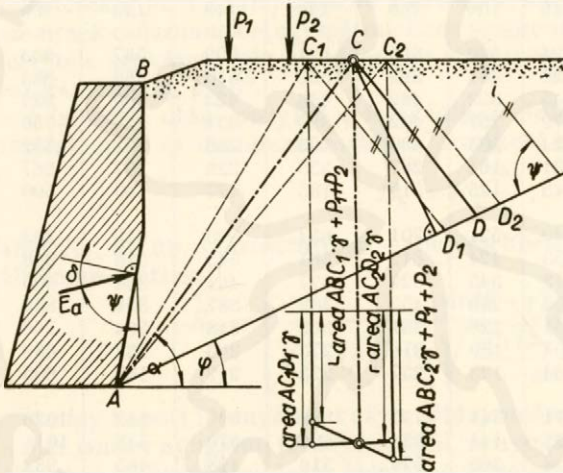
$$G + \Sigma P = \text{area } ACD \triangle \cdot \gamma$$

Bebizonyítható az is, hogy mivel a 2.46-10. ábra alapján hasonlóság van az ACD \triangle és a vektorpoligon között, a földnyomás a rajzról levett értékekből számítható.

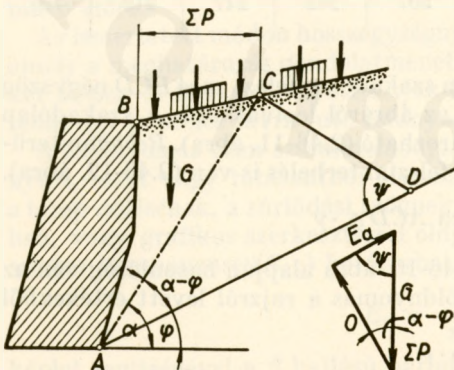
$$E = \frac{P \cdot e}{2} \gamma$$



2.46-10. ábra. Rebhann tétele



2.46-11. ábra. Szakadólap helyének meghatározása Rebhann tételével



172 2.46-12. ábra Rebhann tételének általánosítása

A Poncelet szerkesztés segítségével mind a szakadólap helye, mind a földnyomás nagysága próbálgatás nélkül is megszerkeszthető.

Rajzoljuk fel (2.46-13. ábra) a szakadólapot (AC egyenes) és a Rebhann, tételből megismert, a súrlódási rézsúvhöz ψ szög alatt hajlított CD egyenest. Alakítsuk át az ACD háromszöget vele azonos területű háromszöggé, húzzunk a D ponton keresztül párhuzamost a szakadólappal.

$$\text{area } ACD \triangle = \text{area } ACE \triangle = \text{area } ABC \triangle$$

$ABC \triangle$ és $ACE \triangle$ magassága azonos, tehát a területegyenlőség miatt az alapoknak is azonosnak kell lenniük.

$$\overline{BC} = \overline{CE}$$

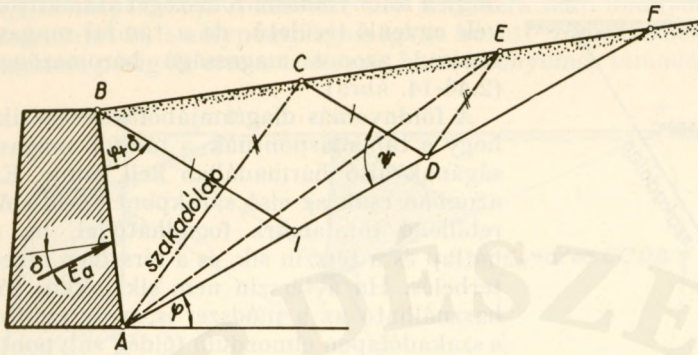
A sugársorok geometriája alapján felírható:

$$\begin{aligned} \frac{\overline{AD}}{\overline{AF}} &= \frac{\overline{CE}}{\overline{CF}} = \frac{\overline{BC}}{\overline{CF}} = \\ &= \frac{\overline{DJ}}{\overline{DF}} = \frac{\overline{AD} - \overline{AJ}}{\overline{AF} - \overline{AD}} \end{aligned}$$

Az első és utolsó tagból

$$\begin{aligned} \overline{AD} (\overline{AF} - \overline{AD}) &= \\ &= \overline{AF} (\overline{AD} - \overline{AJ}) \\ \overline{AD}^2 &= \overline{AJ} \cdot \overline{AF} \end{aligned}$$

Az \overline{AD} mértani középárányos körzővel megszerkeszthető.



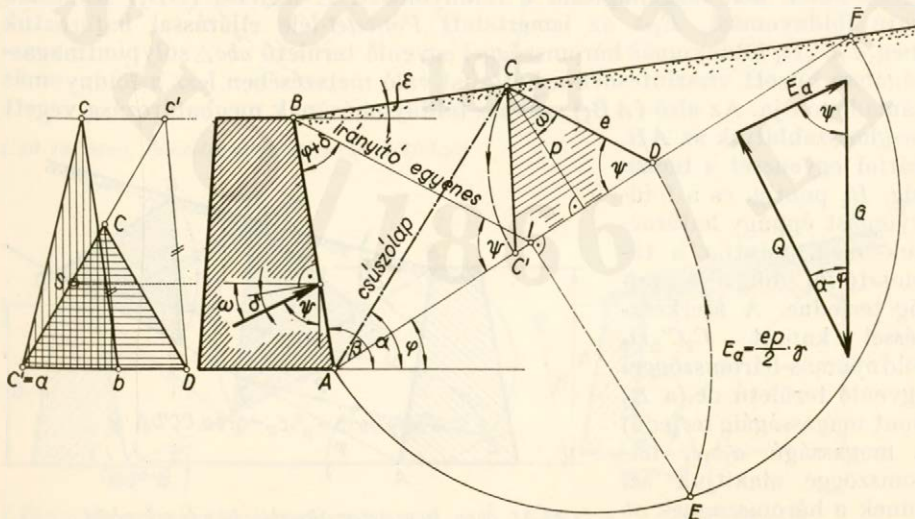
2.46-13. ábra. A Poncelet-szerkesztés alapelve

A szerkesztés lépései a következők:

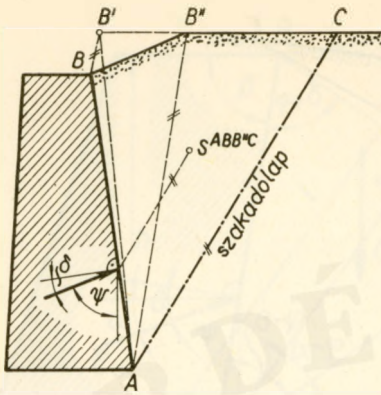
- A hátlaphoz felrakjuk $\delta + \varphi$ szöget és meghúzzuk \overline{BI} egyenest.
- Az \overline{AF} távolságra, mint átmérőre, félkört rajzolunk.
- A I pontot a súrlódási rézsűre merőlegesen a félkörívre vetítjük, kapjuk E pontot, majd az \overline{AE} távolsággal, mint sugárral A pontból, mint középpontból, körívet húzunk a súrlódási rézsűig, nyerjük D pontot.
- A D pontból párhuzamosot húzunk a \overline{BI} egyenessel a terepig, s ezzel megkaptuk a csúszólap vagy szakadólap végpontját, a C pontot.
- Ha \overline{CD} távolságot a D pont körül lekörözözzük a súrlódási rézsűre, akkor megkaptuk $\triangle C'D$ -et, melynek területe arányos a földnyomással. Mivel $C'D = \overline{CD}$, azért a háromszög területéből számított földnyomás

$$E_a = \frac{p \cdot e}{2} \gamma$$

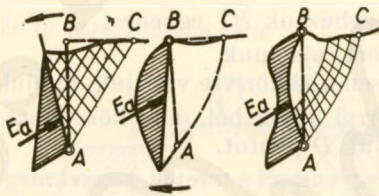
A földnyomás a megtámasztott földtömeg magasságával egyenes arányban nő, ezért a mélységbeli eloszlását feltüntetető diagramot úgy szerkesztjük meg,



2.46-14. ábra. Poncelet-szerkesztés



2.46-15. ábra. Támaszpont helye nem sík térszín esetén



2.46-16. ábra. Feszültségeloszlás és támaszpont helye különböző támfalelmozdulásoknál

lapon kívülre esik, akkor alkalmazható a 2.46-17. ábrán bemutatott megoldás. – Tört térszín esetén először az azonos területű, de nem tört térszínű keresztmetszvényt határozzuk meg: $\text{area } ABH \triangle = \text{area } AB'H$. A szerkesztést ezután az ismert módon végrehajtható (2.46-18. ábra). Tört hátfal esetét látjuk a 2.46-19. ábrán.

Ha a támasztó fal hátfala törtvonal, akkor felülről lefelé minden szakaszra külön-külön kell megállapítani a földnyomást. A legfelső (BB_1) szakaszra ható földnyomást, E_1 -t az ismertett Poncelet-féle eljárással határozzuk meg. $C_1C'_1D_1$ földnyomás háromszöggel egyenlő területű $abc \triangle$ súlypontmagasságában húzott vízszintesnek a hátfallal való metszésében lesz a földnyomás támadópontja. Az alsó (AB_1) szakasz földnyomásának meghatározása végett meghosszabbítjuk az AB_1 hátfal egyenesét a térszínig, B_2 pontig, és a földnyomást éppúgy határozzuk meg, mintha a támasztó fal eddig a B_2 pontig terjedne. A szerkesztéssel kapott $C_2C'_2D_2$ földnyomás-háromszöggel egyenlő területű de (a B_2 pont magasságáig terjedő) h magasságú $a_1b_1c_1$ háromszöggé alakítjuk át, ennek a háromszögnek ab egyenes alá eső része

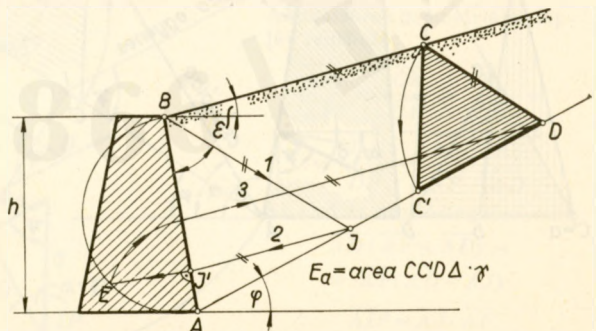
hogy a földnyomásháromszöget átalakítjuk vele egyenlő területű, de a támfal magasságával azonos magasságú háromszöggé (2.46-14. ábra).

A földnyomás diagramjából következik, hogy a támaszpontnak a támfal magasságának alsó harmadában kell lennie. Ez azonban csak az első sarokpont körül előrebillenő támfalakra fogadható el, ha a hátfal és a térszín sík, és a térszínen nincs terhelés. Ha a térszín nem sík, akkor jól használható az a módszer is, mely szerint a szakadólapon elmozduló földék súlypontjából húzott és a szakadólappal párhuzamos egyenesnek a hátfallal való metszése adja a támaszpontot (2.46-15. ábra).

Ha a támfal elmozdulása másként történik, akkor a feszültségeloszlás és a támaszpont helye megváltozik (2.46-16. ábra).

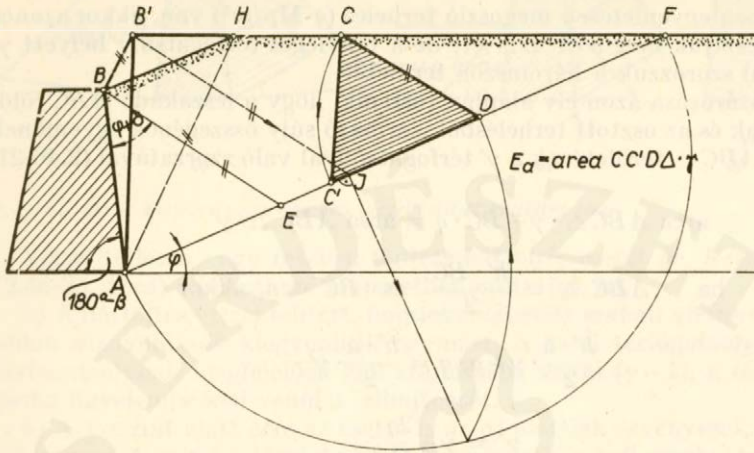
Ezzel meghatároztuk azt a három tényezőt, mely nélkül a támfal méretezése, ill. statikai ellenőrzése nem végezhető el; ismerjük a földnyomás nagyságát, irányát és támaszpontját.

A Poncelet-féle szerkesztés gyakorlati alkalmazásának megkönnyítése céljából néhány jellegzetes esetet mutatunk be. – Ha a terep és a súrlódási rézsű metszése a rajz-

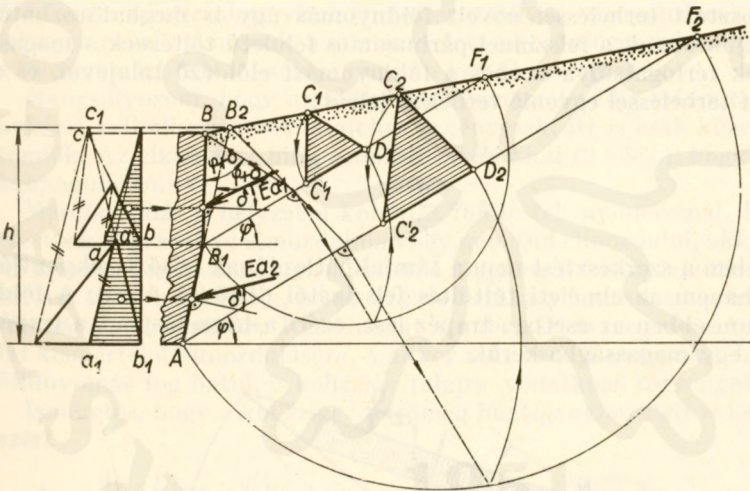


2.46-17. ábra. Poncelet-szerkesztés, ha ε és φ kevésbé különbözik

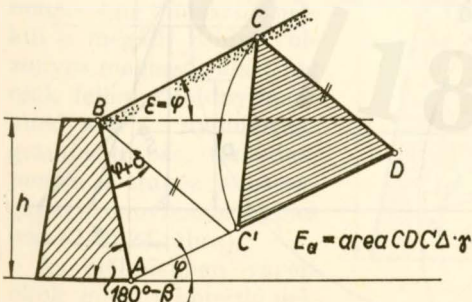
($a_1 b_1 b d$ trapéz) adja a keresett alsó szakaszra ható földnyomás nagyságát és diagramját is, a súlypontmagasságban húzott vízszintesnek a hátfallal való metszése pedig az erre a szakaszra ható földnyomás támadópontját. Az eredő



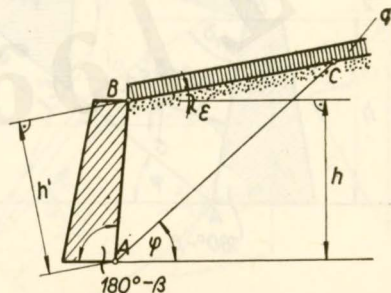
2.46-18. ábra. Poncelet-szerkesztés tört térszínnél



2.46-19. ábra. Poncelet-szerkesztés tört hátfalnál



2.46-20. ábra. Poncelet-szerkesztés, ha $\epsilon = \psi$



2.46-21. ábra. Osztott terhelés átszámítása

földnyomást és ennek támadópontját pedig erő és kötélpoligon segítségével lehet megszerkeszteni.

Leegyszerűsödik a szerkesztés akkor, ha a terep párhuzamos a súrlódási rézsúvíval $\varepsilon = \varphi$ (2.46-20. ábra).

Ha a felszínen egyenletesen megoszló terhelés ($q \cdot \text{Mp}/\text{m}^2$) van, akkor azonos módon szerkesztjük meg a $CC'D \triangle$ -et, de a tényleges térfogatsúly helyett γ' térfogatsúllyal szorozzuk a háromszög területét.

A γ' meghatározása azon elv alapján történik, hogy a leszakadó ABC földhasáb súlyának és az osztott terhelésből származó súly összegének egyenlőnek kell lennie az $ABC \triangle$ területének a γ' térfogatsúllyal való szorzatával (2.46-21. ábra).

$$\text{area } ABC \triangle \cdot \gamma + \overline{BC} \cdot q = \text{area } ABC \triangle \cdot \gamma'$$

$$\text{ha } ABC \triangle = \frac{h' \cdot \overline{BC}}{2} \text{ és } \overline{BC} = a, \text{ akkor}$$

$$\frac{h' \cdot a}{2} \cdot \gamma + a \cdot q = \frac{h' \cdot a}{2} \cdot \gamma'$$

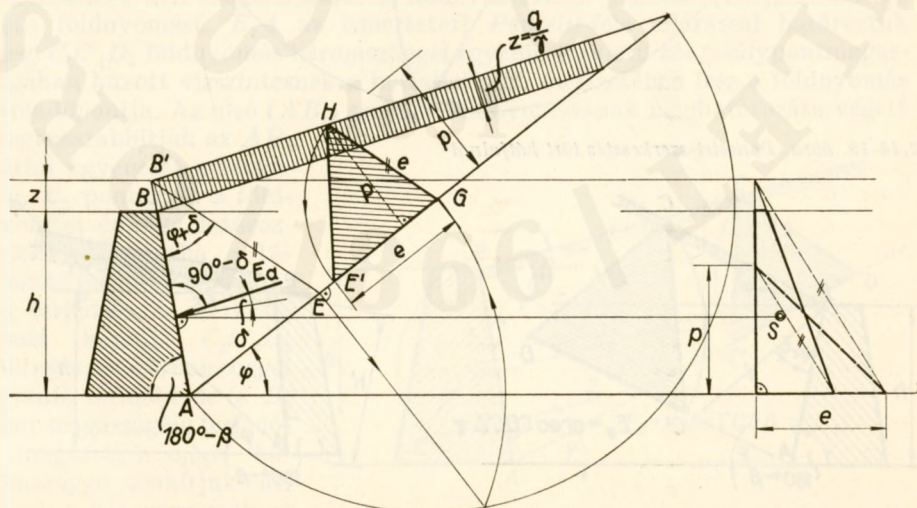
$$\gamma' = \gamma + \frac{2q}{h'}$$

A felszíni osztott terheléssel növelt földnyomás úgy is meghatározható, hogy kiszámítjuk annak a felszínnel párhuzamos felületű töltésnek a magasságát, melynek térfogatsúlya azonos a földnyomást előidéző talajéval, és a felszíni osztott terheléssel egyenlő terhelést jelent:

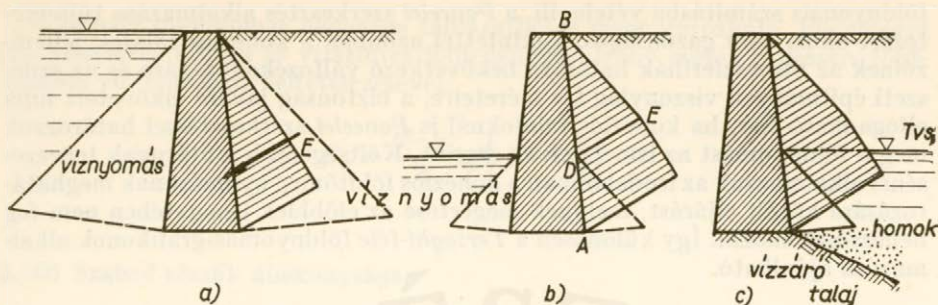
$$q \cdot a = a \cdot z \cdot \gamma$$

$$z = \frac{q}{\gamma}$$

Ebben az esetben a szerkesztést nem a támfal hátlapjának felső sarokpontjától kezdjük, hanem az elméleti túltöltés felszínétől (2.46-22. ábra). A földnyomás-diagram ebben az esetben trapéz lesz, ezért a támadáspont a trapéz súlypontjával egy magasságba kerül.



176 2.46-22. ábra. Poncelet-szerkesztés osztott terhelésnél



2.46-23. ábra. Teljesen vagy részben vízzel telített háttöltés esete

Vízzel teljesen vagy részben telített háttöltés esetét dr. Kézdi Árpád után (2.46-23. ábra) a következő alapesetben mutatjuk be.

a) A háttöltés vízzel telített, homlokoldal előtt szabad víztömeg van. A kétoldali víznyomások kiegyenlítik egymást. A talaj térfogatsúlyát a vízalatti térfogatsúlyának megfelelően kell számításba venni ($\gamma - 1$), a támfal súlyánál pedig figyelembe kell venni a felhajtóerőt.

b) A vízszint alatt erre az esetre is az a) alattiak érvényesek, tehát mind a földnyomást, mind a támfal súlyát két részletben kell meghatározni.

c) Ez az eset vízzáró támfalnál vagy eldugult víztelenítésnél alakulhat ki. A talajvíz szintje alatt vízalatti térfogatsúllyal, víznyomással és a falra ható felhajtóerővel számolunk, a vízszint felett a közönséges módon határozzuk meg a földnyomást és a fal súlyát, majd a kettőt összegezzük.

Hangsúlyozom, hogy az aktív földnyomásról eddig előadottak kizárólag a kohézió nélküli szemcsés talajokra érvényesek, itt is csak közelítésnek tekintendők. Az elkövetett hiba azonban olyan kicsi (2–3%), hogy nyugodtan elhanyagolható.

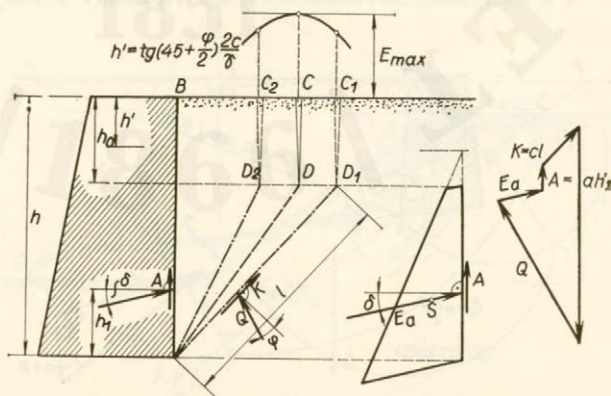
Merőben más a helyzet a kohéziós földtestek nyomásánál. Ha a támasztó elemnek nem szabad elmozdulnia vagy nem tud elmozdulni, akkor rá a nyugalmi nyomás fog hatni, amely elérheti a függőleges önsúlyfeszültség 0,9-szeresét, sőt azt túl is haladhatja, ha pl. átázás hatására duzzadás lép fel. A feszültségeloszlás hidrosztatikus. Rendszerint azonban itt is megvan a lehetőség a támfal kismértékű elmozdulására, s akkor már nem a nyugalmi, hanem az aktív földnyomás fog hatni, a kohéziós talajra vonatkozó törvények szerint.

Ismeretes, hogy a kohéziós földtömeg húzóigénybevételt is képes felvenni, s ezért

$$h_0 \cong \frac{4c}{\gamma} \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

magasságig támasztás nélkül is megáll. Emiatt bizonyos magasság alatt fog csak fellépni földnyomás, amelynek nyomásdiagramja trapéz, támaszpontja a trapéz magasságával azonos magasságban lesz (2.46-24. ábra).

Az előbbieken vázolt okok miatt a kohézió nélküli talajokra levezetett



2.46-24. ábra. Aktív földnyomás kohéziós talajban

földnyomás számításba vétele, ill. a *Poncelet* szerkesztés alkalmazása túlméretezést okoz, nem gazdaságos. Tekintettel azonban a kohéziós talajok jellemzőinek az atmoszferiális hatására bekövetkező változékonyságára és az erdészeti építmények viszonylag kis méreteire, a biztonság javára elkövetett hiba elfogadható lesz, ha kohéziós talajoknál is *Poncelet* szerkesztéssel határozzuk meg a földnyomást az ismert elvek szerint. Költségesebb műtárgyak tervezésénél alkalmazzuk az irodalomban a kohéziós földtömeg nyomásának meghatározására közölt eljárást, melynek megértése az előbbiek ismeretében nem fog nehézséget okozni. Így különösen a *Terzaghi*-féle földnyomás-grafikonok alkalmazása ajánlható.

2.465 Passzív földnyomás

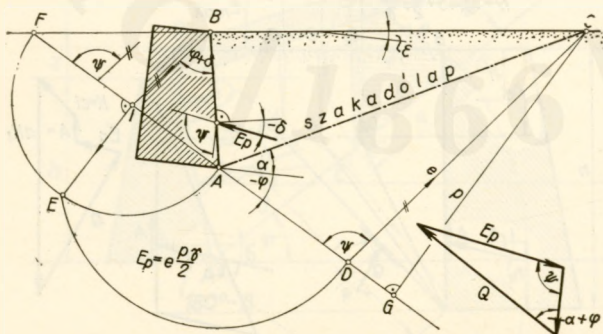
Az aktív földnyomás ellentett fogalma a passzív földnyomás vagy földellenállás. Aktív földnyomásnál a föld nyomása terheli a támasztó elemet, a passzív földnyomásnál az építmény nyomja a földtömeget. Aktív földnyomásnál a maximális érték érdekelt bennünket, mert a támasztó elemnek ezt is el kell viselnie. Passzív földnyomásnál azt a minimális értéket keressük, amelynél a földtömeg már nem tud ellenállni a nyomásnak. Mindkét földnyomásnál a számításnál alapul vett állapot kialakulásához az szükséges, hogy az építmény csekély mértékben elmozduljon, a súrlódó erők kialakuljanak.

Az előbbieken is, és a következőkben is az alsó sarokpont körül elbillenő fal esetét vizsgáltuk, ill. fogjuk vizsgálni, mert az erdészeti építés gyakorlatában csaknem kizárólag ez az eset fordul elő, de egyébként is ez a legáltalánosabb. Az aktív földnyomás kialakulásához elegendő, ha a fal magasságának 1/1000 részével billen előre, míg a passzív földnyomás kialakulásához szükséges elmozdulás elérheti a magasság 1/100 részét is.

A passzív földnyomás nagyságának meghatározására az aktív földnyomásnál megismert szerkesztést használhatjuk, annak figyelembevételével, hogy a fordított folyamat miatt a szögek ellenkező előjelet kapnak. A szemcsés, kohézió nélküli talajokra érvényes, sík csúszólapokat feltételező *Poncelet* szerkesztést a 2.46-25. ábra mutatja be. A $\delta + \varphi$ szöget a fal ellenkező oldalára hordjuk fel és ellenkező irányban forgatjuk az \overline{AE} távolságot is. A szerkesztés menete egyébként azonos az aktív földnyomásnál megismerttel. A passzív földnyomás nagysága

$$E = \frac{e \cdot p}{2} \gamma$$

A δ irányszög növekedésével nő a passzív földnyomás. A δ szög nagysága



itt az építmény statikájából adott (pl. egy kötélpálya kihorgonyzásánál a kötéll helyzetéből meghatározható). Amíg $\delta \leq \varphi/3$, addig alkalmazható ezen szerkesztés. Ennél nagyobb δ szögnél már görbe csúszólapokat feltételező szerkesztést kell választanunk, mert a *Poncelet* szerkesztéssel meghatározott nyomásnál 15–20%-kal kisebb értéknél fog megszűnni a föld ellenállása.

A passzív földnyomás nagysága táblázatból is meghatározható. Függőleges fal, vízszintes tőrszín és vízszintes földellenállási irány esetén a passzív földnyomás sík csúszólap feltételezésével:

$$E_p = \frac{h^2 \cdot \gamma}{2} \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

2.466 Szabad rézsűk állékonysága

A megelőző fejezetekből már ismeretes, hogy a földművet a vízszinteshez β szög alatt hajló lejtős felületek, rézsűk határolják. Ha β szög nagyságát növeljük, vagyis a rézsűt egyre meredekebben képezzük ki, akkor elérhetünk egy olyan határhoz, amelynél a földtömegben egyidejűleg végbemenő feszültségváltozások elérik a törést okozó értéket, s ennek következtében rézsűcsúszás (szakadás, suvadás) keletkezik (2.46-26. ábra). Ugyancsak csúszás keletkezik akkor is, ha a talaj belső ellenállásai valamilyen külső hatásra (pl. átázás, rázás) lecsökkennek. Teljesség kedvéért meg kell jegyezni, hogy bizonyos magasságig, meghatározott körülmények között, minden talaj függőleges rézsűvel is megáll. Általában azt mondhatjuk, hogy adott hajlású rézsű csúszás nélkül megépíthető magassága a talaj térfogatsúlyától és belső ellenállásaitól (súrlódás és kohézió) függ. Ugyanezt fordítva úgy fogalmazhatjuk meg, hogy minden rézsűmagassághoz egy maximális hajlás tartozik, mely fölött a rézsű állékonyságával már nem számolhatunk.

A rézsűk állékonyságának vizsgálatát sohasem szabad a környezettől elvonatkoztatva végezni, hanem gondosan számításba kell venni valamennyi környezeti tényező hatását. Különösen áll ez a természetes, tehát nem emberi munkával létrehozott rézsűk vizsgálatára, melyeknél a geológiai tanulmányok is döntő szerepet kapnak.

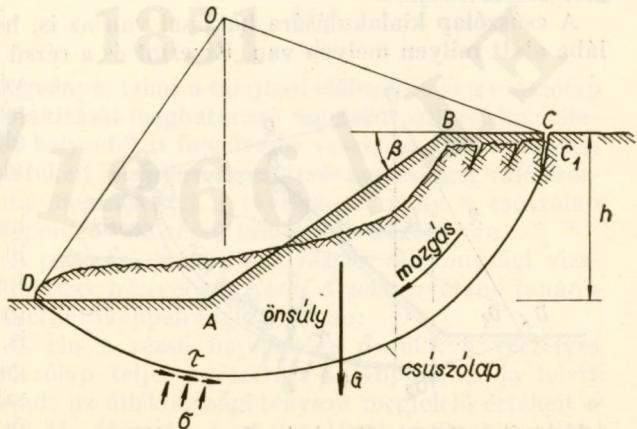
A következőkben csak a legegyszerűbb rézsűállékonysági vizsgálatokról lesz szó. Ezeknek közös jellemzője, hogy homogén talajra vonatkoznak és általában csak jó közelítésnek tekinthetők. Ezeket túlmenő igény az erdészeti gyakorlatban ritkán jelentkezik.

Kohézió nélküli, száraz homoktalajok ellenállása csak a belső súrlódásból származhat, ezért a rézsű hajlása nem lehet nagyobb a súrlódási szögénél. A biztonság:

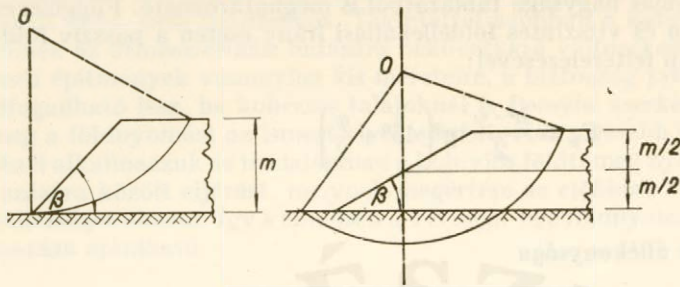
$$n = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \beta}$$

A látszólagos kohézió miatt a homoktalajok is megállnak függőleges rézsűben ($\beta = 90^\circ$). A talaj kiszáradása után azonban az ilyen rézsű leszakad, kárt és balesetet okozhat.

Kohéziós talajoknál a rézsű állékonysága a kohézió, a belső súrlódás és a térfogatsúly függvénye. Az állékonyság levezethető a feszültségi állapotból.



2.46-26. ábra. Lecsúszott rézsű



2.46-27. ábra. Talpponti és alámetsző csúszólap

Elsősorban tudni kell azt, hogy a rézsű leszakadása kétféle csúszólap mentén következhet be. Ha a rézsű hajlása nagy és a talaj kemény, akkor talpponti, ha a rézsű hajlása kicsi és az altalaj puha, akkor alámetsző csúszólap a valószínű (2.46-27. ábra).

A grafikus állékonysági vizsgálat a 2.46-28. ábra szerint történhet. Az alámetsző csúszólapot körhengerpalásstal helyettesítjük, melynek középpontja a rézsű felezőjében húzott merőlegesen van. Ezután felírjuk a csúszást előidéző és az akadályozó erők nyomatókát a csúszólap középpontjára. Ez az ún. svéd módszer. A kettő viszonya adja a biztonságot.

$$n = \frac{G_2 \cdot l_2 + \tau \cdot D_1 C_1 \cdot R}{G_1 l_1}$$

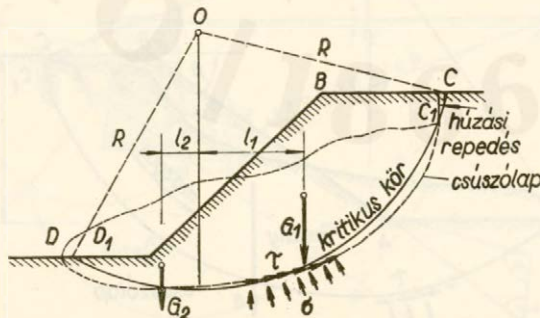
ahol τ a $D_1 C_1$ íven meglévő nyírószilárdság. Próbálgatással több csúszólapot is kell szerkeszteni, mindegyikre meghatározni a biztonságot, s azután ennek minimális értéke lesz az irányadó.

Gyakorlati számításhoz a lecsúszó földtömeget sávokra osztjuk és a 2.46-29. ábra szerint végezzük el a számítást. A biztonságot

$$n = \frac{c \cdot L + \operatorname{tg} \varphi \cdot \Sigma N}{\Sigma T}$$

ahol c a kohézió, L a csúszólap ívhossza, φ súrlódási szög, N és T pedig egy-egy sáv súlyának a csúszólapra merőleges normális, és azzal párhuzamos tangenciális összetevője.

A csúszólap kialakulására hatással van az is, hogy a szilárd réteg a rézsű lába alatt milyen mélyen van. Eszerint és a rézsű hajlása szerint, figyelembe véve a kohéziót, a térfogatsúlyt és a rézsű magasságát, általában hétféle csúszólap alakul ki (2.46-30. ábra).



2.46-28. ábra. Csúszás elleni biztonság meghatározása kohéziós talajon

Az előbbi két módszer alkalmas arra, hogy meglévő, ill. választott rézsűk állékonyságát ellenőrizzük, de gyakran szükségünk van arra is, hogy a rézsű hajlása, magassága és az egyensúlyhoz szükséges kohézió közötti összefüggést is ismerjük. Az alábbiakban röviden ismer-

tetem a rézsűállékonyság vizsgálatának módszerét, annak feltételezésével, hogy $\varphi = 0$, tehát a súrlódást elhanyagoltuk.

A csúszást akadályozó és előidéző erők egyenlőségéből kifejezhető az a minimális kohézió, amely az egyensúly fenntartásához feltétlenül szükséges. A csúszást akadályozó és előidéző erők nagysága viszont a csúszólap helyzetétől függ, s ha ezt megfelelő módon kifejezzük az egyensúlyhoz szükséges kohézió egyenletében, akkor levezethető a következő összefüggés:

$$c = h \cdot \gamma \cdot N_c,$$

ahol c az egyensúlyhoz szükséges kohézió, h a rézsű függőleges magassága, γ a talaj térfogatsúlya, N_c pedig az állékonysági tényező.

Fellenius különböző rézsűhajlásokra meghatározta annak a csúszólapnak a helyét, amelyen a legnagyobb kohézió szükséges az egyensúly fenntartásához, tehát legnagyobb a csúszás veszélye. Ennek ismeretében kifejezhető volt az állékonysági tényező a rézsűhajlás függvényében (2.46-31. ábra). A görbe kezdeti – szaggatottan kihúzott – szakaszában a csúszólap végerintője a vízszintes alatt van, tehát csak akkor érvényes, ha a rézsű és altalaj anyaga azonos és a csúszólap nem metsz bele keményebb rétegbe.

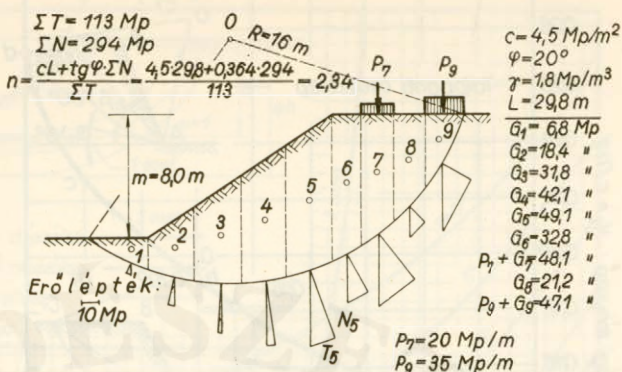
Lapos rézsűk és puha altalaj esetén azonban rendszerint alámetsző csúszólap alakul ki, mert az a veszélyesebb a bizonytalanabb egyensúlyi helyzet miatt. Ebben az esetben a rézsűállékonyság vizsgálatára jól felhasználhatjuk *Taylor*nak az állékonysági tényezőre megadott grafikonját (2.46-32. ábra). Az N_c állékonysági tényező itt egyrészt a rézsű β hajlásának, másrészt a mélységi tényező,

$$\eta = \frac{t+h}{h}$$

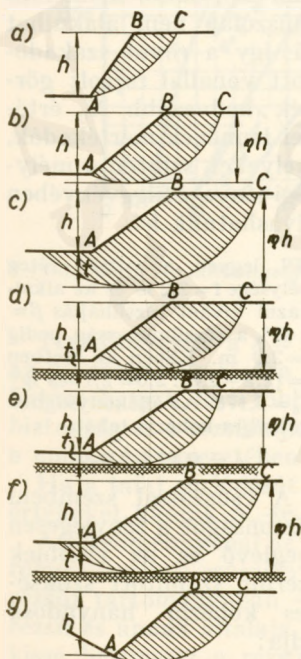
függvénye, tehát a talajban előforduló és a csúszólap kialakítását meghatározó nagyobb szilárdságú rétegek helyzetét is figyelembe veszi. Az ábra feltünteteti ϵ értékeit is, melynek a rézsűmagassággal való szorzata megadja azt a távolságot, mely a csúszólap végpontja és a rézsű talppontja között van.

A puha talajból épített rézsűk állékonysági vizsgálatának irányelveit *Kézdi Árpád* egyetemi tanár a következőképpen foglalja össze:

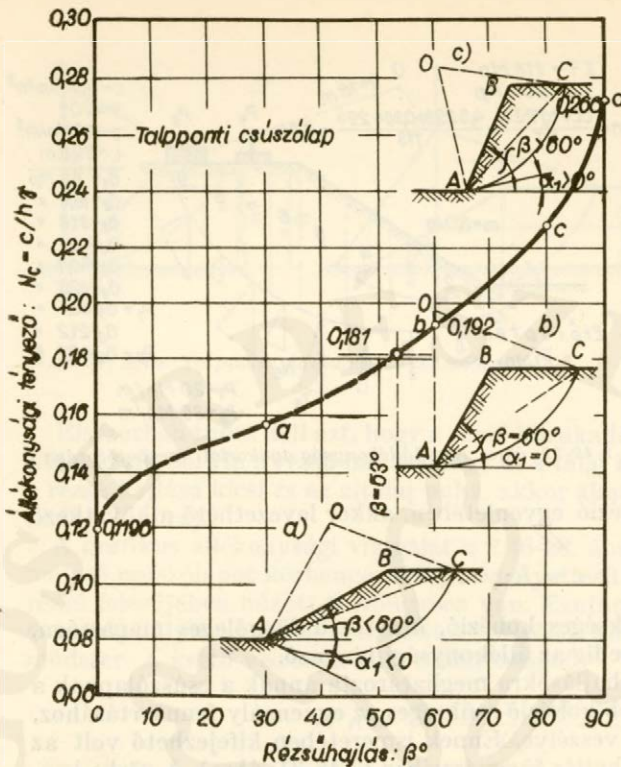
1. Ha a rézsű hajlásszöge $\beta > 60^\circ$, a veszélyes csúszólap teljes egészében a lábpontra felelt halad; az állékonysági tényező megfelelő értékeit a 2.46-31. ábra $b-c-d$ vonalának ordinátái adják. Ilyen esetben alámetsző csúszólap nem lép fel.



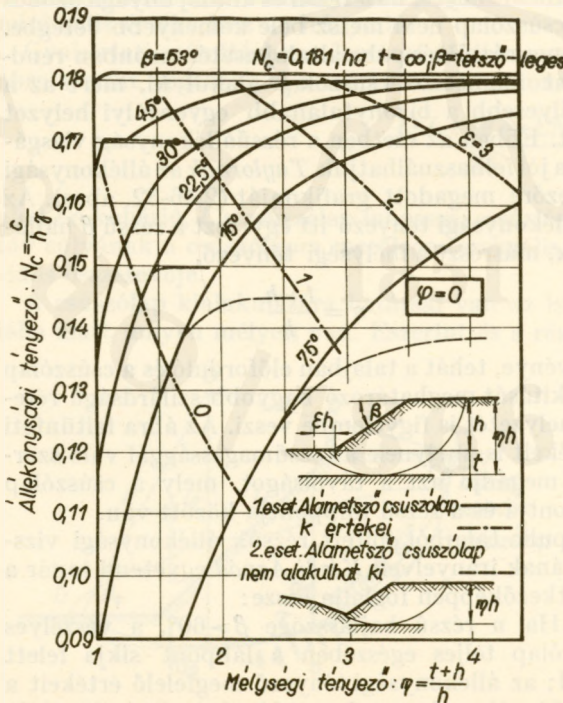
2.46-29. ábra. Rézsűállékonyság gyakorlati meghatározása



2.46-30. ábra. Csúszólap-típusok



2.46-31. ábra. Az állékonysági tényező értékei talpponti csúszólap esetén



2.46-32. ábra. Az állékonysági tényező értékei Taylor szerint ha $\varphi = 0$

2. Ha $53^\circ < \beta < 60^\circ$, ugyancsak nem áll fenn alámetsző csúszólap veszélye, ha azonban a rézsű lába alatt kis mélységben szilárd réteg következik, a lábpont alá érő és szilárd rétegbe metsző csúszólap nem alakulhat ki és $\eta = 1$ esetén a csúszólap a rézsűfelületre fut ki.

3. Ha $\beta < 53^\circ$, az állékonysági tényező értékeit a mélységi tényező lényegesen befolyásolja. A 2.46-32. ábra N_c értékeit ezért a mélységi tényező függvényében tünteti fel.

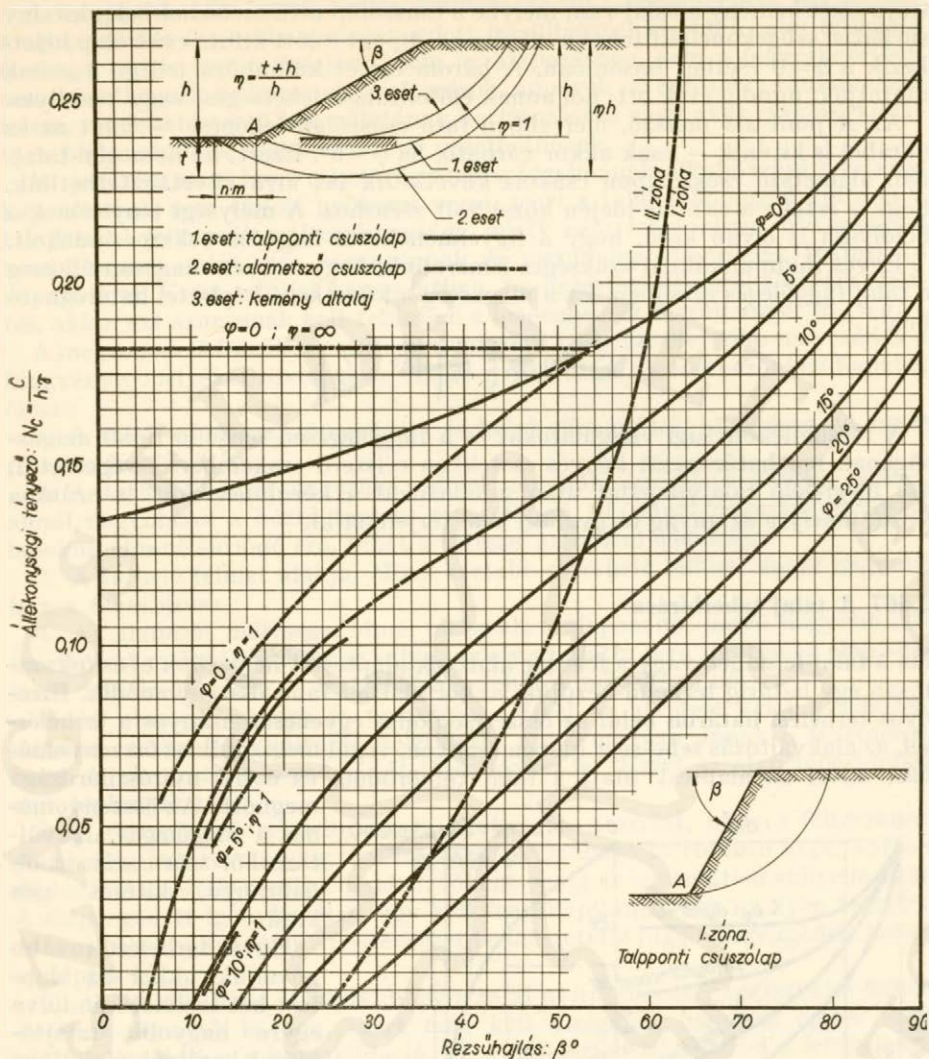
Ha $\eta > 4$, az állékonysági tényező gyakorlatilag független a rézsű hajlásától, $\beta > 15^\circ$ esetén értéke 0,181-re vehető fel. Egyébként az N_c értékek β paraméter segítségével a mélységi tényező függvényében olvashatók le. Ha a 2.46-30. ábra g esetéről van szó, akkor alámetsző csúszólap nem alakulhat ki; így a rövid szakadozott vonallal rajzolt görbék kedvezőbb N_c értékei lennének mértékadóak, melyeket szintén a mélységi tényező függvényében olvashatunk le.

Pl. legyen a szilárd réteg mélysége $t = 2,2$ m és az alkalmazni kívánt rézsűhajlás $\beta = 45^\circ$, a rézsűmagasság pedig $h = 2,0$ m. Ebben az esetben $\eta = (2,2 + 2,0) : 2,0 = 2,1$, és így $N_c = 0,178$. Az állékonysághoz szükséges kohézió tehát

$$c = 0,178 \cdot 2,0 \cdot \gamma$$

A csúszással szembeni biztonságot a ténylegesen megévő és az előbbieken szerint számított szükséges kohézió hányadosa adja:

$$n = \frac{c_{\text{megévő}}}{c_{\text{szükséges}}}$$



2.46-33. ábra. Az állékonysági tényező értékei a rézsűhajlás függvényében, ha $\varphi \neq 0$

Természetesen a $c = h \cdot \gamma \cdot N_c$ összefüggés tényezői közül bármelyiket, sőt az N_c meghatározására szolgáló grafikonon levő bármelyik tényezőt is meghatározhatjuk, ha a többit ismerjük, ill. felvesszük. Pl. a kohézió, a megkívánt biztonság és a rézsűhajlás ismeretében kereshetjük a rézsű magasságát, vagy a magasság ismeretében a hajlását.

Ha a talaj súrlódását nem hanyagoljuk el, akkor a 2.46-33. ábrán látható értékeket kapjuk N_c -re.

Az eredményvonal az ábrát két zónára osztja; a jobboldali I. zónában kizárólag talpponti csúszólap a veszélyes. A baloldali, II. zónában – a laposabb rézsűk tartományában – három esetet kell megkülönböztetni. Az 1. esetben a rézsű és annak általaja homogén, és a talpponti csúszólap a veszélyes, mely kissé belemetsz a rézsű általajába is (a mélységi tényező tehát egységnél nagyobb). A 2. eset kicsiny φ értékek mellett ($\varphi \sim 5^\circ$) fordulhat elő: alámetsző csúszólap, mely az A talppont előtt fut ki a terepre. A 3. esetben a rézsű talp-

síkja alatt kemény altalaj van, melybe a csúszólap nem metszhet bele; kicsiny súrlódási szögek mellett tehát a rézsűre az A pont fölött kifutó csúszólap keletkezik a $\varphi=0$ esethez hasonlóan. A három esetet különböző jellegű vonalak mutatják, mindig csak ott, hol annak előfordulása lehetséges, vagy veszélyes.

Az A pont alá metsző, mélyebben futó csúszólap fellépése – mint az az ábrából is kitűnik – csak akkor várható, ha $\varphi < 5^\circ$. Ezért, ha homogén talajban alámetsző csúszólapon csúszás következik be, arra következtethetünk, hogy φ értéke a csúszás idején közel volt zérushoz. A mélységi tényezőnek a befolyása is olyan kicsi, hogy a figyelmen kívül hagyása sokszor indokolt.

Egyes földmunkáknál szükséges ismernünk, hogy milyen magasan áll meg a talaj függőleges rézsűben. Ez a magasság a következő képlettel határozható meg:

$$h'_0 = 2,67 \frac{c}{\gamma} \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

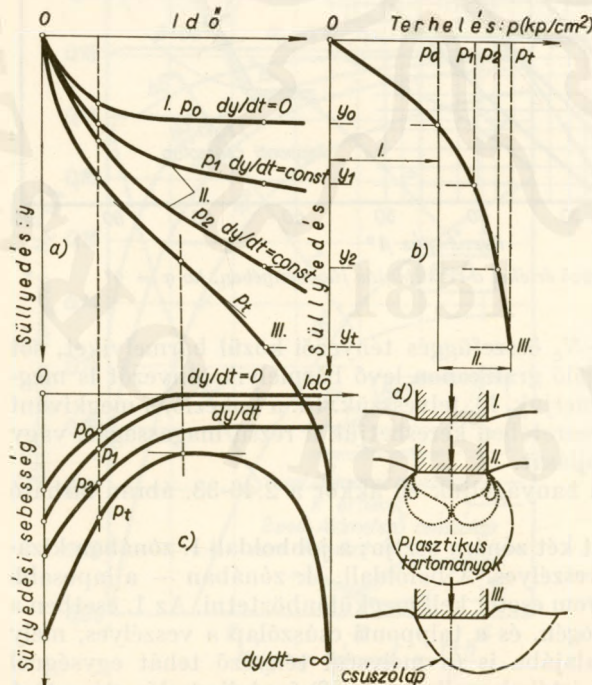
A rézsűállékonysági vizsgálatokat és a függőlegesen megálló rézsű magasságának meghatározását kényes esetekben célszerű szakemberrel végeztetni, aki megfelelő talajvizsgálat után mindazokat a körülményeket is számba veszi, amelyre az anyag tárgyalása nem terjedhet ki.

2.467 A talaj teherbírása

Ha a talaj felszínén vagy a felszíne alatt sík alaptestet helyezünk el és fokozatosan egy határig terhelni kezdjük, akkor alatta a talaj összenyomódik. Bizonyos terhelési határon belül az összenyomódás egyenesen arányos a terheléssel, az alakváltozás sebessége időben csökken, végül megszűnik az összenyomódás, mivel az alaptest alatt a talaj tömörödött és ezért nyírószilárdsága megnőtt. Az összenyomódás a függőleges alakváltozásból származik, az oldalirányú kitérés igen kicsi.

Ha a terhelést tovább növeljük, akkor az alaptest két szélétől kiindulva egyre nagyobb talajtömegek kerülnek plasztikus állapotba, a süllyedések fokozódnak, végül bizonyos értéknél állandóakká válnak. A talaj oldalirányú kitérése is jelentős lehet.

A terhelést további növelésénél a süllyedés sebessége állandóan nő, az oldal-kitérés egyre nagyobb lesz, csúszólapok alakulnak ki és az alaptest elveszti alátámasztását, talajtörésem áll be. A folyamat három fázisát, jól szemlélteti a dr. Kézdi Árpádtól származó 2.46-34. ábra.



184 2.46-34. ábra. A talaj törésig való terhelésének fázisai

A talajmechanika egyik fontos feladata az ún. „megengedett feszültség” meghatározása (σ_m). Ha a megengedett feszültségnél kisebb a talaj terhelése ($p \leq \sigma_m$), akkor sem a talajban, sem az alapozásban, sem a felszerkezetben nem következnek be káros alakváltozások, amelyek az építmény tönkremenetelére, rendeltetésszerű használatának korlátozására vagy akár csak állékony-sága biztonságának csökkenésére is vezethetnének.

Itt jegyzem meg, hogy a határfeszültség fogalmának alkalmazása a talajjal kapcsolatban nem tudott gyökeret verni, mert a talaj inhomogén volta és a talajfizikai jellemzők változékonysága miatt nem lehet olyan biztonsággal meghatározni, mint más homogénna és viszonylag állandónak tekinthető anyagoknál. Ezért talajjal kapcsolatban, ha határfeszültségről történik említés, akkor ezt azonosnak kell tekinteni a megengedett feszültséggel ($\sigma_H = \sigma_m$).

A megengedett feszültség vagy megengedett igénybevétel több tényezőnek a függvénye, melyeket röviden, dr. Kézdi Árpád után, a következőkben foglalok össze:

1. A talaj minősége, rétegződése és belső ellenállásai, különösen az egyes rétegek tulajdonságai.

2. A terhelő felület nagysága. Minél nagyobb ugyanis a terhelő felület, annál nagyobbak a hozzá tartozó csúszólapok, ill. annál nagyobb a csúszólapokon ébredő súrlódó erő, tehát a töréssel szembeni ellenállás.

3. A terhelő felület alakja. Minél zártabb a terhelő felület, annál nagyobb lesz a teherbírása.

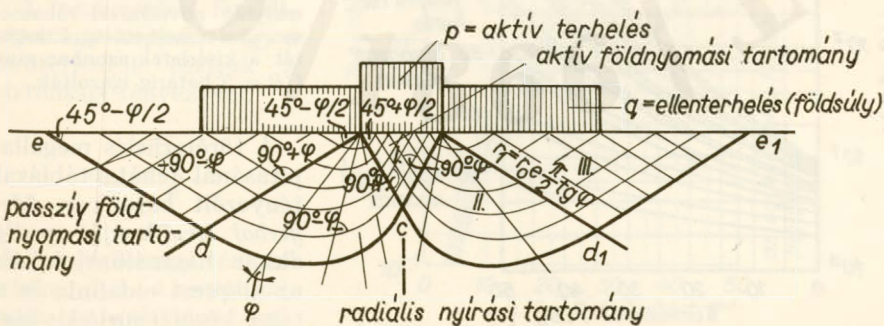
4. Az alapozás mélysége. Minél mélyebben alapozunk, annál nagyobb lesz az alaptest melletti földtömeg súlya, amely az alatta levő földtömeg elmozdulását megakadályozza. A terhelhetőség tehát a mélységgel nő.

5. Az alaptest anyaga és merevsége. Mivel az alaptest alatt a talajban minden esetben alakváltozás keletkezik, azért megvan annak a lehetősége, hogy az alaptestben repedés, sőt törés lépjen fel. Ezért az alap teherbírását nem léphetjük túl.

6. A felszerkezet rendeltetése és szerkezete. Aszerint, hogy a felszerkezet statikailag határozott vagy határozatlan, különböző mértékben képes károsodás nélkül elviselni a süllyedéseket, főként pedig az egyenlőtlen süllyedéseket. A megengedett igénybevételt úgy kell megállapítani, hogy az ilyen terhelésnél keletkező süllyedések a felszerkezet természetétől függő megengedett határt ne lépjék túl.

7. Az építés üteme. Tudjuk, hogy a talaj nyírószilárdsága a terhelés felhordásának ütemétől is függ, ezért meg kell vizsgálni, hogy az építés ideje alatt lejátszódik-e a konszolidáció, ill. a nyírószilárdság eléri-e a feltételezett értéket.

Az előbbiekből következik, hogy a megengedett feszültség a talajnak nem állandó jellemzője, mint pl. a plasztikus index.



2.46-35. ábra. Sávalap törőterhének meghatározása

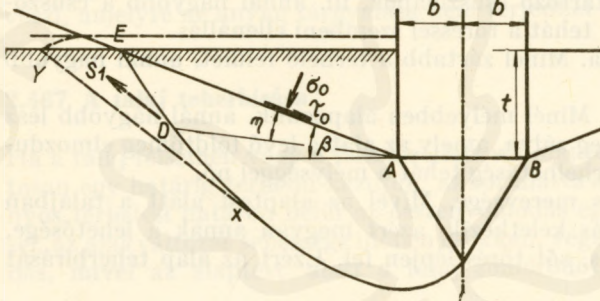
2.46-II. táblázat. Teherbírási tényezők

Súrlódási szög:°	N_q	N_c	N_b
0	1,00	5,14	0
5	1,57	6,49	0,25
10	2,47	8,34	0,72
15	3,94	10,98	1,64
20	6,40	14,83	3,45
22,5	8,23	17,45	4,97
25	10,66	20,72	7,16
27,5	13,94	24,85	10,39
30	18,41	30,14	15,19
32,5	24,59	37,02	22,51
35	33,30	46,12	33,88

az ún. teherbírási tényezők térnek el egymástól. A törőterhelés képlete:

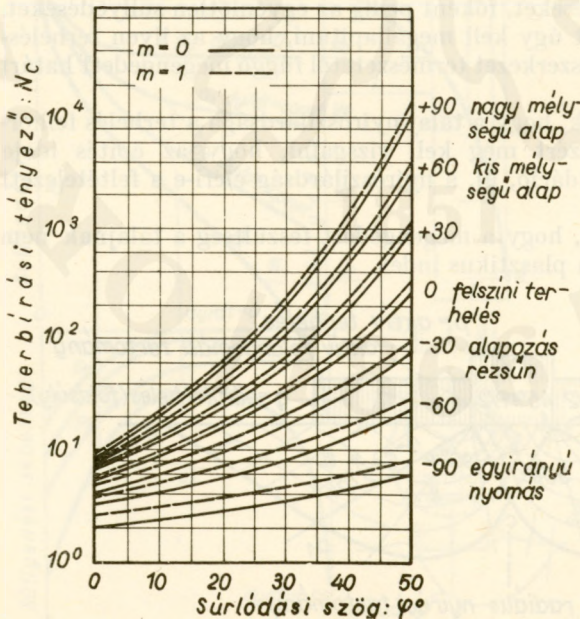
$$p_t = cN_c + t\gamma N_q + b\gamma N_b$$

ahol c a kohézió, t az alapozás mélysége, b az alapozás szélessége, γ a talaj térfogatsúlya, N_c , N_q és N_b pedig a teherbírási vagy talajellenállási tényezők. A talajellenállási, vagy teherbírási tényezőket a 2.46-II. táblázat adja meg a súrlódási szög függvényben.



2.46-36. ábra. Meyerhof elméletének alapsémája

a)



186 2.46-37. a) ábra. Meyerhof teherbírási tényezői

A kis mélységben alapozott sávalap törőterhének meghatározására szolgáló elmélet sémája a 2.46-35. ábrán látható.

A törőterhelés értékét többen levezették. Közös jellemzője ezeknek a levezetéseknek az, hogy aktív és passzív földnyomással, sík- és radiális nyírással számolnak, végül számításba veszik az alapsík feletti oldalterhelést. Különböző módon és mértékben veszik figyelembe ezeket a tényezőket.

Az eredményül kapott egyenletek közös alakra hozhatók, melyben csak

Meyerhof bevezette a csúszólap hosszát és alakját befolyásoló β hajlású helyettesítő térszín fogalmát (2.46-36. ábra), továbbá az alaptést és a talaj közötti súrlódás ellenállás-növelő hatását is figyelembe veszi.

A 2.46-37. ábrán láthatjuk teherbírási tényezőinek grafikonját. Nagyon tanulságos ennek az ábrának az összevetése a 2.46-38. ábrával, melyen láthatjuk, hogy a különböző értékeknek milyen alaptestelhelyezkedés felel meg, és eszerint hogyan változik a teherbírás. Meyerhof szerint az alapozási mélység növelésével rohamosan nő a terhelhetőség. Elméletét a kísérletek azonban csak $t/B = 5$ határig igazolták.

A törőterhelés megállapításánál tehát a táblázat tényezőit bármikor, Meyerhof grafikonját pedig akkor használhatjuk, ha az alaptest oldalfala és a talaj közötti súrlódás biztosítottnak látszik.

Meischeder kísérletei alapján Schultze az alapfelület alakját a következőképpen javasolja figyelembe venni:

$$p_t = c \cdot N_c (1 + 1/3 n_x) + t \cdot \gamma \cdot N_q (1 + 1/3 n_x) + b \cdot \gamma \cdot N_b (1 - \frac{n_x}{3})$$

$n_x = \frac{b}{l}$ az alaptest oldalhosszainak aránya, ahol b a rövidebb, l pedig a hosszabb oldal.

Ha az erőhatás ferde, akkor a talajtörés hamarabb következik be. Dubrov szerint:

$$p_t = c \cdot N_c^0 + t \cdot \gamma \cdot N_q^0 + b \cdot \gamma \cdot N_b^0$$

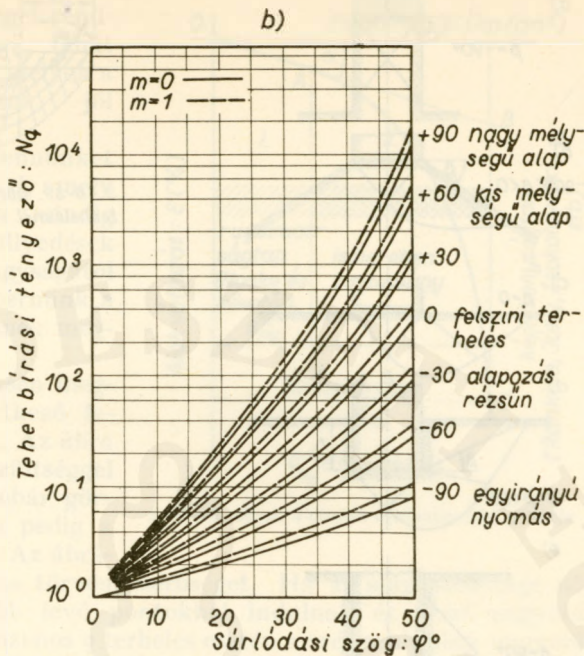
ahol ($N_c^0 = N_c^0 - 1$) ctg φ , a másik két tényező N_q^0 és N_b^0 pedig a 2.46-III. táblázatból vehető ki a μ ferdeségi és φ súrlódási szög függvényében. A μ értelmezése kiolvasható a 2.46-39. ábrából.

A törőterhelés meghatározása nem tekinthető még véglegesen megoldott kérdésnek. A gyakorlatban azonban az előbbi módon megnyugtatóan határozhatjuk meg a törőterhelést.

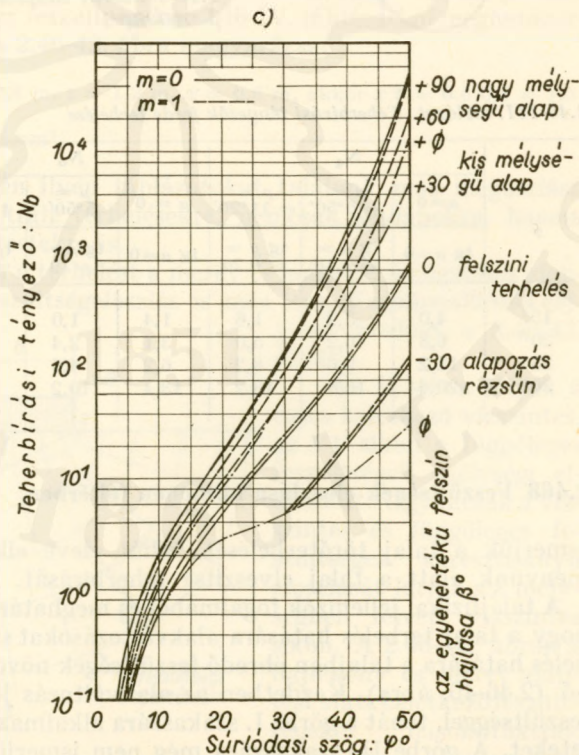
A megengedett feszültséget úgy kapjuk, hogy a törőterhelést osztjuk a biztonsági tényezővel.

$$\sigma_m = \frac{p_t}{n},$$

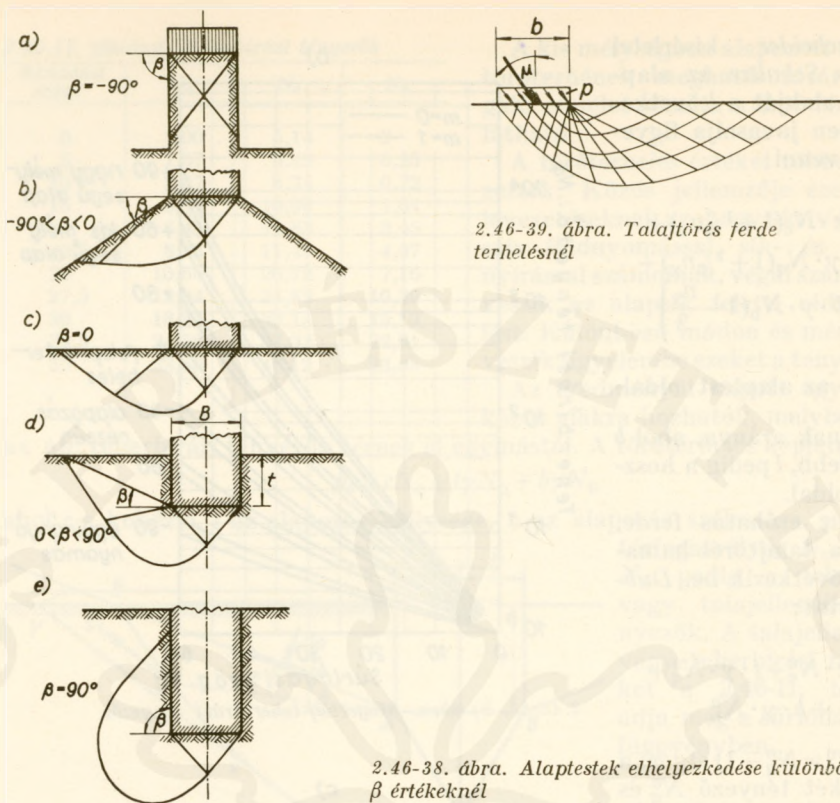
ahol a biztonsági tényező értéke $n = 2 - 4$ között változik az építmény érzékenysége miatt.



2.46-37. b) ábra. Meyerhof teherbírási tényezői



2.46-37. c) ábra. Meyerhof teherbírási tényezői



2.46-III. táblázat. Teherbírási tényezők ferde terhelése

φ	N_a			N_b		
	$\mu = 0$	$\mu = 5^\circ 50'$	$\mu = 11^\circ 20'$	$\mu = 0$	$\mu = 5^\circ 50'$	$\mu = 11^\circ 20'$
	$\text{tg } \mu = 0$	$\text{tg } \mu = 0,10$	$\text{tg } \mu = 0,20$	$\text{tg } \mu = 0$	$\text{tg } \mu = 0,10$	$\text{tg } \mu = 0,20$
15°	4,0	3,2	1,6	1,4	1,0	0,3
20°	6,8	6,2	5,0	3,1	2,4	1,5
25°	11,2	9,6	8,2	6,2	4,6	3,4
30°	20,4	16,8	13,2	13,4	10,2	7,1

2.468 Feszültségek eloszlása homogén feltérben

Ismerjük a talaj törőterhelését, tehát eleve elkerülhetjük azt, hogy építményünk alatt a talaj elveszítse teherbírást. Ez azonban nem elegendő.

A talajfizikai jellemzők fogalmából és meghatározásából ismeretes előttünk, hogy a talaj terhelés hatására alakváltozásokat szenved. A terhelés, ill. a terhelés hatására a talajban ébredő feszültségek növekedésével az alakváltozás is nő (2.46-40. ábra). Kezdetben az alakváltozás jó megközelítéssel arányos a feszültséggel, tehát a görbe I. szakaszára alkalmazhatjuk a rugalmassági elméleteket. A görbe II. szakaszára még nem ismerjük a törvényszerűségeket, a III. szakaszra vonatkozóan már használható elméletekkel rendelkezünk. A mi

gyakorlatunkban a feszültségek rendszerint az I. szakaszba esnek, tehát az ismertető módszerek, melyek a rugalmasságtanon alapulnak, jól használhatók.

Gyakorlati szempontból bennünket az alaptest süllyedése érdekel, amely kisebb-nagyobb mértékben mindig bekövetkezik. A várható süllyedések azonban a feszültségek nagyságától függenek, ezért kell megismernünk a feszültségek eloszlását és ennek meghatározását.

A 2.46-41. ábra egyenletesen megoszló sávterhelés alatt keletkező feszültségekről ad áttekintést. Az ábra bal oldalán az azonos főfeszültséggel bíró pontokat összekötő izobár görbékét látjuk, jobb oldalon pedig a főfeszültségi trajektóriákat. Az ábráról leolvashatunk egy fontos törvényszerűséget. Ha az alap szélessége nő, akkor az izobárok távolabb levő pontokból indulnak és ezért nagyobb mélységre futnak le. Tehát azonos q terhelés esetén a szélesebb alap nagyobb mélységig ébreszt feszültségeket, emiatt vastagabb talajréteg fog összenyomódni, ezért süllyedése is nagyobb lesz.

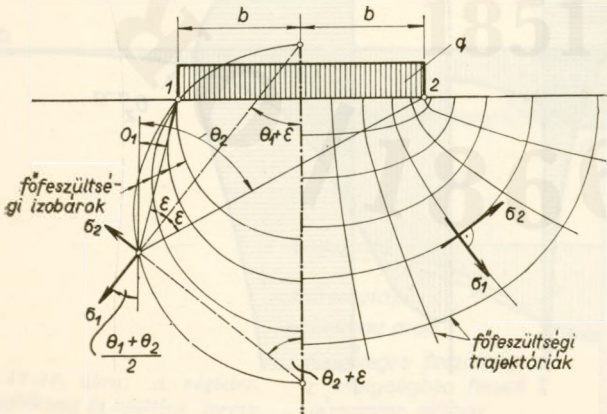
Az alapsík alatt a talaj bármely pontján egyenletesen megoszló sávterhelés hatására keletkező függőleges feszültségek a 2.46-IV. táblázatból meghatározhatók. A táblázat jelöléseit a 2.46-42. ábra magyarázza.

Pl. ha $p = 2,0 \text{ kp/cm}^2$, $2b = 0,8 \text{ m}$, $z = 1,2 \text{ m}$, $x = 0,6 \text{ m}$, akkor $x/b = 0,6/0,4 = 1,5$; és $z/b = 1,20/0,4 = 3,0$

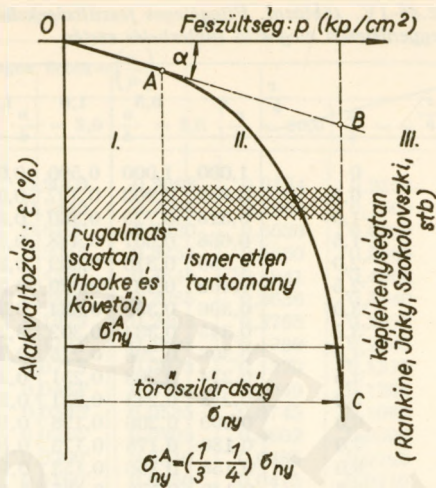
Tehát $\sigma_z = 0,273 \cdot 2,0 = 0,546 \text{ kp/cm}^2$

A mérnöki kézikönyvekben ilyen táblázatokat találunk más megoszlású osztott terhelésekre, koncentrált terhelésekre, nemcsak sávlapokra, hanem különböző oldalirányú alaptestekre is.

Másként adja át a talajnak a terhelést a merev és másként a rugalmas alaptest, következésképpen a feszültségeloszlás is más lesz. Fogalomalkotás céljából közlöm a 2.46-43. ábrát



2.46-41. ábra. Főfeszültségi izobárok és trajektóriák sávterhelés alatt

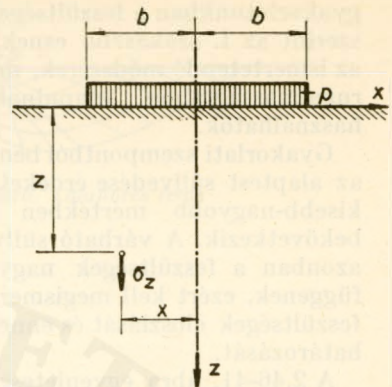


2.46-40. ábra. Talajok alakváltozási görbéje

Az 11 síkon látjuk a rajta keletkező vízszintes, az 1'1' síkon a függőleges feszültségek mélységi eloszlását. Ugyancsak a vízszintes és függőleges feszültségek keresztirányú eloszlását látjuk a Z mélységben felvett vízszintes síkon. A 2.46-44. ábrán a hajlékony és merev alaptest alatt keletkező feszültségeket hasonlíthatjuk össze. Itt az alaptest tengelyében ébredő függőle-

2.46-IV. táblázat. Függőleges feszültségek hatástényezői egyenletesen megoszló sávterhelés esetén

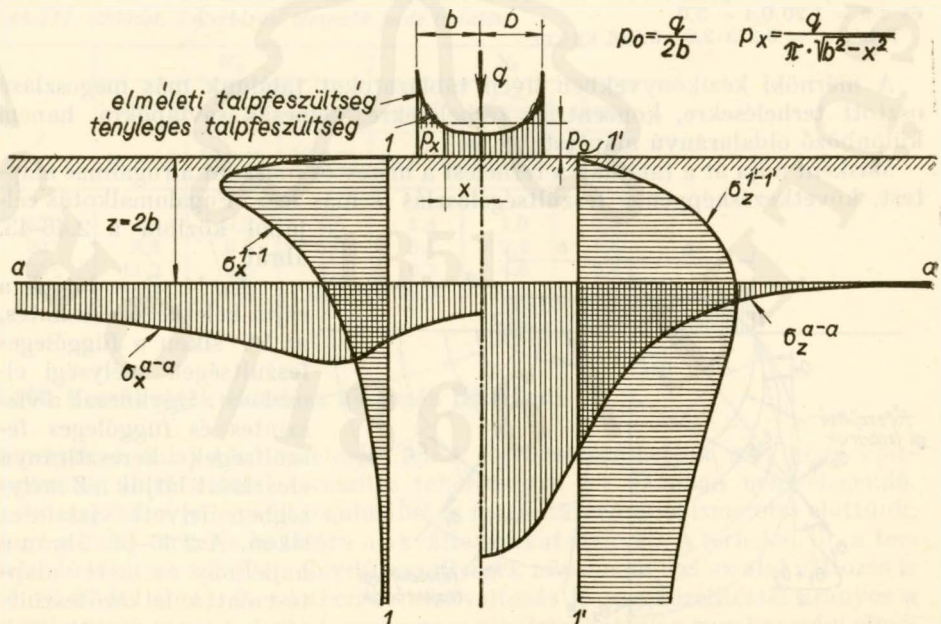
$\frac{z}{b}$	$\frac{x}{b}$	0	0,5	1,0	1,5	2,0
0		1,000	1,000	0,500	0,000	0,000
0,5		0,959	0,902	0,497	0,089	0,019
1,0		0,818	0,735	0,480	0,214	0,075
1,5		0,668	0,607	0,448	0,270	0,146
2,0		0,550	0,510	0,409	0,288	0,185
2,5		0,462	0,437	0,370	0,285	0,205
3,0		0,396	0,359	0,334	0,273	0,211
3,5		0,345	0,334	0,302	0,258	0,216
4,0		0,306	0,298	0,275	0,242	0,205
4,5		0,274	0,268	0,251	0,226	0,197
5,0		0,248	0,244	0,231	0,212	0,188
6,0		0,209	0,206	0,198	0,186	0,171
7,0		0,180	0,178	0,173	0,165	0,154
8,0		0,158	0,156	0,153	0,147	0,140
9,0		0,140	0,139	0,137	0,133	0,128
10,0		0,127	0,126	0,124	0,122	0,117



2.46-42. ábra. Táblázatok jelölései

ges feszültségek mélysegi eloszlását látjuk, míg az előző ábrán egy alaptesten kívül eső síkban szemléltettük ugyanazt.

Mivel az alaptestnek bizonyos fokú merevsége mindig van, azért az alaptest egyes pontjai alatt az ábrák szerint különböző nagyságú feszültségek ébrednek, s ennek következtében különböző nagyságú alakváltozások (összenyomódások) is keletkeznek. Kiválaszthatunk azonban az alaptesten egy pontot, az ún. karakterisztikus pontot, amely pont alatti feszültségeloszlással számított süllyedések az átlagost adják. A karakterisztikus pont alatti feszültségek a 2.46-V. táblázatból számíthatók.



2.46-43. ábra. Feszültségek a félvégtelen térben és talpfeszültségek az alapsíkon merev alaptest esetében

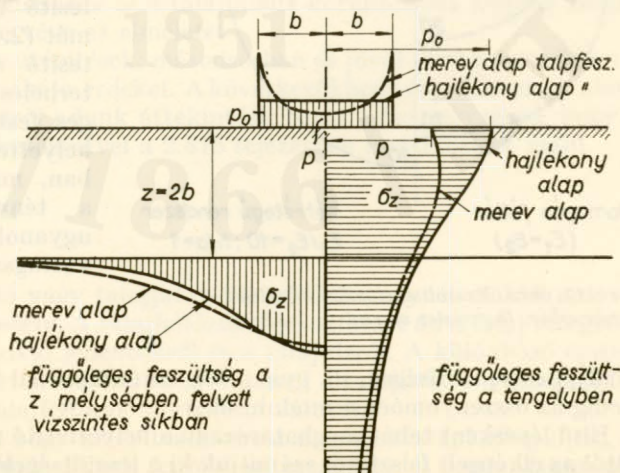
Relatív mélység $\left(\frac{z}{b}\right)$	Fajlagos érték = $\left(\frac{\sigma_z}{p}\right)$						
	$\frac{a}{b} = 1,0$	$\frac{a}{b} = 1,5$	$\frac{a}{b} = 2,0$	$\frac{a}{b} = 3,0$	$\frac{a}{b} = 5,0$	$\frac{a}{b} = 10,0$	$\frac{a}{b} = \infty$
0,2	0,8520	0,8845	0,9015	0,9060	0,9098	0,9134	0,9134
0,4	0,6060	0,6782	0,7119	0,7445	0,7595	0,7660	0,7660
0,6	0,4521	0,5146	0,5662	0,6100	0,6430	0,6530	0,6530
0,8	0,3453	0,4077	0,4560	0,5045	0,5458	0,5660	0,5660
1,0	0,2690	0,3315	0,3820	0,4249	0,4645	0,4941	0,4966
1,5	0,1571	0,2136	0,2395	0,2810	0,3265	0,3636	0,3740
2,0	0,0984	0,1320	0,1635	0,1975	0,2403	0,2768	0,2952
3,0	0,0487	0,0701	0,0847	0,1131	0,1495	0,1799	0,2048
4,0	0,0280	0,0401	0,0534	0,0715	0,0973	0,1270	0,1577
5,0	0,0187	0,0276	0,0356	0,0484	0,0730	0,0949	0,1261
6,0	0,0130	0,0185	0,0250	0,0345	0,0535	0,0745	0,1060
7,0	0,0097	0,0124	0,0187	0,0255	0,0405	0,0602	0,0904
8,0	0,0074	0,0094	0,0150	0,0200	0,0310	0,0485	0,0795
9,0	0,0059	0,0074	0,0117	0,0160	0,0250	0,0415	0,0710
10,0	0,0047	0,0060	0,0097	0,0130	0,0208	0,0357	0,0634

Pl. az alaptest nagyobbik mérete $a = 6,0$ m, kisebbik mérete $b = 2,0$ m, $p = 2,5$ kp/m², $z = 3,0$ m mélységben – az alapsík alatt – keressük a feszültséget. $a/b = 6,0/2,0 = 3,0$, továbbá $z/b = 3,0/2,0 = 1,5$; tehát $\sigma_z/p = 0,2810$, s így a keresett $\sigma_z = 2,5 \cdot 0,2810 = 0,70$ kp/cm².

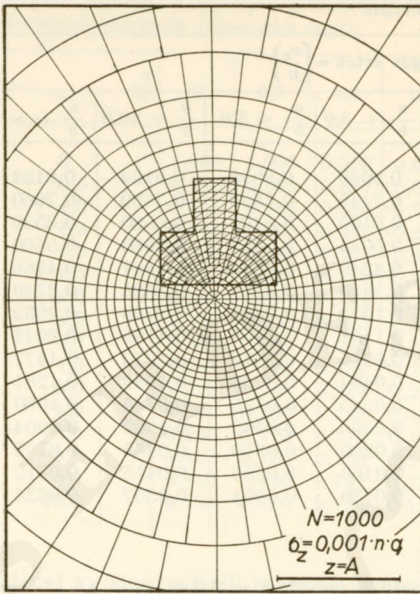
Mind az alaptest alatt levő, mind az alaptestet határoló függőleges síkon kívül eső tetszőleges pontok feszültségét könnyen meghatározhatjuk *Newmark* grafikonnal (2.46-45. ábra). Különösen jól használható akkor, amikor közeli vagy egymás mellett fekvő alaptestekből származó feszültségek halmozódását kell kiszámítanunk.

2.469 Feszültségeloszlás kétrétegű rendszerben

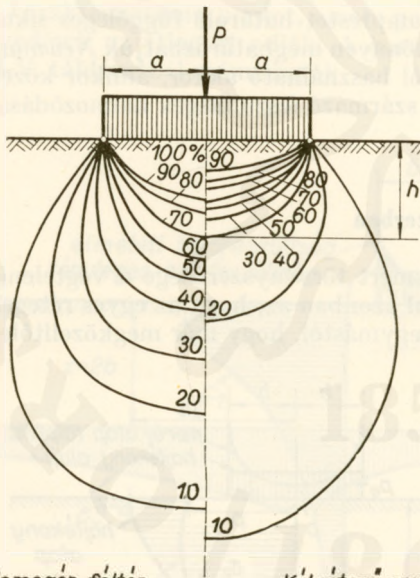
A feszültségeloszlás előbbiek során megismert törvényszerűsége a végtelenig terjedő homogén térre érvényes. Előfordul azonban az, hogy az egyes rétegek tulajdonságai olyan mértékben térnek el egymástól, hogy már megközelítőleg



2.46-44. ábra. A végtelen hajlékony és végtelen merev sávterhelés okozta függőleges feszültségek összehasonlítása



2.46-45. ábra. Newmark-grafikon



Homogén feltér
($E_1 = E_2$)

Kétrétegű rendszer
 $E_1/E_2 = 10$; $h/a = 1$

2.46-46. ábra. Feszültségeloszlás kétrétegű rendszerben Burmister szerint

ahol γ_1 és γ_2 sűrűségek, ill. gyakorlati számításoknál térfogatsúlyok, E_1 és E_2 pedig az összenyomódási modulusok.

192 Első lépésként tehát meghatározzuk a helyettesítő réteg vastagságát, aztán ettől az elképzelt felszíntől számítjuk ki a feszültségeloszlást az ismert módon.

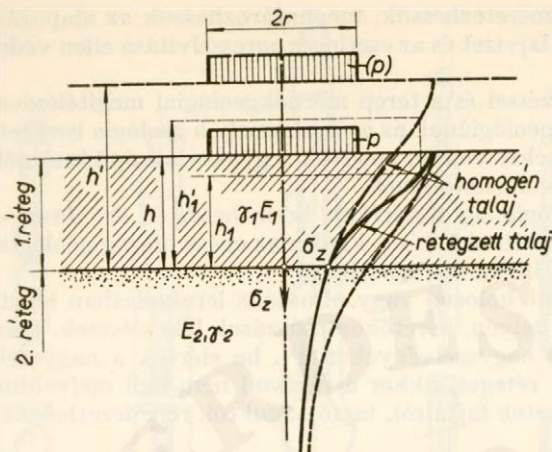
sem tekinthető a feltér homogénnek, következésképpen a feszültségek eloszlása is megváltozik. Az itt elképzelt változások közül számunkra is különösen nagy jelentőségű az, amikor a terhelést átadó felület alatt viszonylag vékony, de nagy szilárdságú réteg van, ez alatt pedig nagy mélységig puha, az előbbinél mindenestre sokkal kisebb szilárdságú talaj következik. Ide sorolható minden útpályaszerkezet és a talajcserés alapozás is.

A felső nagy szilárdságú, s ezért kis összenyomódású réteg alakváltozási képessége is kicsi, s ezért a feszültségeket mintegy magába sűríti, miáltal az alatta levő rétegben ébredő feszültségek csökkennek. Jól érzékelhetjük ezt a 2.46-46. ábrán, ahol egymás mellett látjuk a homogén és a kétrétegű rendszer izobár-görbéit.

Minél nagyobb az összenyomódási modulusok hányadosa E_1/E_2 , annál inkább koncentrálna magába a feszültségeket a felső réteg és annál kisebb feszültségek ébrednek az alsó rétegben.

Kétrétegű rendszerben is a homogén térrel azonos módon számíthatjuk a feszültségek eloszlását, ha bevezetjük a helyettesítő rétegvastagságok fogalmát (2.46-47. ábra). A helyettesítő réteg felszínén ható p terhelés ugyanakkora függőleges feszültséget eredményez a helyettesített réteg alsó síkjában, mint ugyanazon terhelés a tényleges rétegezetségnél ugyanott. A helyettesítő rétegvastagság Pokrowszki szerint:

$$h' = h \sqrt{\frac{E_1 \cdot \gamma_2}{E_2 \cdot \gamma_1}}$$



2.46-47. ábra. Helyettesítő rétegvastagság fogalma

használják az egyenértékű alakváltozási modulusz fogalmát. A 2–3 vagy több rétegből álló útpályaszerkezet feszültségeloszlását és ebből származó alakváltozását (összenyomódás, rugalmas behajlás) könnyebben számíthatjuk akkor, ha a több réteget egyetlen olyan réteggel helyettesítjük, melynek alsó síkján ugyanaz a feszültség uralkodik, mint a többretegű rendszer alsó síkján. Ennek a különböző, rendszerint igen eltérő alakváltozási moduluszal bíró rétegeket helyettesítő réteget a szilárdságát jellemezzük az egyenértékű alakváltozási moduluszal.

2.47 Gyakorlati talajmechanika

A gyakorlati talajmechanika a talajfizikai jellemzők és az elmélet ismeretében tájékoztatást ad a gyakorlati tennivalók elvégzésére. Tekintettel arra, hogy az elméleti levezetések eredménye a talajmechanikában gyakran bonyolult, nehezen kezelhető, azért régóta törekednek arra, hogy a talajfizikai jellemzőket empirikus összefüggésbe hozzák az elérni kívánt eredménnyel. Ezért a talajmechanika semiempirikus tudomány, amely tapasztalati összefüggéseket állapít meg a talajfizikai jellemzők és a talaj adott körülmények közötti viselkedése között, figyelembe véve az elméletet.

Minket elsősorban az útépitések, másodsorban és jóval kisebb mértékben az alapozások talajmechanikája érdekel. A következőkben az útépitések és alapozások talajmechanikájáról adunk áttekintést, azzal a megjegyzéssel, hogy az útpályaszerkezetek méretezésével a 2.815 fejezetben foglalkozunk majd.

2.471 Talajfeltárás

Minden talajból készülő vagy talajjal érintkező építménynél szükségünk van a talajviszonyok ismeretére. A talajfeltárás tájékoztatást ad a talaj rétegződéséről, a rétegek talajfizikai jellemzőiről és a talajvízről. A különböző építményeknél különböző mértékben kell meghatározni a talajfizikai jellemzőket, és ennek megfelelően a talajfeltárás mértéke is változó.

A talajfeltárás célja, hogy az építés közbeni meglepetéseket elkerüljük, kiválaszthassuk a körülményeknek legjobban megfelelő és leggazdaságosabb

Ezután az 1. és 2. réteg határáig redukáljuk a mélységeket:

$$h' : h = h_1 : h_1$$

$$h_1 = \frac{h}{h'} h_1'$$

Ivanov az egyenértékű réteg vastagságát a következő képlettel számítja:

$$h' = h \sqrt[2,5]{\frac{E_1}{E_2}}$$

A kétrétegű rendszer feszültségeloszlásának az útpályaszerkezetek méretezésénél van nagy jelentősége. Itt

szerkezetet, ezt a szerkezetet méretezhetjük, meghatározhatjuk az alapozási síkot, figyelembe vehessük a talajvizet és az esetleges agresszivitása ellen védekezhetünk.

A talajfeltárás szemrevételezéssel és a terep mérnökgeológiai megítélésével kezdődik. A mérnökgeológia a geológiának az az ága, amely a geológia ismeretanyagából olyan következtetéseket von le, amelyek a gyakorlati építőmérnök számára igen hasznosak és nélkülözhetetlenek.

Hazánk egész területe geológiaiag feltártnak tekinthető, és dr. Jaskó—dr. Tregle szerkesztésében a Földtani Intézet kiadta az egész ország geológiai térképét. Az első tájékoztatást innen szerezhethetjük.

A rossz talajviszonyok főként holocen vagy alluviális lerakodásban lehetnek. A földkéreg mozgásainak helyén, a vetőkön csúszások lehetségesek. Igen jól felhasználhatjuk a földtani nagyszelvényeket. Pl. ha elértük a nagyszelvényben igen vastagnak jelölt réteget, akkor a fúrással nem kell mélyebbre menni. Tájékozódhatunk a kőzetek fajtáiról, tartósságukról, repedezettségükről, talajviszonyokról stb.

További előzetes tájékoztatást kaphatunk a Földmérő és Talajvizsgáló Iroda talajfeltárásainak adattárából. Sajnos ez az igen nagy és értékes adattár számunkra csak ritkán használható, mert erdőterületeinken kívüli részokről gyűjtött adatokat tartalmaz.

Kreybig és Stefanovits talajtérképei néhány tájékoztatással szolgálnak ugyan, de sajnos még nincs kiderítve, hogy a talajtan osztályozása, az egyes szintek összetétele milyen összefüggésben van a talajfizikai jellemzőkkel.

A Vízügyi Kutató Intézet talajvízmegfigyelő kútjai tájékoztatást adnak a talajvíz mélységéről és, ami nem kevésbé fontos, ingadozásáról.

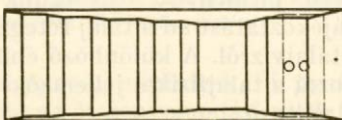
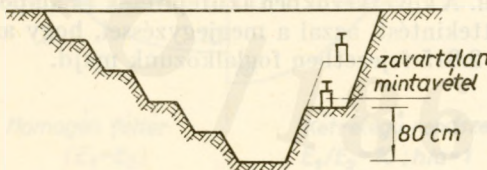
Az előzetes tájékozódás után szemrevételezzük a terepet. Megfigyeljük a felszín alakulását, amely sok esetben a származásra is utal, hasznosítjuk geológiai ismereteinket. Számba vesszük a meglévő, egykori vagy időszakos vízfolyásokat és ezek hatását a tervezett építményre. A karsztosodási jelenségek a talajviszonyok alakulásához adnak támpontot. Fontosak az eróziós jelenségek, mert ilyen helyen kész talajszelvényeket kapunk és tudjuk, hogy ilyen veszéllyel számolni kell. A felszíni vízfolyások és a talajvíz, általában a hidrológiai viszonyok ismerete nagyon fontos. Tájékozódni kell a víztelenítés lehetőségéről is.

Számunkra sokat mondanak a talajjellemző növények is. Száraz, nyirkos, vizenyős, pangó vizeket jelző növények megmutatják, hogy merre kell vezetni a nyomvonalat, és merre nem szabad. De jó útmutatók a talajfeltárások telepítésénél is, mert a vizenyős helyek mindig veszélyesek, a száraz helyeken esetleg magasan levő szikla van. Mindkettőt ismerni kell már a tervezésnél. A szá-

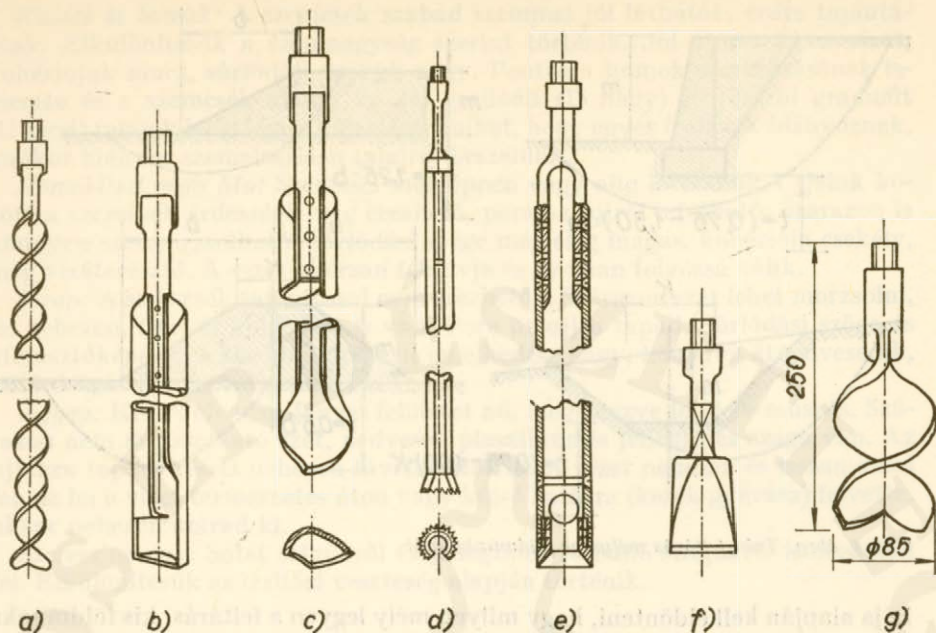
munkra igen fontos rétegvizek felismeréséhez jó, talán pótolhatatlan segítséget adnak.

A geológiai tájékozódás és a terep szemrevételezése után kijelöljük a talajfeltárások helyét. Erdészeti műszaki építményekkel kapcsolatos talajfeltárásoknál általában elegendő az alábbi két feltárási mód.

A 2.47-1. ábra próbagödört mutat. Alapterülete kb. 80×180 cm. Egyszerű módon csak a talajvíz szintjéig alkalmazható, laza vagy szemcsés talajban ki kell dúcolni.



2.47-1. ábra. Próbagödör (nyílt feltárás) állékony talajban



2.47-2. ábra. Kézi fúróberendezés fúrófejei ($D=65$ mm). a) Csiga-fúró. b) Kanál-fúró. c) Tur-zófúró. d) Korona-fúró. e) Iszapoló. f) Vésőfúró. g) Spirálmenetes előfúró

A talajfeltárás legtokéletesebb módja, mert magunk előtt látjuk a teljes talajszelvényt. Ügyelni kell azonban arra, hogy a mintavétel helyéül szolgáló padkát ne tapossuk le.

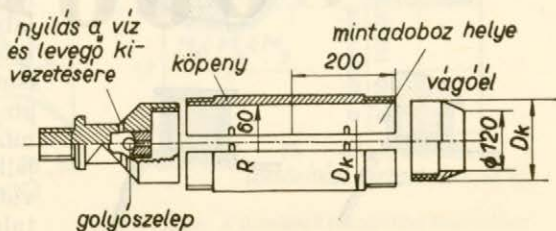
A talajfeltárás másik nálunk használatos módja a kutatófúrás. Kézzel hajtott, szárazon működő fúrókat használunk. A talajrétegződés és a legfontosabb talajfizikai jellemzők megállapítására alkalmas a 35–65 mm átmérőjű fúró, míg a részletes vizsgálathoz 100–300 mm átmérőjű fúró szükséges. Bár a fúrás kézzel történik, a munkát azonban megkönnyíti és ezért meggyorsítja, ha háromlábú gúlaállványunk van, melynek csörlőjével vagy egyszerű csigasorával a fúrórudazatot vagy béléscsövet kiemeljük.

A fúrórudazat 1 m hosszú darabokból csavarható össze és akár 20 m-ig is toldható. 10 m alatt azonban a fúrás már nagyon nehézkes és hosszadalmas kézi erővel.

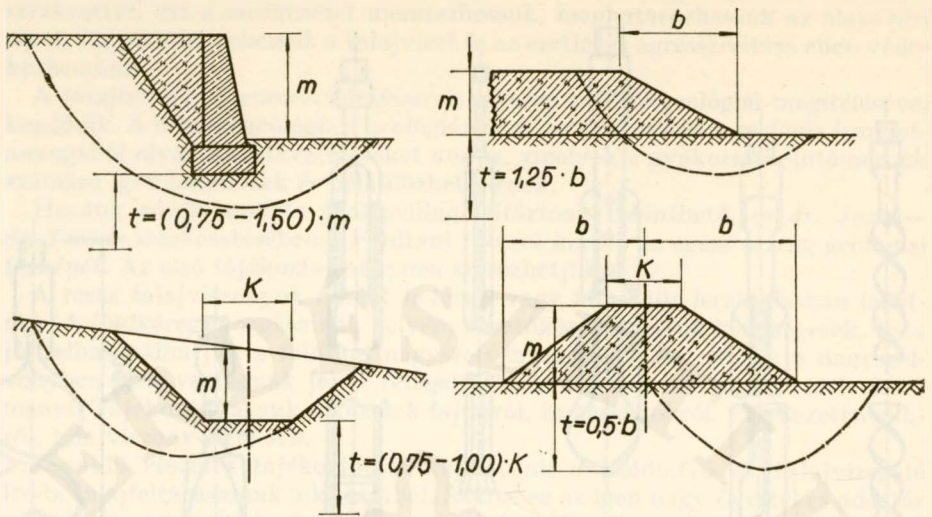
A rudazat végén különböző fúrófejek vannak, melyeket a 2.47-2. ábra mutat be. Mindig a talajnak megfelelő fúrófejet csavarjuk fel a rudazat végére. Zavar-talan minták vételénél a rudazatra mintavetőt erősítünk (2.47-3. ábra).

Olyan talajban, ahol a lyuk fala beomlik, vagy a talajvizet akarjuk kizárni, béléscsövet alkalmazunk. A béléscsövek ugyancsak 1 m hosszú egymáshoz csavarható darabok, melyeket a fúrás előrehaladásával egyidejűleg verünk be, miután előfúróval a lyukat kibővítettük.

Támfalak és utak esetében a 2.47-4. ábra szerint kell meghatározni a feltárás mélységét. Tulajdonképpen az útépitések talajmechani-



2.47-3. ábra. Mazalán-féle mintavető



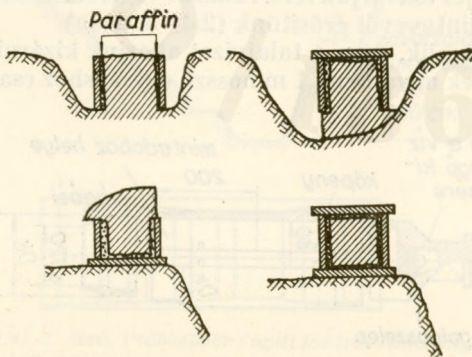
2.47-4. ábra. Talajfeltárás mélysége földmunkáknál

kája alapján kell eldönteni, hogy milyen mély legyen a feltárás, kis földmunka esetén a pályaszint alá 2–3 m-re lehatoló talajfeltárás elegendő. A talajfeltárást az MSZ 4488 és 2506 szabvány, valamint a Közúti Hidszabályzat szabályozza.

A talajfeltárás során háromféle mintát veszünk. A zavart talajminta nem tartja meg sem az eredeti víztartalmát, sem eredeti szerkezetét. A fúróról lezedett anyagot papírzacskóba vagy légmentesen záródó befőttesüvegbe gyűjtjük, megjelölve a fúrásszámot és a mélységet. A víztartalmi minta csupán a víztartalom meghatározására szolgál. A kisméretű bádogdobozt (cipőpasztás vagy krémes dobozt) teljesen kitöltjük a fúróval felhozott anyaggal, és a vízhatlanságot paraffinozással vagy szigetelő szalaggal történő körülragasztással biztosítjuk. A zavartalan talajmintában a talaj megtartja eredeti szerkezetét és víztartalmát is. A zavartalan mintát a fúrószárra szerelhető mintavevővel (2.47-3. ábra), a próbagödörben kézi kiszűrőhengerrel (2.42-32. ábra) vesszük, vagy egész talajkockát emelünk ki, amelyet teljesen körülparaffinozva és gondosan csomagolva szállítunk a laboratóriumba (2.47-5. ábra).

A vázolt talajfeltárási módokon kívül történhet a talajfeltárás geofizikai módszerekkel is. Ilyen a geoelektromos, szeizmikus és dinamikus eljárás. A szondázás és a próbacölöpözés a talajfizikai jellemzők helyett az egyes rétegek teherbírására utal, a behatolási ellenállás alapján. Egyes munkáknál ez is elegendő.

Akár a talajfeltárásnál, az egyes rétegek elkülönítésekor, akár a laboratóriumban a vizsgálatok csökkentése céljából, szükséges ismerni az ún. azonosítás módját, amely tulajdonképpen nem más, mint az egyes talajfejeségek külső jellegzetességei és tapintás útján való elkülönítése. A legfontosabb talajfejeségek fő ismérvei a következők:



196 2.47-5. ábra. Kockaminta

Kavics és homok: A szemcsék szabad szemmel jól láthatók, érdes tapintásúak. Elkülönítésük a szemnagyság szerint történik. Jól áteresztik a vizet, kohéziójuk nincs, sűrűlódási szöge nagy. Fontos a homok származásának ismerete és a szemcsék alakja is. Jól graduált (U nagy) és rosszul graduált (U kicsi) talajok lehetségesek és előfordulhat, hogy egyes frakciók hiányoznak, amikor hiányos szemeloszlású talajról beszélünk.

Homokliszt vagy Mő: Szemcséi még éppen vagy alig látszanak. Ujjaink között a szemcsék érdessége még érezhető, pora az ujjról lefújható. Szárazon is könnyen szétmorzsolható. Sűrűlódási szöge még elég magas, kohéziója csekély, még vízáteresztő. A vizet gyorsan felszívja és gyorsan folyóssá válik.

Iszap: A szemcsék tapintással nem érezhetőek. Szárazon szét lehet morzsolni, de nehezen. (Kevés kohéziója is van. Pora az ujjra tapad. Sűrűlódási szöge és áteresztőképessége kisebb, kapilláris emelkedése nagy, könnyen átnedvesedik, szilárdságát gyorsan elveszíti.)

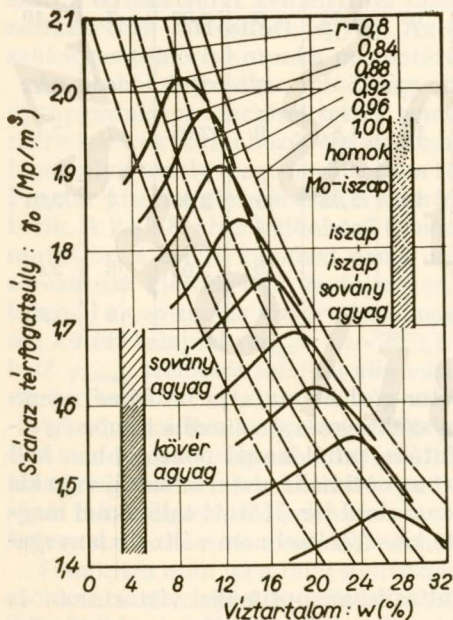
Agyag: Késsel elvágva fényes felületet ad, megvizelve felülete csúszós. Szárazon nem morzsolható szét, nedvesen plasztikus és jellegzetes szaga van. Az ujjakra tapadt részei nehezen távolíthatók el. A vizet nehezen és lassan veszi fel, de ha a vizet természetes úton vagy külső hatásra (kerék gyúrása) felvette, akkor nehezen szárad ki.

Szerves talajok: Sötét színűkről és jellegzetes rothadó szagukról ismerhetők fel. Elkülönítésük az izzítási veszteség alapján történik.

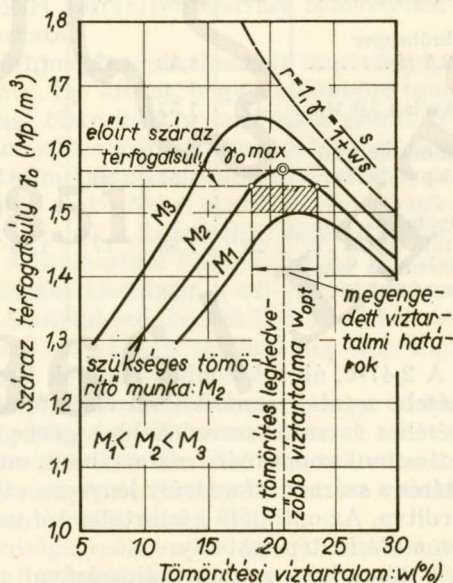
2.472 Tömörítés

Minden földmunkánál és burkolatépítésnél talán a legfontosabb feladatunk a kellő tömörség biztosítása.

Ismeretes, hogy ma már kizárólag a száraz térfogatsúly (γ_0), illetve a száraz térfogatsúly Proctor kísérlettel meghatározott maximumának százaléka szolgál a tömörség meghatározására.



2.47-6. ábra. Különböző talajok Proctor-görbéi



2.47-7. ábra. Különböző tömörítési munkához tartozó Proctor-görbék

2.47-I. táblázat. 22,5 cm laza vastagságban elterített réteg különböző eszközökkel végzett tömörítésénél mért értékek (W. A. Lewis adatai)

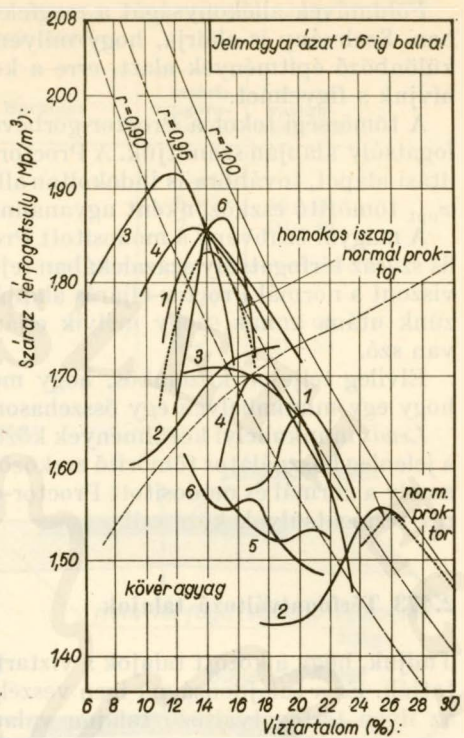
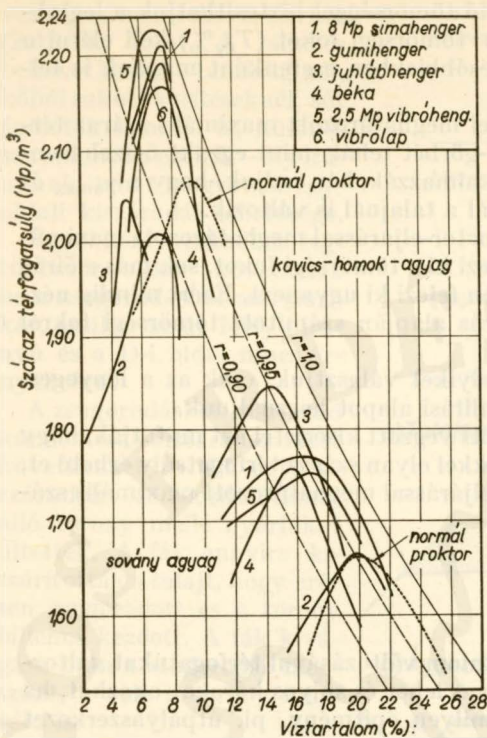
	A kísérletnél felhasznált talajok									
	kötött agyag		sovány agyag		homokliszt, iszap		homok		kavics-homok-agyag	
	47 0,008	19 0,003	8 0,006	— 0,6	— 3,0					
Plasztikus index $P_1\%$: Mértékadó szemcse D_m :										
	$w_{opt}\%$	γ_{max} Mp/m ³	$w_{opt}\%$	γ_{max} Mp/m ³	$w_{opt}\%$	γ_{max} Mp/m ³	$w_{opt}\%$	γ_{max} Mp/m ³	$w_{opt}\%$	γ_{max} Mp/m ³
Normál Proctor szerint	26	1,55	21	1,66	14	1,84	11	1,93	9	2,06
Módosított Proctor szerint	17	1,81	14	1,92	11	2,05	9	2,08	7	2,21

Ugyanezen talajokban különböző tömörítőeszközöknél meghatározott optimális víztartalom (w_{opt}) és maximális száraz térfogatsúlyok (γ_{max})

Tömörítő eszköz	$w_{opt}\%$	γ_{max} Mp/m ³	$w_{opt}\%$	γ_{max} Mp/m ³	$w_{opt}\%$	γ_{max} Mp/m ³	$w_{opt}\%$	γ_{max} Mp/m ³	$w_{opt}\%$	γ_{max} Mp/m ³
Döngölő (robbanó) 100 kp	18	1,76	12	1,85	11	0,93	8	2,06	6	2,19
Juhlábhenger (konikus) 4,5 Mp	15	1,71	14	1,84	12	1,92			5	2,05
Juhlábhenger (bűtykös) 5,0 Mp	16	1,71	13	1,85	12	1,90			6	2,08
Béka 600 kp.	17	1,69	15	1,76	13	1,85	10	2,05	7	2,17
Sima henger 8 Mp	20	1,66	16	1,77	14	1,85	9	2,11	7	2,21
Sima henger 2,75 Mp.	21	1,53	17	1,76	16	1,82	9	2,09	7	2,19
Vibróhenger 2,5 Mp.	21	1,53	17	1,76			7	2,13	6	2,22
Vibrólap 2,0 Mp	17	1,57			15	1,87	9	2,05	7	2,19
Gumikerék 12,0 Mp (9 kerék) .	25	1,57	20	1,68	18	1,73	11	2,03	7	2,01
Láncotalpas von- tató 40 LE . . .	22	1,53	17	1,69			10	2,05	8	2,05
Láncotalpas von- tató 80 LE . . .	24	1,58							8	2,01

A 2.47-6. ábra különböző talajok Proctor-görbéit mutatja be. Minél szemcsésebb a talaj, annál kisebb víztartalom szükséges a maximális tömörség eléréséhez és annál meredekebb a görbe futása, tehát annál pontosabban kell biztosítani az optimális víztartalmat, mert az optimális víztartalomtól való kis eltérés a száraz térfogatsúly lényeges változásával jár. Kötött talajoknál megfordítva. Az optimális víztartalomtól való kis eltéréssel nem változik lényegesen a száraz térfogatsúly.

A tömörítési munka változásával változik az optimális víztartalom is (2.47-7. ábra). Láthatjuk, hogy minél szárazabb a talaj, annál nagyobb tömörséget lehet elérni, de ezzel együtt nő a tömörítési munka is. Laboratóriumi



2.47-8. ábra. 22,5 cm laza vastagságban elterített réteg különböző eszközökkel végzett tömörítésénél nyert Proctor-görbék

vizsgálattal megállapítható, illetve utasításokban elő van írva, hogy milyen száraz térfogatsúlyt kell elérni a talajnak ahhoz, hogy állékonysága az adott szerkezetben biztosított legyen. Az előírt száraz térfogatsúly ismeretében a szükséges tömörítő munka meghatározható.

Az utóbbi évtizedben mind nagyobb tömegben alkalmazott tömörítőgépek új tapasztalatok szerzését tették lehetővé. Így kitűnt, hogy a különböző tömörítő eszközök különböző víztartalomnál biztosítják a maximális száraz térfogatsúlyt, amely maga is változik a tömörítőeszközök szerint. A laboratóriumi Proctor-kísérlet görbéje csak a kísérletnél alkalmazott tömörítési módhoz tartozik. A 2.47-8. ábra különböző tömörítési eszközökkel nyert Proctor-görbéket mutat be, a 2.47-1. táblázat pedig ugyanennek a Lewis által végzett kísérlet-sorozatnak kiértékelését tartalmazza. A táblázatból kitűnik, hogy a szemcsés talajnál az optimális víztartalom ingadozása kisebb ($w_{opt} = 5-9\%$), mint erősen kötött talajnál ($w_{opt} = 15-26\%$). A különböző tömörítő eszközökkel elérhető γ_{omax} szemcsés talajnál alig változik, míg kötött talajnál elég nagy ingadozást mutat.

A technikai lehetőségeken kívül igen fontos annak ismerete, hogy melyik eszköz a leggazdaságosabb, melyik dolgozik a legjobb munkasikerrel, tehát az időegység alatt hány m^3 talajt képes tömöríteni. A tömörítő eszköz kiválasztásánál tehát figyelembe kell venni a munkahely víztartalmát, illetve a munkahelyen az eszköznek megfelelő víztartalmat biztosítani kell.

Tömörítés után nő a talaj nyírószilárdsága, csökken az összenyomhatóság és csökken a vízfelvétel is. Mindez a talajt teherbíróvá és állékonnyá teszi. Az ilyen talajra helyezett pályaszerkezetek tartósabbak és kisebb vastagságban is képesek ugyanannak az igénybevételnek az elviselésére.

Földművek állékonyágát a megfelelő tömörséggel biztosíthatjuk a legjobban. Szabvány is előírja, hogy milyen tömörségi fokot ($T_{r\gamma}\%$) kell elérni a különböző építmények alatt, erre a későbbiekben esetenként magunk is felhívjuk a figyelmet.

A tömörségi fokot a Proctor-görbével meghatározott maximális száraz térfogsúly alapján számítjuk. A Proctor-görbét tehát, mint egzakt összehasonlítási alapot, továbbra is indokoltan alkalmazzák, bár tudjuk, hogy a γ_{omax} és w_{opt} tömörítő eszközönként ugyanannál a talajnál is változik.

A magyar szabvány a módosított Proctor-eljárással meghatározott maximális száraz térfogsúly százalékában fejezi ki a tömörségi fokot, sok más előírás viszont a normál Proctor-eljárás alapján fejezi ki ugyanezt. Ezért mindig nézzünk utána annak, hogy melyik eljárás alapján számított tömörségi fokról van szó.

Elvileg teljesen közömbös, hogy melyiket választjuk, csak az a lényeges, hogy egy munkahelyen egy összehasonlítási alapot használjunk.

Lewis munkahelyi körülmények között végzett kísérletei azt mutatják, hogy a jelenleg használatos tömörítő eszközökkel olyan száraz térfogsúly érhető el, amely a normál és módosított Proctor-eljárással meghatározott maximális száraz térfogsúlyok közé esik.

2.473 Térfogatváltozó talajok

Tudjuk, hogy a kötött talajok a víztartalom változásával térfogatukat változtatják. Ez a tulajdonságuk igen veszélyes lehet és súlyos károkat okozhat, ha az ilyen térfogatváltozó talajon valamilyen építmény, pl. útpályaszerkezet van.

Ilyen helyen elsősorban a vizet kell távoltartani. A víz származhat csapadékból, építési vízből, kapilláris vízből, kondenzvízből, rétegvízből. A különböző helyekről származó víz távoltartásának módját az anyag más helyén tárgyaljuk.

Továbbbíthatja a vizet a szívóhatás is. Amikor a földút kezd kiszáradni, felületén vékony kéreg alakul ki. Ha erre a vékony kéregre ráeresztjük a forgalmat, akkor a kerekék alatt a talaj rugalmas alakváltozást szenved. A felé mozgó kéreg szivattyúként működik és helyi vízbőséget hoz létre a kéreg alatt, ami a kéreg beszakadásához vezet. Ugyanez a folyamat játszódik le a vékony burkolat alatt is, ahol a víztartalom növekedése térfogatváltozást idéz elő.

A talaj térfogatváltozásának következtében az építmény elveszti folytonos alátámasztását, nem várt, többnyire húzófeszültségek lépnek fel benne, ami repedések keletkezésére vezet.

Pl. ha az útpályaszerkezet széle alatt a talaj kiszárad és zsugorodik, akkor a pályaszerkezet ezt a mozgást csak úgy tudja követni, ha hosszanti repedések keletkeznek benne. Hajlékony pályaszerkezeteken később, merev pályaszerkezeteknél hamarabb lépnek fel ezek a repedések, amelyek a szerkezet felbomlásához vezetnek. Ennek megfelelően a védekezés mértéke is különböző.

Védekezésül a gondos víztelenítésen kívül pufferréteget szoktak beépíteni, melynek méreteiről a 2.47-II. táblázat nyújt tájékoztatást.

A pufferréteg (ágyazat) szerepe ebben az esetben kettős. Egyrészt elősegíti a pályaszerkezet víztelenítését a víz távoltartásával, ill. levezetésével, másrészt az alatta esetleg mégis bekövetkező térfogatváltozások hatását csökkenti, innen kapta nevét is.

A kivitelezés lehetőségeiről tájékoztat a 2.47-9. ábra. Az építés részleteivel a 2.8. fejezetben foglalkozunk.

Erősen térfogatváltozó talajokon az alaptest mellett bekövetkező egyoldali zsugorodás az alaptest és vele a felmenőfal billenését okozhatja, amely jelenség

veszélyes méreteket is elérhet (2.47-10. ábra). A billenés bekövetkezhet támfalaknál, kőből rakott kerítéseknél, sőt épületek falainál is, különösen akkor, ha ezek K–Ny irányúak, tehát megvan az egyoldali kiszáradás lehetősége.

Egyébként utaknál is legtöbbször akkor következik be a zsugorodásból származó kár, amikor az út KNy-i irányú és a D-i oldal nincs árnyékolva.

A zsugorodásból származó kár nemcsak kiszáradás miatt következhet be. Pl. egy évszázadok óta mozdulatlanul álló torony mellé nyárfákat ültettek. A fák annyira kiszáritották a talajt, hogy erősen zsugorodott és a torony billenni kezdett. A fák kivágása után a zsugorodás megszűnt, s vele a torony mozgása is.

2.474 Fagykár és olvadási kár

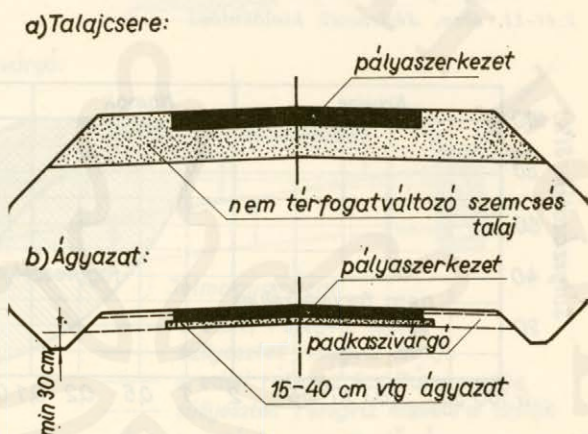
A talaj hézagaiban levő víz a hőmérséklet $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ alá süllyedésekor megfagyhat. A víz vagy egy tömbben fagy meg, vagy lencsék alakjában. Kötött részt nem tartalmazó szemcsés talajokban mindig egy tömbben fagy meg a víz. Viszont már csekély kötött részt tartalmazó talajokban is lencsék, lapos korongok formájában történik a jégképződés. A jéglencsék képződésének lehetősége a kötött rész növekedésével egy ideig emelkedik, majd csökken.

A lencsék körül viszonylagos vízhiány lép fel, mely hamarosan megszűnik, ha kapillaris úton megvan a vízutánpótlás lehetősége. Az újonnan érkezett víz azonban ráfagy a jéglencsére és vastagságát növeli. Ez a folyamat újból és újból ismétlődik, míg a fagyos idő tart. A megduzzadt jéglencsék a burkolat felszínét is megemelhetik (2.47-11. ábra).

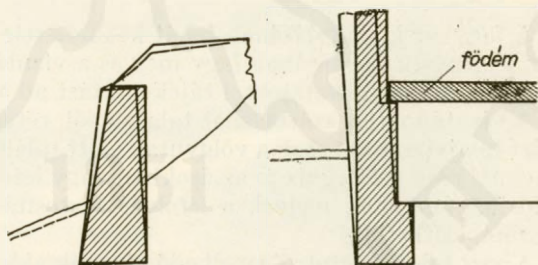
Tavasszal a jéglencse elolvad és egyrészt helyén üreg marad, másrészt teljesen eláztatja a környezetét. Az áthaladó kerekek alatt ilyen helyen beszakad a felszín, kátyúk keletkeznek, és hosszabb-rövidebb szakaszon az egész burkolat tönkremehet. Ez a közvetlen fagykár.

2.47-II. táblázat. Térfogatváltozás elleni védekezés mértéke

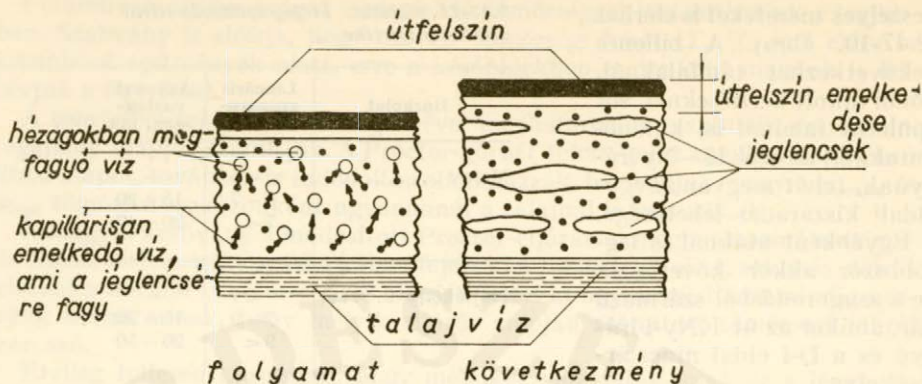
Burkolat	Lineáris zsugorodás Z_{s1}	Ágyazat vastagsága, cm
Merev	< 5	—
	5–7	15–20
	$7 <$	20–40
Hajlékony	< 7	—
	7–9	10–20
	$9 <$	20–50



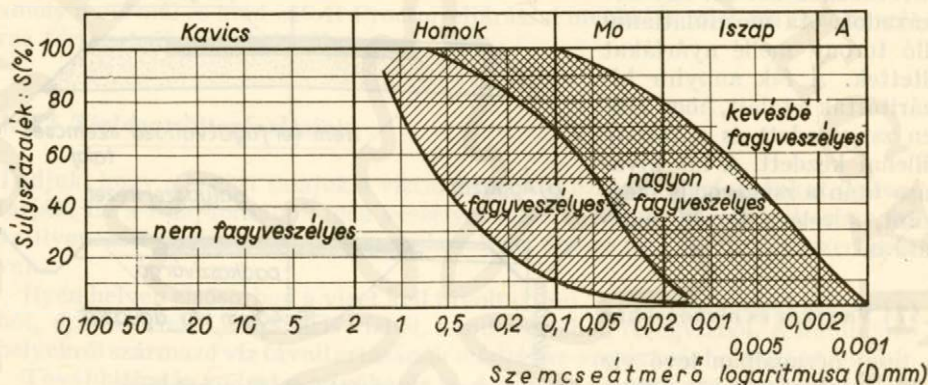
2.47-9. ábra. Térfogatváltozás elleni védekezés pályaszerkezeteknél



2.47-10. ábra. Építmények billenése egyoldali zsugorodás miatt



2.47-11. ábra. Jéglencsék kialakulása



2.47-12. ábra. Fagyveszélyes talajok tartománya

A fagykár kialakulásának tehát két feltétele van: Olyan talaj, amelyben a víz jéglencsék formájában fagy meg és a vízutánpótlás.

A fagyveszélyes talajokról tájékoztatást ad a 2.47-12. ábra.

A vízutánpótlás származhat talajvízből, rétegvízből, árokban pangó vízből. Zárt talajvízszintet csak a völgyutak alatt találunk, a hegyoldalakban vezetett utaknál csak a rétegvíz és az árokban vagy lefolyástalan gödrökben pangó víz okozhat fagykárt, melyek a lefolyás biztosításával, ill. szivárgók építésével közbősíthetők.

A zárt talajvízszintről emelkedő víz csak akkor lehet veszélyes, ha kapilláris úton emelkedve a fagyos időszak alatt – hazánkban 1000 óra – a fagyzónába juthat. Ezt a talajvízszint ismeretében laboratóriumi kísérlettel meg lehet állapítani.

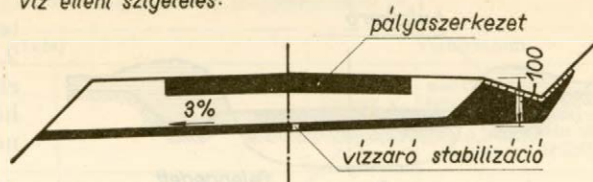
A védekezés egyik módja az lehet, hogy a burkolat alá nem fagyveszélyes talajt építünk be. Ha a víz kapilláris emelkedése a fagyott réteg felső harmadáig ér, akkor a talajcsere vastagsága 40 cm, ha az alsó harmadig, akkor 25 cm.

A védekezés másik módja a kapillárisan emelkedő víz elszigetelése és a fagyzónába jutásának megakadályozása. Ez történhet szemcsés talajjal (iszapmentes homok, homokos-kavics), amelyben a kapilláris emelkedés elenyésző, tehát a víz nem tud keresztülhatolni, vagy történhet vízzáró stabilizációval.

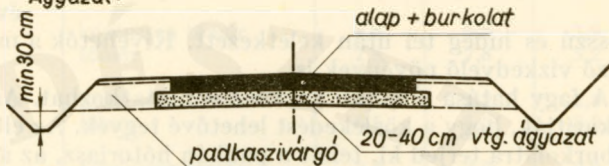
A rétegvizeket hossz-szivárgókkal kell felfogni. A szivárgó szolgálhat a talajvízszint süllyesztésére is.

2.47-13. ábra. Fagykár elleni védekezés utakon

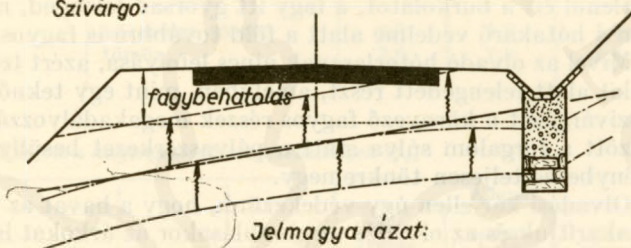
Víz elleni szigetelés:



Ágyazat:



Szivargó:

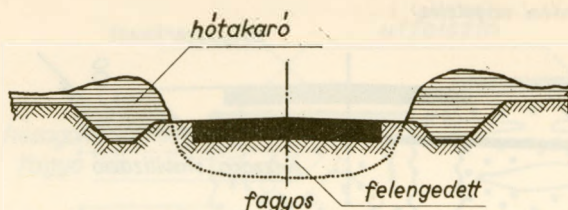


Jelmagyarázat:

- eredeti rétegvíz szintje
- - - süllyesztett rétegvíz szintje
- eredeti rétegvíz kapillaris szintje
- - - süllyesztett rétegvíz kapillaris szintje
- ↑ kapillárisan emelkedő víz



2.47-14. ábra. Fagykár erdei úton



2.47-15. ábra. Olvadási kár

hosszú és hideg tél után keletkezett. Kivehetők a magasan fekvő rétegvizet jelző vízkedvelő növények is.

A fagy hatása olvadási kárként is mutatkozhat. Az útról a havat télen eltakarítják, hogy a közlekedést lehetővé tegyék. Az eltakarítás többnyire csak a burkolatra terjed ki, tehát a padkán hótorlasz, az árkokban és a csatlakozó tereprészekben pedig összefüggő hótakaró van. A tavaszi nap sugárzása közvetlenül éri a burkolatot, a fagy itt gyorsan felenged, míg a csatlakozó részeken a hótakaró védelme alatt a föld továbbra is fagyos marad.

Mivel az olvadó hótorlasznak nincs lefolyása, azért teljesen átáztatja a burkolat alatt felengedett részt, amelyben, mint egy teknőben, felhalmozódó víz elszivárgását a környező fagyos részek megakadályozzák. Ilyen körülmények között a forgalom súlya alatt a pályaszerkezet besüllyed a felpuhult alépítménybe és teljesen tönkremegy.

Olvadási kár ellen úgy védekezünk, hogy a havat az út teljes szélességében eltakarítjuk és az olvadás megindulásakor az árkokat is kitisztítjuk. Mindkét munka teljesen gépesíthető és gréderrel végezhető.

2.475 Talajfeszültség alapozásoknál

Az erdészeti praxisban előforduló egyszerű alapozásoknál is szükséges a talaj azon feszültségének ismerete, melynél nagyobb feszültség nem keletkezhet az alaptestről a talajnak átadott terhelés hatására.

Ezt a fejezetet megelőző, a talaj teherbírásáról szóló részből (2.467) ismeretes a megengedett feszültség és a határfeszültség fogalma és mindazok a tényezők, amelyek nagyságukra hatással vannak. Az ott közölt képletek és táblázatok bármely gyakorlati feladat megoldásánál jól használhatók.

A talaj határfeszültsége táblázatból is megállapítható. A Magyar Alapozási Szabályzat (MSZ 15 004) is közöl ilyen táblázatokat, és az alapfeszültségeket külön közli a szemcsés, a kötött és a sziklás talajokra.

A szemcsés talajok alapfeszültségei a 2.47-III. táblázatban találhatóak.

A határfeszültség az alapértékből számítható azoknak a legfontosabb tényezőknek a függvényében, melyekkel az elméleti részben megismerkedtünk.

$$\sigma_H = c_1 \cdot c_2 \cdot \sigma_0$$

$$\text{ha } 2,0 \leq t + b \leq 4,0 \text{ m,} \quad \text{akkor } c_1 = 1$$

$$\text{ha } t + b < 2,0 \text{ m,} \quad \text{akkor } c_1 = \frac{t+b}{2}$$

$$\text{ha } t + b > 4,0 \text{ m,} \quad \text{akkor } c_1 = \frac{t+b}{4},$$

204 ahol t az alapsík mélysége a legközelebbi térszín (pl. pince) alatt, b pedig az

2.47-III. táblázat. A szemcsés talajokra megengedhető alapfeszültségek (σ_0)

Jel	Talaj		Viztartalom		
	megnevezése	állapota	száraz v. nedves ($r \leq 0,5$)	nedves v. igen nyirkos ($r = 0,5 - 0,8$)	telített a talajviz-szín alatt ($r \geq 0,8$)
a	durva kavics és finom kavics	közepesen tömör tömör	6,5	6,5	4,5
			7,8	7,8	6,5
b	homokos de iszapmentes kavics	közepesen tömör tömör	5,8	5,8	3,9
			7,8	7,8	5,2
c	durva és közepes szem-nagyságú homok	közepesen tömör tömör	4,8	4,2	2,9
			6,5	5,2	3,9
d	finom homok	közepesen tömör tömör	3,2	3,2	2,0
			3,9	3,9	2,6
e	homokliszt	közepesen tömör tömör	2,0	1,3	1,0
			2,6	1,9	1,3

2.47-IV. táblázat. A kötött talajokra megengedhető alapfeszültségek (σ_0)

A talaj		Plasztikus index P_1	Hézag tényező e	Állapot		
jel	megnevezés			kemény palás szívós	sodorható	képlékeny
				$w = Z_s$ $K_1 > 1$	$w = P$ $K_1 = 1$	$w = 0,5$ $(F+P)$ $K_1 = 0,5$
f	homokliszt, iszapos homokliszt, agyagos homok	1 – 7	0,5	3,5	3,5	3,0
			0,7	3,0	2,5	1,8
g	iszap, homokos agyag	7 – 15	0,5	4,2	3,5	3,0
			0,7	3,6	3,0	2,0
			1,0	3,0	2,0	1,2
h	agyag	> 15	0,6	2,2	6,0	3,5
			0,8	4,2	3,5	2,5
			1,0	3,6	2,5	1,2

alaptest szélessége (kisebb mérete). Ha $\frac{b}{l} \cong \frac{1}{2,5}$, akkor $c_2 = 1$, ha pedig $\frac{b}{l} = 1$ vagy körről, ill. szabályos sokszögről van szó, akkor sekély alapozás esetén $c_2 = 1,25$, mélyalapozásnál $c_2 = 1,4$. b/l közbenső értékei interpolálандók. l az alaptest hosszát jelenti. A szabvány a talaj rétegzettségére, térfogatsúlyára, az alaptest alakjára vonatkozóan más előírásokat is tartalmaz, melyek vagy a szabványban vagy a Mérnöki Kézikönyv 2. kötetében találhatók meg.

A 2.47-IV. táblázat a kötött talajok alapfeszültségeit tartalmazza. Az alapértékek 2,0 m alatt csak a geológiai nyomással növelhetők

$$\sigma_H = c_3 \cdot \sigma_0 + \gamma'(t - 2,0)$$

2,0 m-nél kisebb mélységben viszont csökkenteni kell az alapértéket egy c_3 tényezővel való szorzás útján. Ha $t=0$, vagyis felszíni alapozásról van szó, akkor $c_3=0,5$; ha az alapozás mélysége $t=0$ és $t=2,0$ m között van, akkor $c_3=0,5$ és $c_3=1,0$ határok közötti lineáris interpolációval kell meghatározni c_3 értékét.

Sziklás talajoknál, kevésbé repedezett, egészséges, nem széteső sziklatalajokon, homokkő, mészkő, dolomit, kristályos pala, agyagpala stb. esetében vízszintes rétegződés mellett a törőszilárdság függvényében (σ_t) a következő feszültségek engedhetők meg:

Kis törőszilárdság ($\sigma_t < 50 \text{ kp/cm}^2$) esetében $\sigma_m = 13 \text{ kp/cm}^2$

Nagyobb törőszilárdság ($\sigma_t > 50 \text{ kp/cm}^2$) esetében $\sigma_m = 20 \text{ kp/cm}^2$

Gránit, diorit, porfir, andezit, gneisz esetében $\sigma_m = 40 \text{ kp/cm}^2$

A Magyar Alapozási Szabályzat külpontos terhelésekre előírja, hogy az átlagos talajfeszültség $\left(\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2}\right)$ nem lehet nagyobb, mint a központos terhelés

$\left(\sigma_{\text{közp}} = \frac{R_v}{F} \leq \sigma_H\right)$, az élfeszültség pedig legfeljebb $1,25 \sigma_H$.

A Szabályzat, ill. a Szabvány táblázatait csak ideiglenes építmények tervezésénél vagy előtervezésnél szabad felhasználni. Végleges tervezésnél csak akkor alkalmazhatók ezen táblázatok, ha a következő feltételek egyidejűleg és együttesen kielégülnek:

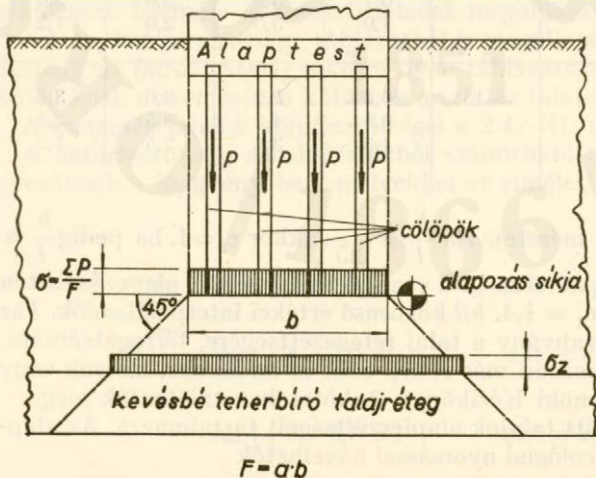
A talajt kellő részletességgel feltárták, az alapozás síkja a fagyhatár alatt van, a talaj rétegződése az egész építmény alatt vízszintes és egyenletes, az alaptest alatt mélyebben fekvő rétegekben sem ébred nagyobb feszültség, mint a réteg megengedett feszültsége, az építmény süllyedéskülönbségekre nem érzékeny, az építmény nem áll állandó rezgések hatása alatt, megjegyezve, hogy a táblázat értékei különálló alaptestekre vonatkoznak.

Kiemeli a Szabályzat, hogy a táblázatokat semmiképpen sem szabad alkalmazni a következő talajok esetében: 1. Folyós állapotban levő agyagos talajok. 2. Szerves talajok, ha szervesanyag-tartalmuk nagyobb 10%-nál. 3. Sós talajok. 4. Feltöltött talajok. 5. Mesterségesen szilárdított talajok.

A talajtörési képleteket mindig használhatjuk, a szabvány táblázatait azonban csak az ismertetett megszorításokkal. Az utóbbinak előnye viszont,

hogy lényegesen egyszerűbb laboratóriumi vizsgálatokat igényel.

Bárhogy határozzuk is meg a megengedett feszültséget, rendszerint ellenőrizni kell, hogy a mélyebben fekvő rétegekre nem jut-e nagyobb terhelés, mint a szóban forgó réteg megengedett igénybevétele. Feltétlenül el kell végezni ezt a vizsgálatot akkor, amikor a mélyebben fekvő rétegek teherbírása lényegesen kisebb, mint a felszín közelében, az alapozás síkja alatt levőké.



A megengedett feszültség meghatározásánál különösen a ferde és excentrikus terhelés eseteit kell gondos vizsgálat tárgyává tenni.

Közelálló vagy egymás mellé épített alaptesteknél figyelembe kell venni, hogy az egyik alaptest tengelyében milyen feszültségek ébrednek a másik alaptest terhelése miatt, mert ez hozzáadódik a saját terheléséből keletkező feszültségekhez. A két függőleges feszültség összege egyik rétegben sem haladhatja meg az illető réteg megengedett feszültségét. Az alaptesten kívül eső függőlegesen keletkező feszültségek táblázatokból vagy a *Newmark* grafikon segítségével számíthatók.

A fajlagos terhelést a mértékadó terhelésből számítjuk az ismert módon:

$$p = \frac{\Sigma P}{F},$$

ahol ΣP a mértékadó terhelés, F pedig a síkalap alapterülete. Sávalapoknál az 1 fm-re eső terhelést szokás megadni.

Cölöpalapozásnál ugyanígy járunk el, csak az alapterületet a 2.47-16. ábra szerint értelmezzük.

2.476 Alaptestek süllyedésének számítása

Az építmények tervezésével kapcsolatban gyakran felmerül annak szükségessége, hogy meghatározzuk a várható süllyedést.

A süllyedést (összenyomódást, alakváltozást) mindig erőhatás hozza létre, amikor az egyensúlyban levő földtömegben a feszültségek megváltoznak. A feszültségek és az összenyomódás közötti összefüggés ismeretes. Ez az összefüggés talajonként változik és az összenyomódási moduluszal fejezhető ki. Ha ismerjük az alaptest alatti feszültségeloszlást és az egyes talajrétegek összenyomódási modulusát, akkor a különböző feszültségi fokozatokhoz tartozó összenyomódások a kompressziós görbe alapján számíthatók, és összegezésükkel kapjuk az épület teljes süllyedését.

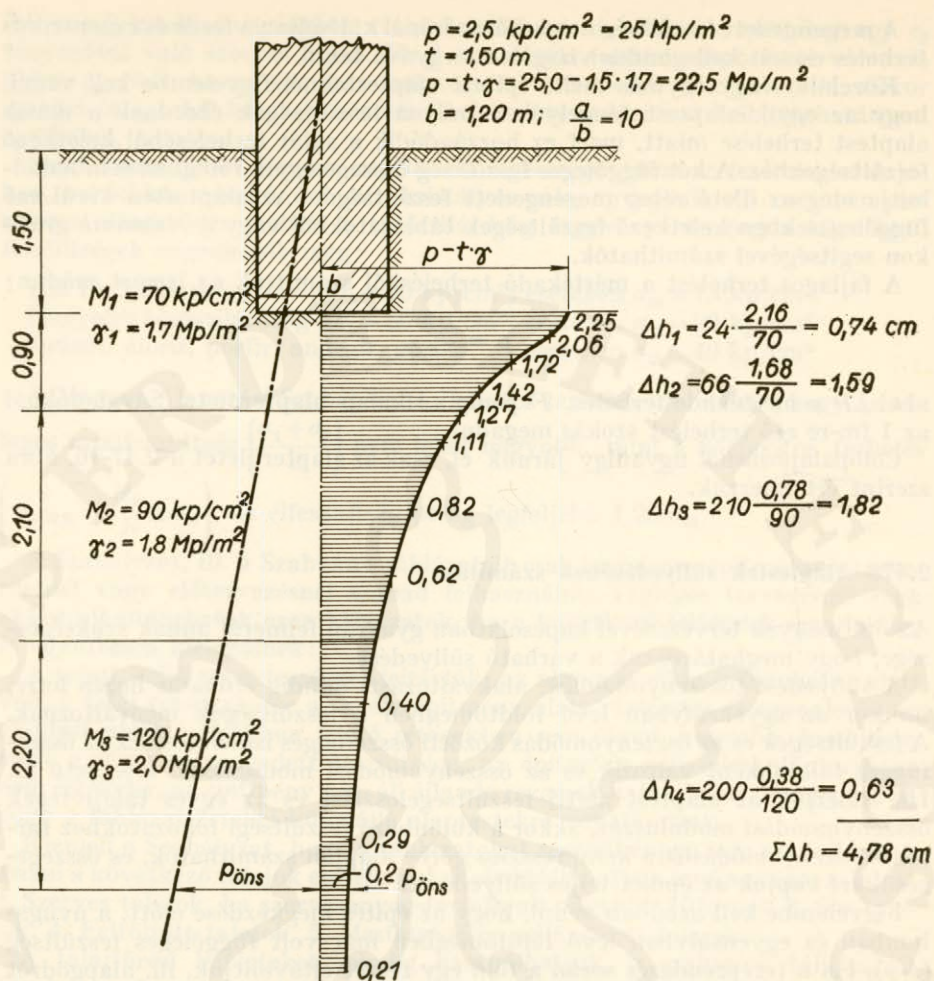
Figyelembe kell azonban venni, hogy az építés megkezdése előtt, a nyugalomban és egyensúlyban levő földtömegben már volt függőleges feszültség ($z \cdot \gamma$). Ha a tereprendezés során a föld egy részét eltávolítjuk, ill. alapgördröt mélyítünk le, akkor az alapozás síkján, és természetesen alatta is, csak az a feszültség fog összenyomódást okozni, mely meghaladja az eredeti felszíntől mért mélység függvényében számított önsúlyfeszültséget.

Pl. a talaj térfogatsúlya legyen $\gamma = 2,0 \text{ Mp/m}^3$, akkor $z = 3,0 \text{ m}$ mélységben $\sigma_z = \sigma \text{ Mp/m}^2 = 0,6 \text{ kp/cm}^2$ önsúlyfeszültség (geosztatikai nyomás) van. Ha ebben a mélységben az alaptest $p = 2,8 \text{ kp/cm}^2$ terhelést ad át a talajnak, akkor összenyomódást csak $p - z\gamma = 2,8 - 0,6 = 2,2 \text{ kp/cm}^2$ feszültség okoz.

A geosztatikai nyomással kapcsolatban gondolni kell arra is, hogy a talajvíz szintje alatt a térfogatsúly megváltozik a víz felhajtó ereje miatt.

Felmerül még az a kérdés, hogy milyen mélységig végezzük el az összenyomódások összegezését. A 2.46-43. és 2.46-44. ábrákról is megítélhetjük, hogy bizonyos mélység alatt a feszültségek már annyira kicsinyek, hogy a belőlük származó összenyomódást már elhanyagolhatjuk. *Jáky* professzor szerint ez a határmélység, ha az alaptest kisebbik méretét $2b$ -vel, a nagyobbikat $2a$ -val jelöljük:

sávalapnál	$H_0 = 4b$
kőralapnál ($r = 2b$)	$H_0 = 3b$
téglalapalapnál	$H_0 = 4b \left(1 - \frac{b}{2a}\right)$



2.47-17. ábra. Süllyedések számítása

A határmélységben a terhelésből származó feszültség kb. egyenlő a geozstatikai nyomással. Más felfogás szerint az összenyomódó talajréteg alsó szintjét abban a mélységben kell felvenni, amelyben a geozstatikai nyomással csökkentett terhelésből származó talajfeszültség az ugyanabban a mélységben uralkodó geozstatikai nyomás 20%-ával egyenlő.

Az előbbieket szerint a süllyedésszámítást egyszerűbb alapozások esetén a következő módon végezhetjük el: (2.47-17. ábra).

Felvázoljuk az alaptest helyzetét, meghatározzuk az eredeti felszíntől számított t távolságot. Az alaptest tengelyvonalára megszerkesztjük a feszültségeloszlási diagramot, a 2.46-IV. táblázat segítségével. A feszültségszámításnál a terhelés geozstatikai nyomással csökkentett értékéből indulunk ki. A tengelyvonal másik oldalán megszerkesztjük a geozstatikai nyomás diagramját a változó térfogatsúlyok és a talajvíz felhajtóerejének figyelembevételével. Megkeressük azt a mélységet, ahol a terhelésből származó feszültség az ugyanazon mélységben uralkodó geozstatikai nyomás 20%-ára csökken. Ezen mélységig fogjuk összegezni a süllyedéseket. Ezután a feszültségeloszlási diagramot trapézokra osztjuk, vagyis a diagram görbe vonalát simuló egyenesekre bontjuk.

Ilyen módon viszonylag kis vastagságú rétegekre bontottuk az összenyomódó talajtömeget. A trapézok párhuzamos oldalait célszerű úgy felvenni, hogy a természetes réteghatárokkal egybeessen, de ugyanakkor a vastagabb természetes talajréteget jó 2–3 rétege is felbontani.

Ha laboratóriumi kísérlettel már meghatároztuk az egyes természetes talajrétegek összenyomódási modulusát (M_1, M_2, M_3, \dots), ismerjük az egyes trapézok magasságát (h_1, h_2, h_3, \dots) és a trapéz középvonalán lemérhető átlagos feszültséget, akkor az egyes lamellák összenyomódása az ismert képlettel számítható:

$$\Delta h_n = h_n \frac{\sigma_{zn}}{M_n}$$

az építmény teljes süllyedése pedig ezek összege:

$$y = \sum \Delta h$$

Ennél a módszernél vannak pontosabbak is, de tekintettel a süllyedésszámításban rejlő bizonytalanságokra, számunkra ez is kielégítő eredményt ad.

Az alaptest szélességének növekedésekor a feszültségi tartomány mélysége is nő, s ezzel növekszik az összenyomódó földtömeg vastagsága, tehát nagyobb lesz a süllyedés. Ezért a süllyedések csökkentése érdekében célszerű olyan minimális méretű alaptestet tervezni, amekkora a megengedett feszültség figyelembevételével lehetséges.

Az előbbiekből következik a talajcsérés alapozás gondolata. Amikor az alaptest alatt talajcsérést végzünk, megfelelő vastagságban homokot vagy homokos kavicsot építünk be. Ezen a jó teherbíró és alig összenyomódó talajon az alaptest méretét jelentősen csökkenthetjük, ezzel kisebb lesz a feszültségi tartomány mélysége is, és ennek a talajcsere alá nyúló részében már kicsik a feszültségek, és már nem okoznak nagy süllyedést.

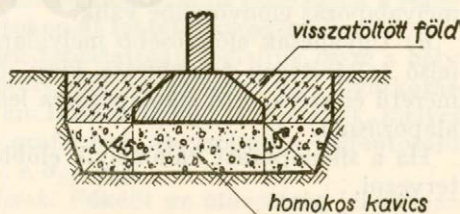
Pl. Ha a sávalap alapozási síkjában $\sigma_m = 1,2 \text{ kp/cm}^2$, a terhelés pedig $p = 2,4 \text{ kp/cm}^2$, akkor a 2.46-IV. táblázat segítségével megkeressük azt a mélységet, melyben a feszültség σ_m -re csökken. Jelen esetben $z/b = 1$ -nél következik ez be, mert itt $\sigma_z = 2,4 \cdot 0,4966 = 1,2 \text{ kp/cm}^2$. Ha a sávalap szélessége $b = 0,8 \text{ m}$, akkor $z/b = 1$ -nél $z = 0,8 \text{ m}$. Ez lesz a helyettesítő rétegvastagság $d_h = 0,8 \text{ m}$. Ha a talajcsere összenyomódási modulusa $E_1 = 500 \text{ kp/cm}^2$, térfogatsúlya $\gamma_1 = 0,002 \text{ kp/cm}^3$, a tervezett talajcsere alatti talaj összenyomódási modulusa pedig $E_2 = 70 \text{ kp/cm}^2$, térfogatsúlya $\gamma_2 = 0,0018 \text{ kp/cm}^3$, akkor a talajcsere szükséges vastagsága:

$$d = \frac{d_h}{\sqrt{\frac{E_1 \cdot \gamma_2}{E_2 \cdot \gamma_1}}} = \frac{80}{\sqrt{\frac{500 \cdot 0,0018}{70 \cdot 0,002}}} = 31,5 \text{ cm}$$

A talajcsere kivitelére vonatkozóan például szolgál a 2.47-18. ábra.

Az egyes építmények különböző mértékben érzékenyek a süllyedésekre, főként az egyenlőtlen süllyedésekre. E problémára vonatkozó tájékoztatást megtalálhatjuk az irodalomban, jól áttekinthető összefoglalásban a Mérnöki Kézikönyv 2. kötetében is.

A jelenleg ismert legjobb feszültségeloszlási elméletekre alapozott süllyedésszámítási módszerek is sok hibaforrást rejtenek magukban. Ilyenek a talajmintavétel tökéletlensége, a laboratóriumi mérések pontatlansága és eltérése a tényleges állapottól, az elméletek hibái az elhanyagolások miatt stb. A tapasztalat azt mutatja, hogy



2.47-18. ábra. Példa a talajcsere kivitelére

a számított süllyedések 40–60%-kal meghaladják a később ténylegesen mért értékeket. Mivel egyrészt jobb módszert nem ismerünk, másrészt tapasztalatainkból ismeretes az elkövetett hiba hozzávetőleges nagysága, azért a gyakorlat általában az itt ismertetett módszert, ill. ennek változatait használja a várható süllyedések meghatározására.

2.477 Az alapozási mód megválasztása

Az erdészeti gyakorlat viszonylag kisméretű és egyszerű építményeinél mindig nyílt alapgödörben végzett síkalapozás tervezésére törekszünk, hacsak valamilyen ok ezt nem teszi lehetetlenné. Ez az alapozási mód a legolcsóbb és legegyszerűbb.

Nem lehet síkalapozást alkalmazni a következő esetekben:

a) A terhelés által a talajban ébresztett feszültség nagyobb a megengedettnél, illetve nincs meg a kellő biztonság, talajcserés alapozásra pedig nincs lehetőség, vagy nem lenne gazdaságos.

b) A várható süllyedések olyan nagyok vagy egyenlőtlenek, hogy az építmény szerkezete nem bírja el (ferdülés, kifordulás, repedések stb.). Az egyenlőtlen süllyedés veszélye különösen ott forog fenn, ahol az alaptest alatt nagyon különböző összenyomódási modulusú rétegek vannak, és ezek különböző terhelést kapnak.

c) Kötött talajban a magas talajvíz nem okoz különösebb nehézséget, mert – az alapgödör egyik sarkában kiemelt gyűjtőből állandóan szivattyúzzuk a vizet – a talajvízszintet az építés idejére lesüllyeszthetjük.

Szemcsés talajban az alapgödört ilyen módon vízteleníteni veszélyes, mert földalatti erózió, ún. buzgárképződés indulhat meg, amikor a vízzel együtt a talajt is kiszivattyúzzuk, a talajban üregek és járatok keletkeznek. Különösen veszélyes a folyós homok ($U < 5$), amely egész tömegében mozgásba jön és folyóssá válik.

A buzgárképződés akkor indul meg, amikor a hidraulikus gradiens 0,7–1,2 értékre emelkedik. Ilyenkor a víz sebessége eléri, illetve túlhaladja a vízáteresztőképességi együtthatót.

Ha a talaj függőleges rézsúvél nem áll meg a kívánt mélységig, akkor szádfalazást készítenek vagy rézsúvén képezzük ki az alapgödört. Buzgárképződésre veszélyes talajban mindig vízzáró szádfalakat kell levetni, mert így a víz útját megnöveljük (2.42-19. ábra) és a hidraulikus gradiens lecsökken a kritikus alá. A szádfalazás szükséges mélysége:

$$t = n \frac{h}{i_{\text{krit}}}$$

$n = 3-4$ biztonsági tényező.

A magas talajvíz okozta vázolt nehézségek szemcsés talajokban a síkalapozást körülményessé, drágává sőt veszélyessé tehetik oly mértékben, hogy a mélyalapozás előnyösebbé válik.

d) Ugyancsak előnyösebb mélyalapozást végezni olyan esetben, amikor a felső talajrétegek teherbírása kicsi, összenyomódása nagy. Ilyenkor olyan méretű és szerkezetű síkalapozásra lehet szükség, mely költségesebb a mélyalapozásnál.

Ha a síkalapozást valamelyik előbbi ok kizárja, akkor mélyalapozást kell tervezni.

2.478 Az alapozási sík felvétele

Mindig fagyhatár alá alapozunk. A fagyhatár Dunántúlon 0,80, Budapesten 1,00, Szeged környékén és a keleti országrészekben 1,20 m.

Általában arra a rétegre alapozunk, melynek elegendő teherbírása van. Ilyenkor meg kell vizsgálni, hogy a mélyebben fekvő rétegekben mekkora feszültség ébred és ezt káros alakváltozás nélkül elbírák-e. Vékony (0,3–0,4 m) rétegek teherbírására nem szabad számítani.

Mélyebben fekvő alapsíkok a törőterhelés képlete alapján jobban megterhelhetők és a süllyedés is kisebb.

Szemcsés talajoknál a már részletezett okok miatt lehetőleg nem megyünk a talajvízszint alá. Ha erre mégis szükség van, akkor szádfalazunk. Kötött talajoknál sem célszerű a talajvíz szintje alá menni, de a víz miatt nincs szükség szádfalazásra.

Megterhelt homokrétéken az erősen ingadozó talajvíz roskadást idézhet elő.

Átázáskor az egyébként teherbíró lösz is roskad, ezért kényesebb építmények alapozását szakértő tervezze.

Mélyalapozásokat is teherbíró rétegre állítjuk, de ez lehet nagyobb mélységben és a talajvízszint alatt is.

Hídfóket és pilléreket olyan mélyre kell alapozni, hogy kimosás veszélyének ne legyen kitéve. Erre vonatkozólag a leghelyesebb az illetékes Vízügyi Igazgatóságot megkérdezni.

2.479 Talajmechanikai szakvélemény

Bármilyen célból végzünk is talajmechanikai vizsgálatot (földművek építése, részűállékonyság vizsgálata, alapozások és pályaszerkezetek tervezése), a talajfeltárásból és a begyűjtött talajminták laboratóriumi vizsgálatából levont következtetéseket, a talajfizikai jellemzőkre alapított számításainkat és az építési technológiára vonatkozó ajánlásainkat szakvéleménybe foglaljuk össze.

A talajvizsgálat célja és a szakvélemény terjedelme szerint megkülönböztetünk területismertető, általános és részletes szakvéleményt. A szakvélemény rendszerint a következő fejezeteket tartalmazza:

1. *Adatközlés.* Az építmény legfontosabb beruházási és műszaki adatai. Főként a méretekre és elhelyezésre kell kitérni.

2. *Helyszíni viszonyok.* Az építési hely geológiai és terepviszonyainak ismeretése, hidrológiai adatok, növényzet leírása, éghajlati adatok, meglévő építmények elhelyezkedése.

3. *Előtanulmányok.* Az előző pontban ismertetett viszonyok műszaki értékelése a vizsgálat célja szempontjából.

4. *Talajfeltárás.* A feltárás módja és a feltárások elhelyezése, mélysége.

5. *Talajrétegződés.* A feltárt rétegek leírása. Rendszerint elkészítjük a rétegszelvényt is, amely a talajfeltárási pontokon át fektetett hosszmetset.

6. *Talajfizikai jellemzők.* Vagy csupán táblázatosan foglaljuk össze a helyszínrajzon és a rétegszelvényen feltüntetett feltárási helyekre való hivatkozással, vagy minden feltárási helyről még ún. fúrásszelvényt is rajzolunk, melyen feltüntetjük a mintavételek helyét és grafikusan ábrázoljuk a legfontosabb talajfizikai jellemzőket ($F, P, P_1, w, K_1, e, \sigma_{ny}, \gamma_0$).

7. *Talajvíz viszonyok, hidrológiai adatok.* Főként az átázottság jelentekéséről, a megütött talajvízszintről és a talajvíz esetleges emelkedéséről kell összefoglaló jelentést adni.

8. **Számítások.** Itt azokat a számításokat kell ismertetni, melyeknek alapján a következő pontban javaslatainkat megtegyük. Pl. a törőterhelés és a süllyedés számítása tartozik ide.

9. **Javaslatok.** Itt tömören, már csak utalva az előbbieken ismertetett részletekre, tesszük meg javaslatainkat. Pl. alapozásoknál megadjuk a javasolt alapozási síkot, az azon megengedett talajfeszültséget, vagy ezek helyett valamilyen mélyalapozást javasolunk. Közöljük a várható süllyedést, javaslatokat teszünk az alapgödör kiemelésére, az építési technológiára, és mindazon intézkedésekre vonatkozóan, melyeket talajmechanikai szempontból szükségesnek tartunk. Útépítési talajmechanikai szakvéleményekben feltétlenül meg kell adni a maximális száraz térfogatsúlyt, a földmű különböző részeiben elérendő tömörségi fokot, az építési technológiát mind a földmunkára, mind a talajból készülő szerkezetekre – pl. stabilizációkra – vonatkozóan, a rézsűhajláshoz tartozó magasságot vagy megfordítva stb. Általában e pont tartalmának jellegét és részletességét mindig a szakvéleménykészítés célja határozza meg, és mindig annyi tájékoztatást kell tartalmaznia, hogy az építmény tervezése biztonságos, kivitelezése pedig gazdaságos lehessen.

2.5 Útépítési anyagok

2.51 Alapfogalmak

Az utak építménye a föld felszínét alkotó kőzetekből áll. Kisebb mennyiségben beépítünk cementet, meszet, fát és vasat, valamint újabban mindig növekvő arányban szénhidrogén tartalmú kötőanyagokat (bitument és kátrányt).

Kőzetekből áll maga a földmű, a pályaszerkezet jó része és nem kis mértékben a műtárgyak szerkezete. Az építési költségek csökkentésére irányuló erőfeszítések között első helyen áll az építési anyagok termelési, szállítási és felkészítési költségeinek mérséklése. A költségek jelentős részét a szállítási energia teszi ki, ezért arra kell törekedni, hogy a kőzeteket, mint kisértékű, nagy súlyú anyagokat, lehetőleg az építési hely közelében nyerjük.

A földművek anyagánál ez az elv magától értetődően talál megoldást, a pályaszerkezet és a műtárgyak anyagánál és sok esetben a földmű állékonyságának növelésére szükséges ágyazati anyagoknál, fagyveszélyes talajok esetén a talajcsere anyagánál nem mindig vihető keresztül.

A tervezést a helyszínen vagy annak közelében található anyagokra való tekintettel végezzük, illetve a tervezés során végezzünk felderítést a helyszínen, illetve közelben található anyagok, az ún. helyi anyagok beszerzését, termelését illetőleg. Egy megfelelő helyen nyitott helyi anyagnyerőhely gyakran eldönti az építmény gazdaságosságát is.

2.52 Kőnemű útépítési anyagok

2.521 Kőnemű anyagok választékai

A kőnemű anyagok közül a homokot, kavicsot és a különböző szemmagyságú terméskövet használjuk fel útépítési célokra.

a) Homoknak nevezzük azt az ásványi vagy kőzetszemekből álló laza kőzetet, melynek szemcséi között a 2–0,01 mm átmérőjűek vannak túlsúlyban. A homok iszaptartalma 2% alatt maradjon és szerves anyagot (humuszt, falevelet stb.) ne tartalmazzon. A természetes homokok osztályozására vonatkozó előírásokat a 2.52-I. táblázatban találhatjuk.

2.52-I. táblázat. Természetes településű homokos kavics és származékai

Fajta	Elnevezés*	Jel	Szem-nagyság mm	Megjegyzés
Alapanyag	Osztályozatlan homokos kavics	HK	0 – n**	
Rostált áruk	finom homok	H 0/1	0 – 1	
	finom homok	H 0/2,5	0 – 2,5	
	finom hintőhomok	H 1/2,5	1 – 2,5	
	durva hintőhomok	H 2,5/5	2,5 – 5	
	rostált homokos kavics	HK 0/20	0 – 20	
		KH 0/40	0 – 40	
		HK 0/70	0 – 70	
	homok	H 0/5	0 – 5	
	középszemű betonkavics	BK 5/15	5 – 15	
durva betonkavics	BK 15/30	15 – 30		
nagyszemű betonkavics	BK 30/70	30 – 70		
gyöngykavics, tetőfedési célra	KT 2/6	2 – 6		Mosott áru***

* Az elnevezések nem azonosak a talajmechanikában használtakkal.

** Legnagyobb értéke 150 mm

*** A 3 mm-nél kisebb szemek mennyisége legfeljebb 5 súlyszázalék

b) A 2–20 mm átmérőjű, legömbölyödött vagy korong alakú törmelékelt kavicsnak nevezzük. A kavics kialakulása a patakok és folyók szállító munkájának hatására ment végbe. Annál finomabb a kavics, minél hosszabb utat tett meg. A kisebb szemű kavicsot murvának nevezzük. Megkülönböztetünk folyami és a geológiai korok folyamán lerakódott ún. bányakavicsot.

A kavics szemnagyság szerinti osztályozását a 2.52-I. táblázat mutatja be.

A természetes lelőhelyén a kavics iszap- és agyagtartalmú. A bányakavics iszaptartalma nagyobb (3–16%), a folyami kavicsé kisebb (3–6%), ezért betonozáshoz a folyami kavics alkalmasabb, míg a bányakavicsot felhasználás előtt mosással meg kell tisztítani. Az útburkolatok építésénél az agyag- és iszaptartalom nem kedvezőtlen.

c) A kitermelés során különböző darabokra aprított terméskőnek az erdei útépitésnél használatos választékai a következők:

Vízépítési terméskő: Kisebb (3–25 kg), közepes (25–100 kg) és nagyobb (100–150 kg) darabokban, *TA*, *TB* és *TC* jelöléssel kerül forgalomba.

2.52-II. táblázat. Egyszer tört és osztályozott zúzottkő és zúzalék

Jele és elnevezése	A zúzottkő	Kisebb		Nagyobb	1 mm nyílású szítán áteső	Az a rostanyítás, amelyen az egész anyagnak maradék nélkül át kell esnie
		nyílású rostán				
		áteső	visszamaradó			
		mennyiség felső határértéke (súlyszázalék)				
mm						
Z 65/100	65–100	15	10		2	120
Z 45/65	45–65	20	10		2	80
Z 26/45	26–45	20	10		4	60
Z 15/26	15–26	25	10		5	40
Z 5/15	5–15	30	10		10	25
Z 0/5	0–5	–	10		50	10

2.52-III. táblázat. Többször tört és osztályozott zúzottkő és zúzalék

A zúzottkő		Kisebb	Nagyobb	1 mm nyílású szitán áteső	A 0,02 mm-nél kisebb részek (F) mennyiségének határértéke (súlyszázalék)
jele és elnevezése	névleges szem-nagysága mm	nyílású rostán			
		áteső	visszamaradó		
		mennyiség felső határértéke (súlyszázalék)			
NZ 0/2	0–2	0		70	6
NZ 0/5	0–5			40	4
NZ 2/5	2–5	15	5	15	3
NZ 5/8	5–8			10	
NZ 8/12	8–12			8	
NZ 12/20	12–20	10		5	1,5
NZ 20/40	20–40			4	
NZ 40/65	40–65			3	

2.52-IV. táblázat. Útburkolókövek szilárdsági követelményei

Kőanyag neve	Ha az út forgalma		
	kicsi	közepes	nehéz
	a nyomószilárdság kp/cm ²		
Mészkö	500	800	1200
Andezit, gránit, homokkő, riolit	800	1200	1500
Bazalt	1500	2500	3000

Rézsűburkoló terméskő (TR jelzéssel) 28–30 cm sík lappal rendelkező lapos terméskő.

Forgácskő (TF jelzéssel): a termelésnél jelentkezett hulladék, 3 cm legkisebb és 20 cm legnagyobb élhosszal.

Útalapkő (TU jelzéssel): 3–30 kg súlyú terméskő.

Zúzni való terméskő (TZ jelzéssel): a termelés vagy felhasználás helyén további felaprításra kerülő 3–35 kg súlyú darabokból álló kő.

A zúzni való terméskőből nyert zúzott kövek és zúzalékok választékait a 2.52-II. és III. táblázat foglalja össze.

A kőnemű választékok jelölésére – mint az a 2.52-I. és II., III. táblázatokból kivehető, a választék-csoportnak megfelelő betűjel után a névleges szemcseátmérő-határoknak megfelelő tört számot használunk.

Az útépités céljaira felhasznált kövek fagy- és nedvességállóak legyenek. Szilárdsági követelményekre a 2.52-IV. táblázat adatai nyújtanak tájékoztatást.

2.522 Kőzetek kitermelésével kapcsolatos általános tudnivalók

Az erdőgazdasági útépités helyi anyagnyerő helyeit – kő-, kavics-, homok- és murvabányáit – kellő gonddal, a biztonsági szempontok szem előtt tartásával kell feltárni.

Gondoskodnunk kell az anyagnyerő helynek az erdőgazdasági úthálózatba való bekapcsolásáról, a szállító járművek részére megfelelő forduló kialakításáról.

Anyag megnevezése	Legnagyobb szintmagasság $M[m]$	Legnagyobb dőlésszög α fok	Lefedőszint szélessége $Sz[m]$
Szilárd kőzet	30	70°	4,0 < $Sz = 0,5 H$
Kavics	6	60°	1,0 < $Sz = 0,5 H$
Homok	4	45°	1,0 < $Sz = 0,5 H$

Az anyagnyerőhelyek feltárása a *fedőtalajréteg* és az elmállott vagy használatlan anyag eltávolításával kezdődik. Ezt a munkát a termelés előrehaladásának megfelelően folytatjuk.

A fedőréteget úgy kell eltávolítani, hogy a fejtési felület és a fedőréteg között megfelelő szélességű szint maradjon szabadon. Ennek a szintnek, az ún. lefedőszintnek szélessége a fedőréteg vastagságának a fele, de a legkevesebb 4 m.

Az anyagnyerőhelyek széleit szegesdróttal kerítéssel kell biztosítani az emberek, állatok belezuhanása ellen.

Biztosítani kell a bánya víztelenítését és erre a célra árokrendszert kell kialakítani. A munka megkezdése előtt a bányaaljakat, főleg ahol munkások közlekednek, meg kell vizsgálni és az omlásra hajlamos, a tavaszi fagytól meglazult tömegeket el kell távolítani. Az anyag alávájását el kell tiltani és a dolgozókat a baleset elleni védekezésre kioktatni, feltűnő helyre kiakasztott táblákon óvatosságra figyelmeztetni.

Az anyagok fejtése közben sokszor akadnak meddőre. *Meddőnek* nevezzük azokat a kőzetrészeket (földet is), amelyek a fejtésre előirányzott hasznos kőzettel együtt fordulnak elő. Ezt, az illető anyag szempontjából értéktelen anyagot ki kell termelni és eltávolítani. A bánya telepítésekor a meddő tárolási helyét is ki kell választani.

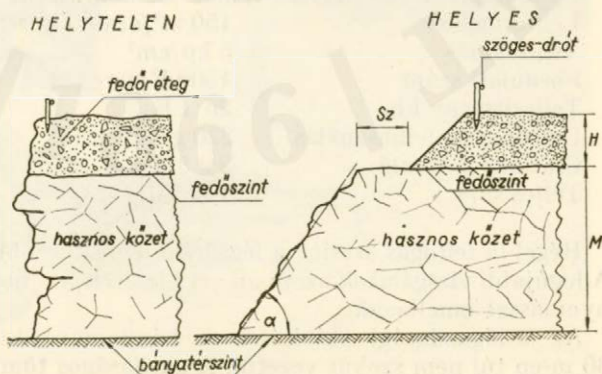
Gyakran a fedőréteg vastagsága határozza meg a feltárás lehetőségeit. Túl vastag fedőréteg a hasznos kőzet feltárásának gazdaságosságát veszélyezteti. A fedőréteg elhelyezését a meddőhöz hasonlóan meg kell tervezni. Mind a fedő, mind a meddő réteget úgy kell elhelyezni, hogy az természetes rézsűjével tudjon elhelyezkedni.

Legjobb, ha az anyagnyerő hely nem közvetlenül az út mellett van, hanem arról rövid bekötéssel közelíthető meg. Így üzeme az út forgalmát nem zavarja.

A bányaudvar szintjét *térszintnek* nevezzük. A bánya fejtési szélessége az ún. *frontszélesség*. A szükséges frontszélességet a kitermelésre tervezett anyag mennyisége szabja meg.

Ha a kőzet-előfordulás keskeny és inkább magasabb, a kívánt frontszélességet több szintben kell kialakítani. A legfelső szint a már említett lefedőszint, melyre egyszintű bányaművelés esetén is szükség van.

A szintek magasságát és a homlok maximális dőlésszögét a termelt anyag szabja meg. A szintek szélessége legalább a



2.52-1. ábra. A bányaszintek kialakítása

felette álló bányafal 1/3–1/2-e legyen, de 4 m-nél semmi esetre ne legyen kisebb. A szintek legnagyobb magasságát és a homlok legnagyobb dőlésszögét a 2.52-V. táblázatban adjuk meg.

Az egyszerű művelés a leggazdaságosabb, és baleset szempontjából is kedvező, sajnos azonban, különösen hegyi terepeinken, nehezen alakítható ki.

2.523 Szilárd kőzetek kitermelése

Szilárd kőzetek fejtését már a XVII. század második fele óta robbantással végzik. A robbanóanyag elhelyezésére a kőzetbe lyukat szokás fúrni. A fúrás régebben kézi, manapság – kisebb kivételektől eltekintve – gépi erővel történik.

Kézi fúrás. Rendszerint két, esetleg három munkás végzi. Az egyik munkás a fúrót a kőzetre rátartja, míg a másik 3–4 kg súlyú kalapáccsal ráver. Minden ütés után a fúrót a munkás 15–20 fokkal elfordítja. A kézi ütő-fúrás energiafelhasználása akkor a legkedvezőbb, ha a fúró és a kalapács is egyaránt rugalmas és közel azonos súlyú.

A fúró acélból készült, kör-, hat- vagy nyolcszög szelvényű, 20–26 mm átmérőjű rúd. A rúd vége vésőszerűen van kiképezve. A fúró éle 20–50 m lyukmélység után elkopik és élezni kell. A folyamatos munka végett több fúróra és élező-berendezésre van szükség.

A fúrólyuk alján összegyűlő kőport kaparó-kanállal emelik ki. Egy méter fúrólyuk előállításához 30 perc szükséges. A kézzel fúrt lyuk legnagyobb mélysége 3–4 m lehet.

Gépi fúrás. A gépi fúrás legtöbbször préslégszerszámmal (pneumatikus), nálunk ritkábban motoros vagy villamos fúróval történik (Svéd Pionjär: 30 kg súlyú; osztrák Cobra: 24 kg súlyú motoros fúró). A préslégszerszámok részére szükséges sűrített levegőt Diesel-motoros légsűrítők (kompresszorok) szolgáltatják.

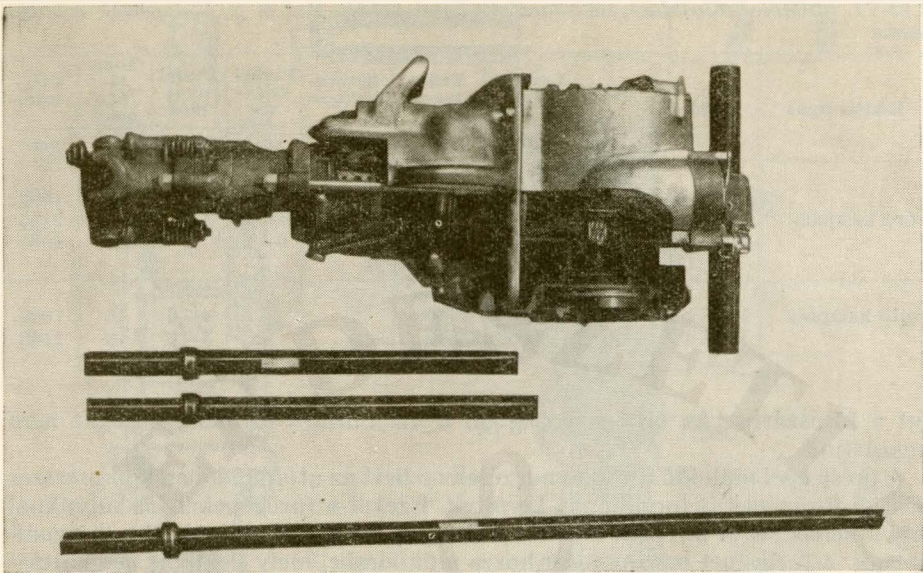
Az erdőgazdaságnál, ahol a bányamunkákon felül tuskó robbantásra, az utak keskeny földműveinél előrobbantásra is szükség van, a kisebb – egy-két kalapácsot működtető – légsűrítők (kompresszorok) jönnek számításba. Mivel gyakran egy időben több kisebb munkahely előfúrását kell ellátniok, fordulékonyaknak, könnyen szállíthatóknak kell lenniök. Az 1,5 Mp összsúlyú kompresszorokon felüli gépek már nehézkesek. Jól bevált az Unimog vontatóra szerelhető könnyű légsűrítő.

Az erdőgazdaságokban jelenleg használt típus:

Gyártmány neve:	DIKO (Német Demokratikus Köztársaság)
Légtermelés:	150 m ³ /óra ±7% eltéréssel
Végnyomás	6 kp/cm ²
Fordulati szám	1500 F/perc
Teljesítmény kb.	26 LE
Üzemanyag felhasználás	220 g/LE/óra
Csatlakozó tömlő	2 × 3/4 coll
Teljes súly	1,25 Mp

Régebbi felfogás szerint a légsűrítő legkedvezőbb üzemi nyomása a 4 atm. A legújabb vizsgálatok azonban azt bizonyítják, hogy a teljesítmény az üzemi nyomással emelkedik.

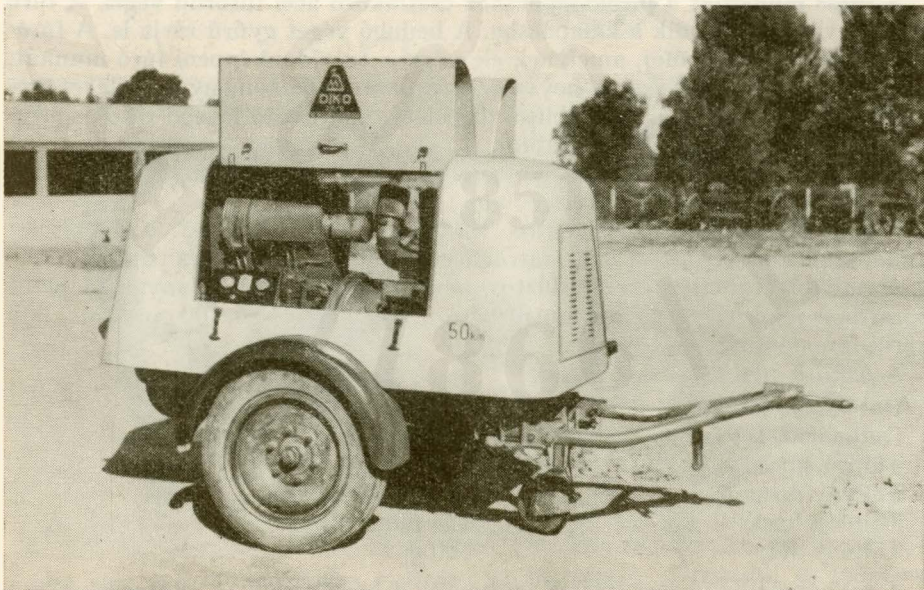
Az erdőgazdasági útépítések és bányamunkák viszonylatában a levegőt 30 m-en túl nem szokás vezetni. A gazdaságos tömlőátmérőre a távolság és a szállítandó légmennyiség függvényében táblázatok vannak.



2.52-2. ábra. Benzinmotoros fúrókalapács (Pionjär)

A fúrás műveletét a *fúrókalapács* látja el. A fúrókalapácsok üzemi adatait a 2.52-VI. táblázat mutatja be. A táblázat adatai a hazai gyártmányú fúrókalapácsokra vonatkoznak. A fúrókalapács dugattyúja ráüt a fúrórúd végére és visszamenetben a rudat el is forgatja (2.52-4. ábra).

A furat öblítése, azaz a fúróliszt eltávolítása levegővel vagy öblítő vízzel történhet. A légöblítésnél a kalapács álló helyzetében is ki lehet fúvatni – teljes légnyomással -- a port, míg a vízöblítésnél a vízcső megfelelő furaton át



2.52-3. ábra. Dikó kompresszor

Eszköz típus	Jel	Súly	Levegő-fogy.	Teljes hossz	Eszköz-befogás	Fúrás-mély-ség	Üzemi nyomás	Tömlő-átmérő	Ütés-szám
		kg	l/perc	mm	mm	m	atm	mm	perc
Fúró kalapács	MKF 16	18	1500	575	22/83	4	6	16	1960
	MKF 22	23	1560	540	22/83	4-7	6	19	2150
	MKF 26	27,5	2100	615	26/108	6-8	6	19	1960
Fejtő kalapács	MFK 6 A	6	750	310	—	—	4-6	16	1680
	MFK 9 A	10	800	540	—	—	5-6	16	1100

jut a fúrószárba. Az erdőgazdaságban a vízöblítéses fúrókalapácsokat nem használjuk.

A présléggel működő fúróberendezések mellett az utóbbi időben kompresszor nélküli fúrógépek is forgalomba kerültek. Ezeket a fúrógépeket kis súlyuknál fogva nehéz hegyi terepen, különösen az útépítések munkáinál jól felhasználhatjuk. A fúrógépet benzinmotor hozza működésbe, mely flexibilis meghajtással van a fúróval kapcsolatban. A meghajtó motor súlya alig 60 kg, a kalapácsé pedig 17-20 kg. A pneumatikus fúrás nagy erővesztésével (1/5) szemben itt alig lép fel teljesítménycsökkenés. A benzinmotor szükséges teljesítménye 3,5-5 LE.

A fúrókalapácsok mellett meg kell emlékezni a puha kőzet fejtésére használt ún. fejtőkalapácsról. Ezeknél a szerszám forgatására nincs szükség, tehát szerkezetük egyszerűbb. Ezek a lazább kőzet közvetlen - robbantás nélküli - lefejtésére használatosak. Adataikat a 2.52-VI. táblázat tartalmazza.

A fúrókalapácsok teljesítménye a kőzet minősége szerint változik. Szilárd márgában 20-80 cm/perc, mészkőben, dolomitban 15-50 m/perc, homokkövekben 10-30 m/perc, míg eruptív kőzetekben 5-15 m/perc.

A fúrás munkáját a fúrókalapácshoz csatlakozó acél fúrórúd végzi. A fúró bedugó vége illeszkedik a kalapácsba. A bedugó véget gyűrű zárja le. A fúrószár végén van a fúrófej, amelynek éle végzi a tulajdonképpeni fúró munkát. Ezt fúró koronának is szokás nevezni. A fúrókoronába kemény fém éleket szerelnek be. A fúrókoronán az öblítő víz, illetve a kifúvató levegő részére megfelelő nyílások vannak (2.52-5. ábra).

Robbanó anyagok. A robbanó anyagok gyorsan égő vegyületek, melyekből igen kis idő alatt nagy mennyiségű gáz fejlődik.

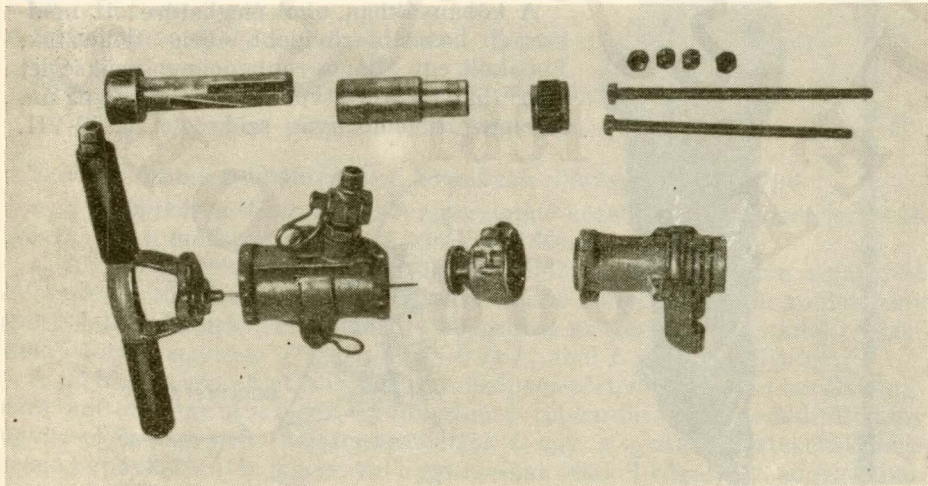
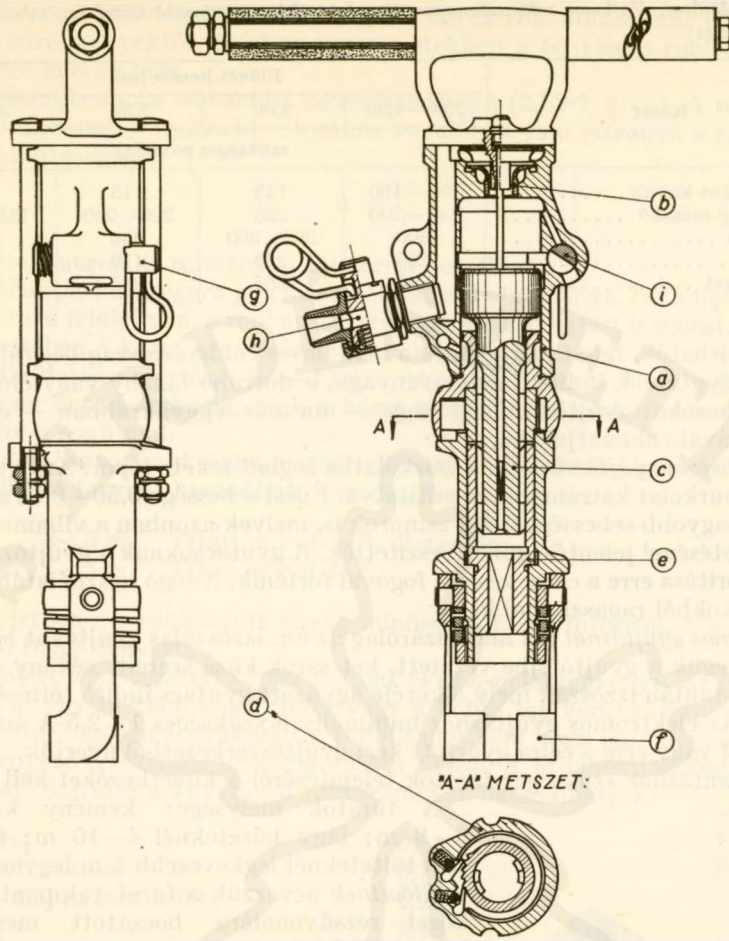
A kőbányászatban használatos robbanóanyag a *paxit-3*. Összetétele: ammonsalétróm, trinitrotoluol, nitroglicerin, faliszt, szénpor és paraffin.

A *paxit-3* közömbös, kezelésbiztos, nem túl heves robbanóanyag. A paxit paraffinos papírba csavart 30 mm átmérőjű, 135 mm hosszú, 100 g-os rudakban kerül forgalomba.

A *paxit-3* adatai a következők:

Robbanási hőfok	2428 C°
Detonációs sebesség	4700 m/sec
Töltési sűrűség	1,08 kg/l
Töltény átmérő	30 mm
Töltény hossz	135 mm
Töltény súly	100 g

A robbanóanyag begyűjtésére gyutacsokat használunk. A gyutacsok olyan robbanóanyagot tartalmaznak, amelyek kis ütés vagy szikra hatására is rob-



2.52-4. ábra. MF 16 fűrókalapács. a) Henger. b) Szeleptányér. c) Dugattyú. d) Kilincsmű. e) Szerszámbefogó hüvely. f) Szerszámtartó rugó. g) Kijárató szelep. h) Tömlőcsatlakozás. i) Kijárató szelep

Kőzet	Elővét hossza [m]			
	1,00–1,50	2,00	2,50	3,00
	szükséges paxit [g]			
Laza homokos kavics	280–190	145	115	80
Vastag réteg mészkő	180–300	225	220–240	135–140
Mész márga	300	290–300	230	135
Dolomit	285	250	170	100
Eruptív kőzet	300	265	215	140

banásra bírhatók, tehát alkalmasak a nem heves robbanóanyag begyűjtésére. Az ilyen gyutacsok indító (iniciáló) anyaga, a durranó higany vagy ólomazid.

A gyutacsokat gyújtózsínórral vagy – ma már leggyakrabban – elektromos szikrával robbantjuk fel.

A közönséges gyújtózsínór juta burkolatba foglalt fekete lőpor. Az egy- vagy kétsoros burkolat kátránnyal van átítatva. Égési sebessége 0,50–0,60 m/perc. Vannak nagyobb sebességgel égő zsinórok is, melyek azonban a villamos gyűjtés bevezetésével jelentőségüket veszítették. A gyutacsoknak a gyújtózsínóra való rászorítása erre a célra készült fogóval történik. A fogó használatához biztonsági okokból ragaszkodni kell.

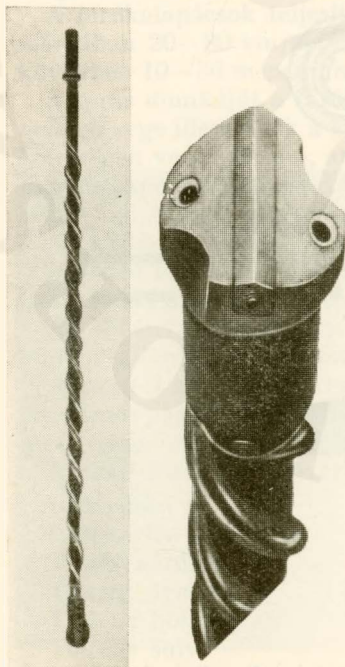
A villamos gyűjtésnél ma már kizárólag az ún. izzószálás gyűjtőket használják. Lényegük a gyújtófejbe vezetett, két sarok közé szerelt, vékony platina vagy konstantán izzószál, mely a köréje ágyazott gyutacs indító töltését meggyújtja. Az elektromos gyűjtéshez minimálisan szükséges 1–2,5 A áramot a hálózatból vagy erre a célra gyártott kézi gyűjtőszerkezetből nyerjük.

A robbantáshoz szükséges furatok telepítéséről a következőket kell tudni:

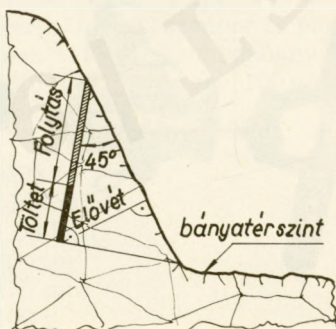
A furatok mélysége: kemény kőzetnél 6–9 m; lágy kőzeteknél 4–10 m; kamrázott töltetekenél legkevesebb 3 m legyen.

Elővétnek nevezzük a furat talppontjától a kőzet rézsűvonalára bocsátott merőleges hosszát (2.52-6. ábra).

A kőbányákban, ahol meghatározott módszerrel hosszabb-rövidebb ideig dolgoztak, kialakult egy átlagos robbanóanyagszükséglet 1 m³ tömör kőzetre vonatkoztatva. Ez az ún. fajlagos robbanóanyag szükséglet (2.52-VII.



2.52-5. ábra. Fúrószerű és fúrókorona (a+b)



2.52-6. ábra. Egyszerű furat telepítése

táblázat). A közetviszonyok azonban az egyes robbantásoknál eltérnek az átlagos körülményektől, ezért az egyes esetekben a tényleges robbanóanyag-szükséglet más és más.

A robbantás során *robbantási tölcser* keletkezik (2.52-7. ábra). A robbantási tölcser sugarának a legkisebb ellenállás vonalához való viszonya a robbantási hatás mutatószáma:

$$n = \frac{r}{l}$$

Ha az $r=l$, normális robbantási tölcserről beszélünk.

A robbantás hatósugara jellemzi a robbantási eredményt. Ha a hatósugaron belül szabad felület van, a robbantási eredmény külső hatást is mutat, melynek következtében a közet egy része kivetődik a felszínre.

A gyakorlatban n értékét 0,5–1,0 között szokás felvenni. Ha $n < 0,75$, kitörési tölcser nem keletkezik, csak a közet meglazul. A gyakorlatban használt legnagyobb $n=3$ -mal.

A robbanóanyag szükséglet megállapítására az elméletileg is igazolható képlet rövidített formáit használjuk, éspedig, ha

$$\begin{aligned} l < 3 \text{ m} & \quad T(\text{kp}) = c \cdot d \cdot k \cdot l^2, \text{ illetve, ha} \\ l > 3 \text{ m} & \quad T(\text{kp}) = c \cdot d \cdot k \cdot l^3 \end{aligned}$$

A képletben c a robbantott anyag minőségétől, d a fojtástól, k a robbanóanyagtól függő tényező.

Az elméletileg levezetett képlet az l -nek és az n -nek függvénye. Az l értékétől függően az egyenletben a négyzetes vagy a köbös tag kerül túlsúlyba, ezért l nagyságától függően a gyakorlat a többi tagot nem veszi számításba.

A c tényező értékeinek megállapítására *Ecsedy S.* erdőmérnök végzett vizsgálatokat. Szerinte a következő tényszámokat használhatjuk:

Laza talaj	0,61
Középkötött talaj	0,75
Kötött talaj és laza szikla	1,20
Szikla	1,56

k tényező Paxit-3-nál = 1.

A fojtási tényezőt d -t a gyakorlatban 1,15 értékkel szoktuk felvenni.

Példa: Szikla robbantásához $l = 1,8$ m esetén mennyi a robbanóanyag szükséglet?

$$T[\text{kp}] = c \cdot d \cdot k \cdot l^3 = 1,56 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1,8^3 = 6,17 \text{ kp}$$

Szilárd kőzetek robbantására a következő eljárásokat használjuk:

a) *Fúrólyukas módszer*, midőn a repesztendő kőzetet a fúrólyukak sűrűn át-szövik. Ezt a módszert alagutak, tárok hajtásánál használják.

b) *Kamrázott módszernek* nevezzük azt, midőn a fúrólyuk alján a nagyobb koncentrált töltet elhelyezésére egy-két kisebb töltettel kamrát robbantunk (pörkölés). A kamra űrtartalma 10–30-szorosa az eredeti fúrólyuknak. A pörkölési töltet nagysága $T[\text{kp}] = (0,3–0,7) L$, ahol L a lyuk mélysége.

A robbantás végrehajtása a következőképpen történik: A töltet felrobbantására indítótöltény szükséges. Gyújtószinóros robbantás esetén az indítótöltény egyik végén a papírburkolatot felbontjuk és egy, a gyutacs mértékének megfelelő kúpos keményfa pálcikával a gyutacsnak fészket készítünk, ahova a gyutacsot behelyezzük, majd a papírburkolatot visszahajtogatjuk. Villamos gyutacsnál a papír kibontása nem szükséges, elegendő, ha a fapálcikával átszűrjük a papírburkolatot és így készítjük el a fészket. Az előkészített töltényeket a

furat talpába fából kihegyezett, vagy rézszeggel ellátott bottal toljuk be. A furatba juttatott töltényeket farúddal tömöríteni kell.

A betöltött töltetre behelyezik az indítótöltényt, amelyre még $1/2-2$ kp robbanóanyag kerül. A betöltött löszert durva szemcséjű homok és kissé nedves agyag 3:1 keverékével lefojtják. A fojtás lezárja a töltetet, hogy a robbanóanyag gázzá való teljes átalakulását elősegítse.

A robbantással kapcsolatos biztonsági intézkedéseket az „Általános Robbantási Biztonsági Szabályzat” (Műszaki Könyvkiadó, 1956) tartalmazza.

A szabályzat előírja, hogy a robbantási munkálatok vezetésével csak bányamérnököt, bányatechnikust vagy a bányarendészeti hatóság engedélyével külön szakvizsgát tett személyt (felelős lőmester) szabad megbízni. A szabályzat intézkedik a robbanóanyagok tárolásáról is.

A robbanóanyagot külön e célra készült raktárban kell tárolni, eredeti gyári csomagolásban.

Megkülönböztetünk fő- és kézraktárakat. A főraktár a kézraktár ellátására szolgál. Ebből közvetlen felhasználásra tilos robbanó anyagot kiadni. A felhasználóhelyeken létesülnek az ún. kézraktárak.

A raktárendegélyezést az illetékes bányarendészeti felügyelőségtől kell kérni.

A raktár külszíni épületektől és műtárgyaktól csak előírt távolságra épülhet. Biztonsági távolság megállapítása szempontjából az épületeket két csoportra oszthatjuk:

I. Rendszeresen lakott épületek, gyárak, közforgalmú vasutak és nagyforgalmú utak.

II. Különálló lakóházak, bányaiüzemi épületek, hajózható vizek, üzemi vasutak és egyéb utak.

Ha a raktárban legfeljebb 500 kp robbanóanyagot tárolnak (mai erdészeti üzeinkben ez az átlagos mennyiség), akkor az I. csoportba tartozó létesítményektől 250 m, a II. csoportba tartozóktól 200 m távolságon túl kell elhelyezni.

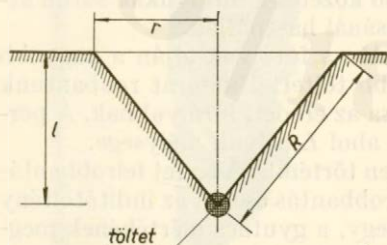
A kőbányák művelése. A kőzetek megszilárdulás közben összehúzódnak és bennük repedések keletkeznek, melyek mentén a kőzetek elválnak. Az elválás a kőzetet különböző alakú részekre tagolja, ezért az elválást a részek alakja szerint jelöljük meg. Így beszélhetünk pados, lemezes, oszlopos, kockás, sőt gömbös elválásról is.

Az elválás a kőbányák művelése szempontjából fontos jelenség, mivel a fejtést megkönnyíti. Legjobb, ha az egyik elválási sík párhuzamos a fejtés falával. Ha az elválási síkok kis távolságra vannak egymástól, a kőzet könnyen szét-esik és nagyobb tömbök nem fejtethők. Az elválási sík mentén a csapadékvíz behatol a kőzetbe és így a málás folyamatát elősegíti.

A bányanyitásnál először el kell dönteni, hogy egy vagy két szintben kívánjuk végrehajtani. A szintek számát a megengedhető bányafalmagasság szabja meg. Laza, réteges kőzetben csak akkora bányafalat tervezünk, ahol a leomlás veszélye nem fenyeget.

Kétféle fejtési módszert ismerünk. Az egyik a teljes homlokkal fejtő rendszer, amikor egy szintnek megfelelő bányahomlokot teljes egészében (25–30 m magasan) lerobbantunk (2.52-8. ábra), a másik a tagolt homlokkal fejtő rendszer. Kisebb bányáinkban ez utóbbit szokás használni.

A tagolt homlokkal való fejtési rendszer a kőzet elhelyezkedéséhez jobban igazodik és vele a kőzetrepedéseket, a réteg dőlését



l = legkisebb ellenállás vonala = az elővettél
 r = a töltés sugara
 R = a robbantás hatósugara

jól kihasználhatjuk. A homlok tagolásával a szabad felületek száma nő, így csökken a fajlagos robbanóanyag-fogyasztás. A kőzetvonulat dőlési iránya szerint megkülönböztetünk lapos, meredek és középmeredek fejtési rendszert.

A fúrás irányának megválasztására általános szabály, hogy az

a válólapok irányával 90° vagy ennél tompább szöget zárjon be. Ha több elválási sík van, ez a szabály a legjellegzetesebb elválási síkra vonatkozzék.

A tagolt homlokkal való fejtés rendszerei a következők:

a) Lapos dőlésű kőzetek fejtési rendszere. Ezt akkor alkalmazzuk, ha az elválási lapok dőlése közel áll a vízszinteshez. A fúrólukákat közel függőlegesen, a bányafaltól 4–5 m-re, egymástól pedig 1,5–2 m távolságra helyezzük. A lerobbantott réteg szélessége ne legyen nagyobb, mint a fúróluk mélységének $2/3$ – $3/4$ része (2.52-9. ábra).

b) Középmeredek dőlésű kőzetek fejtési rendszere. Ezeknek dőlése 45° körül van. Ezeknek lerobbantásánál nem függőleges, hanem vízszintes tagolást szokás követni és azt a kőzetet egyik szélétől a másikig „lehámozzák”. A lyukakat a homlokkal párhuzamosan oldalirányból telepítik (2.52-10. ábra).

c) Meredek dőlésű kőzetek fejtési rendszere. A lyukakat ilyen kőzeteknél vízszintesen, illetve kissé ferdén felfelé kell telepíteni (2.52-11. ábra).

A lerobbantás után következik a terméskő feldolgozása. A lerobbantott darabokat bunkózással kisebb darabokra repesztik és választékok szerint rakásolják.

A terméskő fejtésénél általában 1,37-es lazulással kell számolni, ami azt jelenti, hogy 1 m^3 tömör kőzetnek $1,37 \text{ m}^3$ prizmázott terméskő felel meg.

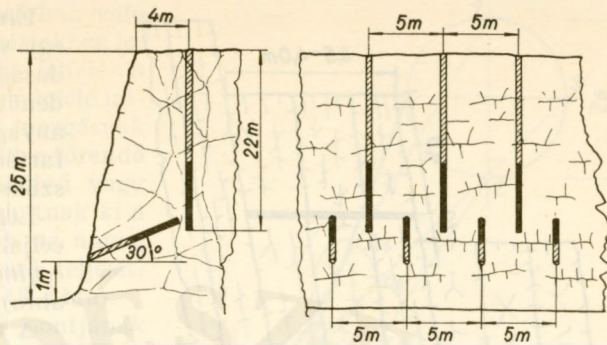
A zúzni való terméskövet (TZ) céljainknak megfelelő nagyságra kell aprítani. Az aprítást (zúzást) a bányában szokás elvégezni.

Az aprítás történhet kézi vagy gépi erővel egyaránt.

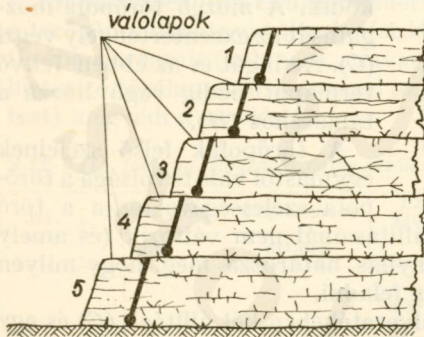
Kézi erővel a zúzást ott végezzük, ahol az anyag kis mennyisége miatt a gépi zúzás nem gazdaságos. Így különösen a kisebb földmunkákból kikerülő vándorkövek, a patakmederből itt-ott kikerülő kövek zúzásához.

A kézi zúzás $1/2 \text{ kg}$ -os, hosszúnyelű zúzókalapáccsal történik. A munkát végző dolgozó részére védőszemüvegről kell gondoskodni. Egy dolgozó napi teljesítménye $0,7$ – $1,0 \text{ űm}^3$ zúzottkő.

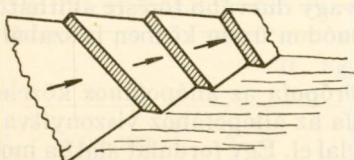
Útépítéseknél és megnyitott kőbányáinkban a kőzúzást ma már mindenütt gépi erővel végzik.



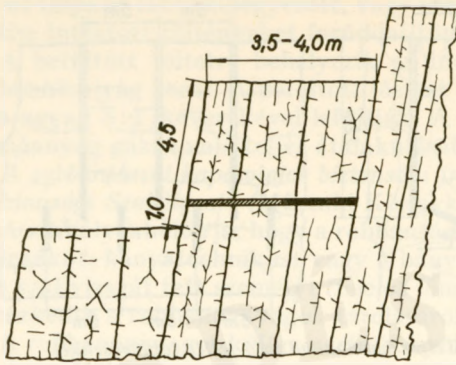
2.52-8. ábra. Teljes homlokkal való fejtés láblövésekkel



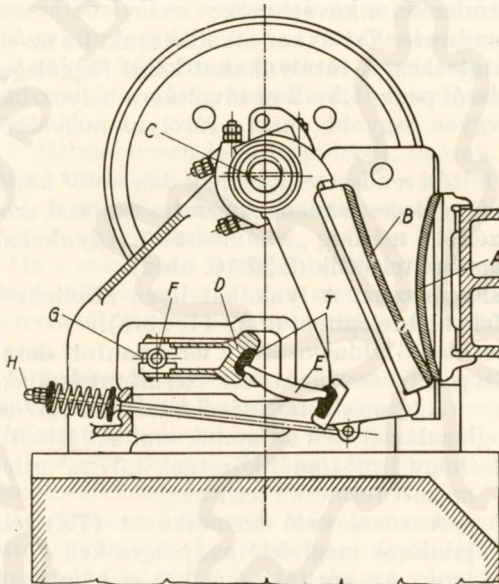
2.52-9. ábra. Padok robbantási sorrendje lapos dőlésű kőzet fejtésénél



2.52-10. ábra. Középmeredek kőzet fejtése és a fúrólukák telepítése



2.52-11. ábra. Meredek dőlésű kőzet fejtése és a járólýukak telepítése



2.52-12. ábra. Eggingás pofás kőtörő

Erdőgazdaságokon belül elég egy vándorkőtörő, mely a gazdaság bányáit végigjárva mindenütt megtöri az előkészített anyagot. Ez a gazdaság fenntartási és kisebb építési anyag-szükségletét el tudja látni.

Leggyakrabban használt és céljainknak legmegfelelőbb az *eggingás pofás kőtörő* (2.52-12. ábra).

A törés a két bordázott pofa között történik, melyek egymáshoz hegyesszögben hajlanak, a kifolyónyílás felé szűkülő keresztmetszettel. A géptestbe beépített fix (A) – álló – pofához a másik, mozgó pofa (B) felváltva közeledik, illetve távolodik, miközben a pofák között levő anyag összeroppan.

Az álló törőpofa az acélöntésű törőágyban ék alakú oldalvédelemekkel van rögzítve. A mozgó-pofát az ingafejben alkalmazott trapéz alakú leszorítóék rögzíti és ez az ingával együtt mozog. Az inga alsó része a törőlap (E) közvetítésével a törőágy oldalfalaiban egyenesben vezetett támaszra támaszkodik. A mozgó törőpofa mozgását az excentertengely végzi (C). Az ingát és az ebben fekvő törőlapot pedig rugó húzza a támaszhoz (H).

A törőpofák felső széleinek egymástól való távolsága a törőpofa szélességével adja a törő

szájnyílását, amely a gép különböző beállításainál nem változik (és amely IV-es kőtörőnél 400×250 mm). A törőnyílás határozza meg, hogy milyen maximális méretű darabokat lehet zúzásra feladni.

Az acélöntvényű támasz a törőház oldalvezetékében két állítóék (G) és egy közös csavarorsó (F) segítségével bizonyos határok között állítható. A támasz előretolásával – a biztonsági törőlap közvetítésével – az ingán levő törőpofa alsó éle az állópofához közeledik, hátrátolásával pedig attól távolodik úgy, hogy ily módon az alsó szájnyílás finomabb vagy durvább törésre állítható be. Az alsó szájnyílás – vagy kiömlőrés – ily módon üzem közben is szabályozható.

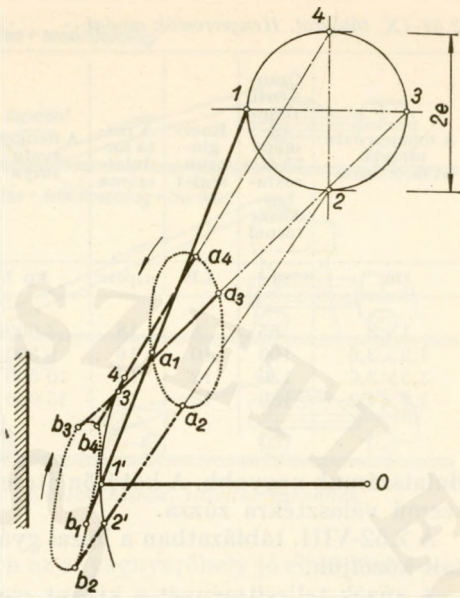
A tengely egy fordulata alatt a mozgó törőpofa az állópofához közeledik, majd ismét távolodik, miközben a mozgó pofa az állópofához viszonyítva egy legközelebbi és egy legtávolabbi helyzetet foglal el. Egy fordulat alatt a mozgó pofa legfelső pontja rövidebb utat tesz meg, mint a pofa legalsó pontja. Továbbá az inga – s vele együtt a mozgó pofa – nem tisztán lengő mozgást

végez, hanem az álló pofához való közeledésekor bizonyos mértékben lefelé, távolodásakor pedig felfelé is elmozdul. Az így kialakuló lefelé irányított elliptikus pályájú mozgásnak több előnye van: biztosabb a törendő anyag behúzása – gömbölyű vagy síkos darabok nem csúszhatnak ki a pofák közül –, gyorsabb az anyag lefelé haladása, tehát a törő teljesítménye is nagyobb (2.52-13. ábra).

A mozgó törőpofa alsó pontjának pályahosszát nyitásnak nevezzük. A mozgó pofa elmozdulásának nagysága – a löket – is szabályozható. E szabályozás az üstök (T) átfordításával történik. Mind az ingában, mind a támaszban cserélhető acélüstök vannak beszerelve excentrikus vájatokkal. Ezekben a vájatokban fekszik a biztonsági törőlap (E), feszítőlemez. Az üstök átfordításával a vájatok helyzete s ezzel a biztonsági törőlap ferdesége megváltozik. Minél ferdebb a biztonsági törőlap helyzete, annál nagyobb az inga lökete. Négyféle beállítás és így négyféle löketnagyság lehetséges.

Minél kisebb a löket, annál kevésbé van a törőgép igénybevéve, és annál egyenletesebb a termék. Nagyobb löketnél nő a teljesítmény, de nagyobb az erőszükséglet és egyenletlenebb a töröt. Minél ridegebb a kőzet, annál kisebb elmozdulás (löket) elegendő a törés keresztülvitelére. A törőt általában a legkisebb löketre beállítva szereljük össze, csak lágyabb, nehezen törő anyagnál szükséges a löketet nagyobbra állítani.

Előírásos beállítás és üzemmenet mellett is megvan a lehetősége annak, hogy a törőgép pillanatnyi túlterhelést kapjon. Bekövetkezhet ez pl. azáltal, hogy a törőbe vasdarab (kalapács, csavar) kerül. Ilyen esetben az ingát kitámasztó biztosító törőlap eltörik és ezzel az értékesebb géprészeket (inga, tengely, géptest) megvédi a sérüléstől.



2.52-13. ábra. Egyingás pofás kőtörő mozgása

2.52-VIII. táblázat. Egyingás pofás zúzó és granulátorok adatai

Jel- zés	Garatnyílás	Teljesítmény	Energia- szükséglet	Fordulat- szám	Összes súly	Legnehezebb géprész súlya
	mm	m ³ /óra	LE	n/perc	kp	kp

I. Egyingás pofás zúzó

II.	250 × 150	1,5 – 2,5	3 – 6	270	700	200
IV.	400 × 250	4 – 6	10 – 14	270	2300	600
VI.	600 × 350	8 – 12	20 – 25	270	5500	2000

II. Egyingás granulátorok

IV.	400 × 100	2 – 3	10 – 14	350 – 400	3000	700
VI.	600 × 120	4 – 6	20 – 25	350 – 400	4500	1500

A hengerrosta mérete át m. × hossz	Óránkénti teljesítmény 75 mm rostályukasztásnál	Energiaszükséglet	A rosta fordulatszám	A hengerrosta súlya
m	m ³	LE	n/perc	kp
1 × 3	65	8	18	4 000
1,2 × 3,6	100	10	16	6 500
1,5 × 3,6	120	12	14	10 500
1,8 × 4,2	180	16	12	15 000

Csakis állandóan teljesen töltött törőtérrel járó törőtől várhatunk maximális teljesítményt.

Az egyingás zúzó forgásiránya nem közömbös. Erre és az előírt fordulati számra a törők felállításánál ügyelni kell.

Mivel a kötörök terhelése a beljük kerülő darabok egyenletesebb szemelosztása esetén kedvezőbb, nagyobb bányauzemeinkben a jobb teljesítmények elérésére finom zúzókat (*granulátorokat*) is szoktunk alkalmazni. Ezek nem mások, mint megfelelően méretezett egyingás kötörök. Lökötük kisebb és fordulatszámuk nagyobb. A kötörön áterezstett zúzottkövet a granulátor apróbb szemű választékra zúzza.

A 2.52-VIII. táblázatban a hazai gyártmányú kötörök és granulátorok adatait közöljük.

A zúzó teljesítményét a kívánt szemnagyság befolyásolja. Ugyanis valamely test megzúzásánál kifejtett aprítási munka a felaprított test felület-szaporodásával arányosan nő. Mivel a hajtóenergia nem növelhető, ha kisebb szemnagyságra zúzunk, a teljesítmény csökken.

Fordítva pedig: ahogy a kiömlőnyílást pl. 40 mm-ről 60 mm-re növeljük, az energiaszükséglet rohamosan csökken. Az energiaszükséglet változása hiperbolikus, így a nagyobb szemnagyságoknál az energiaszükséglet csökkenése már nem olyan rohamos. Ezért, ha finomabb anyag tömeges zúzása szükséges, jobb azt két fokozatban elvégezni. Ilyen esetben második fokozatként alkalmazandók a finomzúzó.

A kézi törésű köveket ferdén felállított rostával osztályozzák, ahol azonban zúzógépet használnak, kívánatos gépi *osztályozóberendezések* beállítása. Ezek az osztályozóberendezések gyakran a közüzőgéppel épültek egybe.

Régebben a legelterjedtebb osztályozóberendezések a hengerrosták voltak. Ezeknek más-más nyílású 1—3 rostamezejük van. Dobjuk enyhén lejt. A kisebb nyílások feljebb találhatók. A dob forgása közben az anyag lefelé ömlik, így a kisebb darabok a nekik megfelelő nyíláson átesnek. A hengerrosták üzemét a forgási sebesség, a hengertengely lejtsszöge, a rostanyílás, az adagolt anyag nedvessége, a hengerátmérő, a hengerhossz és az adagolt anyagban levő túlfolyó anyag mennyisége befolyásolja.

A teljesítmény nő az átmérő, a sebesség, a lejtsszög és a rostanyílás növelésével. A hatáskör nő a henger hosszával, továbbá bizonyos határon túl a lejtsszöggel és a sebességgel. A legkedvezőbb sebességnél az anyag a dobot kb. $\frac{1}{3}$ átmérőig tölti meg. A hengerek szokásos lejtése m-enként régebbi berendezésekben 40—60 mm, újabbakban a 125 mm-t is eléri (maximálisan 250 mm). A henger hossza 3—5 m között változik.

A szokásos hengerrosták adatait a 2.52-IX. táblázat mutatja.

Az utóbbi időben a rezgőrosták vagy vibrátorok kiszorítják a hengerrostákat. Kis súlyuk és nagy teljesítményük folytán a mi szerényebb viszonyaink között is gazdaságos a bevezetésük. Energiaszükségletük csekély. A mi viszonyainknak megfelelő rezgőrosták súlya 550 kp-tól 1050 kp-ig, energiaszükséglete 2—4 LE-ig terjed.

2.524 Nagyobb anyag-nyerőhelyek berendezése

Napi 18—30 m³, vagy ennél több anyag termelése esetén az anyagnyerőhelyek munkáját folyamatosan kell megszervezni. Gondoskodni kell arról, hogy

a) a terhelés lehetőleg karos munka nélkül történjék;

b) az alkalmazott gépek ki legyenek használva;

c) az anyag elszállítására beállított járművek lehetőleg a legkevesebbet várakozzanak.

A karos munka kiküszöbölését részben az anyagnyerőhely jó elhelyezésével, részben megfelelő gépesítéssel érjük el.

A gravitációs anyagmozgatás biztosítására – amennyire a terepadottságok megengedik – az elszállító út szintje a fejtési szintnél alacsonyabban legyen.

Kőbányákban, ahol az elszállítás és a fejtés között más műveleteket is végeznek, ahhoz, hogy az egyes műveletek közötti anyagmozgatás is gravitációs úton történjen, jelentős szintkülönbség szükséges. Homok- és kavicsbányákban kisebbel is megeléghetünk (2—3 m).

Ha a szintkülönbség nem biztosítható, a járművek rakodására három megoldás kínálkozik (szállítószalaggal közvetlen a járműre, szállítószalaggal pufertárolón keresztül és gépi rakodó lapáttal a járműre). A szállítószalagnak a hossza és a szalagnak a vízszintessel bezárt szöge meghatározza az emelési magasságot. A vízszintessel bezárt szög nem tetszőleges. Ennek határt szab, hogy emelésével nő az emelési magasság, így a hajtóenergia-szükséglet, másrészt egy bizonyos szöghatáron felül az anyag visszagördül. Az általunk használt anyagoknál ez a szöghatár:

zúzottkőnél	27°
kavicsnál	27°
földnedves homoknál	29°

Általában 20°-nál nagyobb szöget ne alkalmazzunk, mert ellenkező esetben az anyag oldalt is lehullik.

A hazai szállítószalagok méretei a következők:

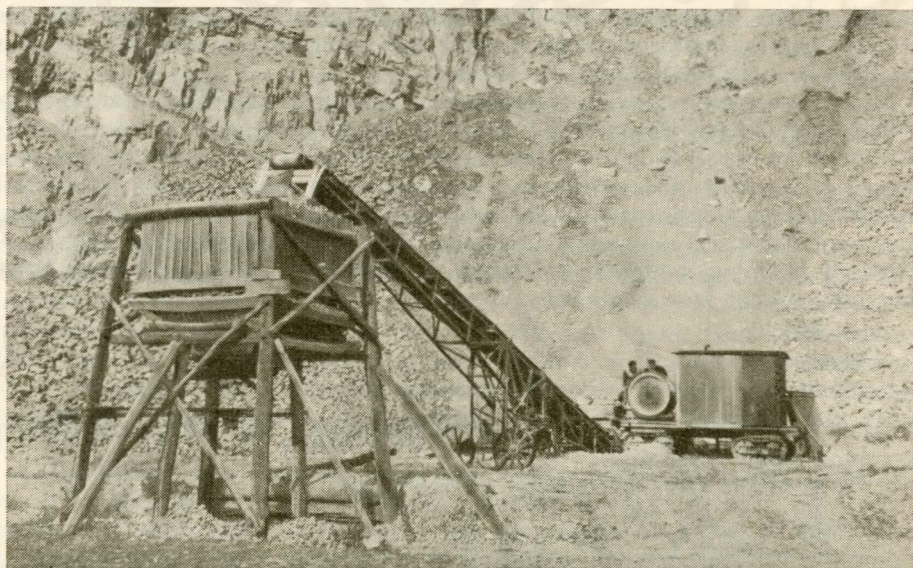
Szalaghossz h	= 8—20 m
Hevederszélesség b	= 0,40—0,50 m
Emelési magasság m	= 4,20—10,00 m
Heveder sebessége v	= 1,50—1,20 m/sec
Szállítási súly q	= 320—3000 kp
Energiaszükséglet N	= 1,5—5,0 LE

A szállítószalag teljesítményét a következő képlettel számíthatjuk ki:

$$M[\text{m}^3/\text{ó}] = 440 \cdot v(0,9b - 0,05)^2$$

Példa: Szállítószalagunk 1,2 m/sec sebességgel mozgó hevedere 0,50 m széles. Mekkora a teljesítménye folytonos ömlesztett anyagból?

$$M[\text{m}^3/\text{ó}] = 440 \cdot 1,2(0,9 \cdot 0,5 - 0,05)^2 = 84,5 \text{ m}^3/\text{ó}$$



2.52-15. ábra. Puffertároló (a+b)

A szállítószalagok kihasználását *puffer tárolókkal* fokozhatjuk. A fából vagy lemezből készült tárolók a járművek rakodási idejét is lecsökkentik, és a szalag folyamatos működését lehetővé teszik (2.52-15. ábra).

Nagyobb homok-, kavicslelőhelyeken a vontatókra szerelhető vagy külön erre a célra készült rakodólapátokat alkalmazhatunk (2.52-14. c) ábra). Előnyük, hogy velük a lazább településű kavicsot, homokot, a vasúti kocsiból ömlesztett zúzottkővet karos munka nélkül terhelhetjük fel.

Gondosan tervezzük meg a bányához való hozzájáró utat és a járművek fordulóhelyét.

Azokban a homok- vagy kavicsbányákban, amelyek a terepnél mélyebben fekszenek vagy lehetővé tesszük a járművek lejárását, vagy szállítószalagot alkalmazunk.

Kőbányák termelésének kialakításánál a természetes esést is jól kihasználhatjuk. Az anyag egy eregetőn át egyenesen a kötőrő törőszájába, onnan az osztályozóba, majd a tárolóba, innen a billenőszekrényes tehergépkocsiba hull. E berendezés kialakításához legkevesebb 7 m szintkülönbség szükséges, az út szintje és a kőfejtés alsó szintje között.

A tároló legkevesebb 10 m³ zúzottkő befogadására legyen méretezve, hogy az egyes szállítóeszközök kiesését vagy kését kiegyenlítsse. Egy II. számú kőtörővel berendezett üzem munkaerő szükséglete egy gépész és két kőfejtő. IV. sz. kőtörőhöz négy kőfejtő kell.

A telep és a kőfejtő egymástól való távolsága 25 m-nél ne legyen nagyobb.

A bányák munkájának megszervezésénél különös gondot fordítunk a biztonságtechnikai előírások betartására. A leomló kőzet, az elővigyázatlan és szabálytalan robbantás gyakran okoz balesetet.

2.53 Szénhidrogéntartalmú kötőanyagok

Ide sorolhatók mindazok az építési anyagok, amelyeknek közös tulajdonsága, hogy szénhidrogén vegyületekből állnak. A bitumenek az ásványolaj lepárlási termékei, a kátrányt pedig a szén száraz desztillációjával nyerjük. A bitumenek és kátrányok közös jellemzője, hogy erősen víztaszítók, közönséges hőmérsékleten nagy kohéziójuk van, a hőmérséklet emelkedésével azonban felágyulnak, viszkozitásuk egyre csökken, végül híg folyósakká válnak, átlaghőmérsékleten más építőanyagokat felületük minőségétől függően – jól összeragasztják. Ennek megfelelően felhasználásuk célja az, hogy más építőanyagokat velük összeragasszunk, a keveréknek kohéziót adjunk vagy megakadályozzuk a víz behatolását.

2.531 Szénhidrogéntartalmú kötőanyagok minőségi vizsgálata

A szénhidrogéntartalmú kötőanyagok minősége erősen függ alapanyaguk (ásványolaj, szén) minőségétől, összetételétől, de ugyanígy a lepárlási technológiától is. Útépítési felhasználásuk viszont csak akkor lehetséges, ha pontosan megfelelnek bizonyos, rendszerint szabványban előírt követelményeknek. Különböző építési célokra, s ezen belül is, a körülményektől függően, más-más minőségű kötőanyagot használunk, melyeket minőségi jellemzőik különítenek el egymástól. A felhasználás természete szerint a jellemzők kisebb vagy nagyobb körét írják elő. A legfontosabb jellemzők ismerete feltétlenül szükséges a kötőanyagok választékainak elkülönítése és lényeges tulajdonságaik ismerete szempontjából.

1. *Sűrűség.* Mérése piknométerrel vagy aerométerrel történik. Minőségi okok miatt szükséges, hogy a bitumen sűrűsége 25 C°-on legalább 1 legyen. A kátrányok sűrűsége nagyobb, mint a bitumené.

2. *Lobbanáspont, gyulladáspont, öngyulladás.* Lobbanáspont az a legkisebb hőmérséklet, amelyen a fokozatosan felmelegített anyagból már annyi gáz távozik, hogy szúróláng hatására ellobban.

A gyulladáspont abban különbözik az előbbtől, hogy az eltávozó gázok szúróláng hatására legalább 5 mp-ig folyamatosan égnek.

Öngyulladásí hőfokon – mely jóval a lobbanáspont felett van – az edényben melegített anyag más külső hatás nélkül a levegő oxigénjének hatására is meggyullad.

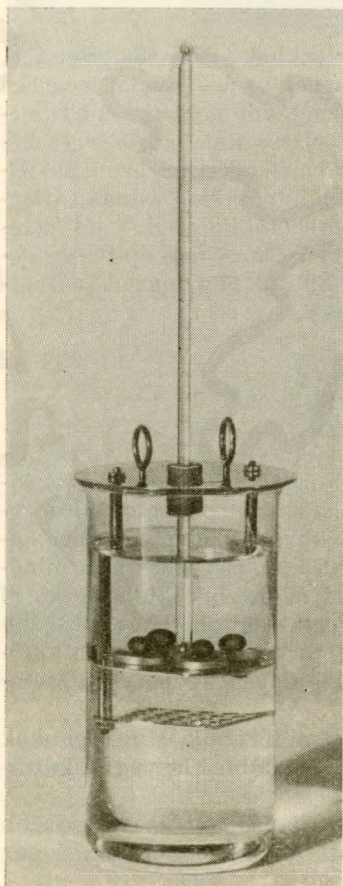
3. *Időértékkel kifejezett viszkozitás.* A viszkozitást mérhetjük a cgs rendszerben (poise, stok) vagy kifejezhetjük egy önkényesen felvett összehasonlítás alapján.

Szabványainkban inkább az időben kifejezett viszkozitás szerepel. Az útikátrány viszkozímeternben a vizsgálandó anyagot tartalmazó 120 cm³-es hengert vízfürdő veszi körül. A kifolyónyílás vagy 4 vagy 10 mm átmérőjű. A vizsgált anyag választott hőmérsékleten meglevő viszkozítására jellemző, hogy ezen a nyíláson 50 ml mennyiség hány másodperc alatt folyik ki.

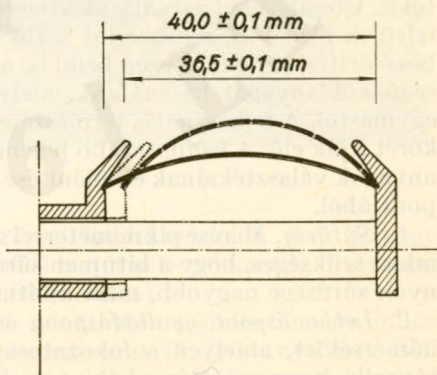
4. *Penetráció.* A viszkozitást kifejezhetjük hossz mértékkel is. Különösen olyan anyagoknál, amelyek olyan nagy viszkozitásúak, hogy már sűrűn folyóknak sem tekinthetők, s ezért más eljárások szóba sem jöhetnek. A penetráció azt az 1/10 mm-ben kifejezett értéket jelenti, amennyire a szabványos méretű tű, 100 g összterhelés hatására, a 25 C° hőmérsékletű anyagba 5 mp alatt besüllyed. A penetráció a legtöbb külföldi államban a szénhidrogéntartalmú kötőanyagok osztályozásának alapjául szolgál.

5. *Duktilitás.* Lényegében ugyancsak a viszkozításra jellemző. A meghatározott alakú és hőmérsékletű próbatestet egyenletes sebességgel nyújtjuk. Azt a hosszúságot, amelynél a nyújtáskor keletkező szál elszakad, az anyag duktilitásának nevezzük. Minél nagyobb az anyag kohéziója, tapadóereje, és homogenitása, annál nagyobb a duktilitása. Nagyon fontos jellemző.

6. *Gyűrűs-golyós lággyuláspont.* A vizsgálandó anyag vízfürdőbe helyezett szabványos méretű fémggyűrűt tölt ki. A közepébe szabványos méretű és súlyú acélgolyót helyezünk, majd fokozatosan növeljük a vízfürdő, s vele együtt a vizsgált anyag hőmérsékletét. Az a hőmérséklet, amelynél a gyűrűbe helyezett anyag annyira fellágyul, hogy a golyó nyomása alatt a gyűrűtől előírt távolságra levő lemezig hajlik le, a gyűrűs-golyós lággyuláspont (2.53-1. ábra). Hazánkban az útbitumenek osztályo-



2.53-1. ábra. Gyűrűs-golyós lággyuláspontmérés



2.53-2. ábra. Töréspont mérése

zása a lágyuláspont alapján történik. Ezen a hőmérsékleten kezdődik meg az anyag tiszta viszkózus folyása.

7. *Töréspont.* A *Fraas*-féle töréspont meghatározásához az e célra szolgáló acélemezre szabványos vastagságú anyagot hordunk fel, majd egyre csökkenő hőmérséklet mellett mindig egy irányban hajtogatjuk a lemezt (2.53-2. ábra). A töréspont az a hőmérséklet, amelynél a felhordott anyag a hajtogatásnál elreped. A törésponton és ez alatt már szilárd anyagként viselkedik a kötőanyag.

8. A *paraffintartalom* lényeges hatást gyakorol a kötőanyag viselkedésére. Pl. a paraffindús bitumennel készített pályaszerkezetek gyűrődnek, hajlamosak az öregedésre és kifáradásra, nagy hidegben ridegek és törékenyek. A magyar szabvány szerint a megengedett paraffintartalom 2–2,5%. A paraffintartalom miatti ridegséget közvetve a duktilitás mérésével is megállapíthatjuk.

A kötőanyagok részletes vizsgálatánál az előbbieken túlmenően még sok más tényezőt is megmérnek. A kötőanyagok felhasználásával kapcsolatos vizsgálatok kitérnek a tapadás vizsgálatára, a kötési idő meghatározására, bitumenemulziónál pedig a fagyállóság vizsgálatára és a tárolási próbára.

2.532 A bitumenek és kátrányok terminológiája

a) *Bitumenek.* Lényegében az ásványolaj frakcionált desztillációjából nyert, de különböző technológiával készített bitumenek közül csak az útépítési célra felhasznált bitumenekkel foglalkozunk.

1. Az *útibitumen* – jele *UB* – osztályozása hazánkban a lágyuláspont alapján történik, de az eszerint osztályozott bitumenekre vonatkozóan a szabvány más minőségi kikötéseket is tesz. Ezek közül legfontosabb a penetrációra, a töréspontra, duktilitásra és paraffintartalomra vonatkozó előírás. – Külföldön az útibitumen osztályozása elsősorban a penetráció alapján történik, de az így elkülönített anyagra megadják a lágyuláspontra, duktilitásra stb. vonatkozó előírásokat is.

Nálunk az útibitumen 6 választékban – *UB-40, UB-45, UB-50, UB-60, UB-65, UB-75* – kerül forgalomba, ahol az egyes választékok jelölése az átlagos lágyuláspontra utal. Közösleges léghőmérsékleten szilárd, törése kagylós, fényes felületű, hullámlemezről vagy falemezről készített hordókban szállítják. A beépítéshez szükséges viszkozitást csak magas hőmérsékleten érik el, ezért beépítésük magas hőmérsékleten történik.

2. A *hígított bitument (HB)* úgy állítják elő, hogy a megfelelő lágyuláspontú bitument valamely, a gázolajhoz közel álló minőségű, lepárlási termékkel hígítják. Osztályozása a 10 mm-es nyílásnál másodpercben mért viszkozitás alapján történik, de a szabvány minőségi előírásokat ad a lobbanáspontra, a lepárlás utáni maradék penetrációjára, lágyuláspontjára, duktilitására és más jellemzőkre is.

A hígított bitumen négy – *HB-0, HB-1, HB-2, HB-3* – növekvő viszkozitású választékban kapható. Közösleges hőmérsékleten mézhez vagy lekvárhoz hasonló, sűrűn folyó anyag. Vasúti tartálykocsikban szállítják (2.53-II. táblázat). Már viszonylag alacsony hőmérsékleten eléri a beépítéshez szükséges viszkozitást, ezért két – az erdészeti útépítésben nagy jelentőségű – módszer alkalmazását teszik lehetővé. Az egyik a permetezési technológia, a másik a betonkeverőben történő aszfaltkeverés.

3. A *bitumen emulzió* kémiai, mechanikai vagy akusztikai (ultrahang) energiával emulzióba vitt bitumen, amely 50% körüli vizet tartalmaz. Az emulgátor szerepe olyan mint a szappané, amely a piszkot viszi emulzióba. Az emulgátor

2.53-I. táblázat. Ásónyolajbitumen útéptései célra (MSZ 3276 – 57)

Jellemzői	Követelmény							A vizsgálati módszer MSZ száma
	UB-40	UB-45	UB-50	UB-60	UB-65	UB-75		
	jelfű bitumen fajta							
Penetráció, 25 C°-on, 0,1 mm-ben	201 – 420	121 – 200	81 – 120	41 – 80	15 – 40	5 – 30	13162	
Lágyuláspont gyűrűs-golyós módszerrel mérve, C°	36 felett 41-ig	41 felett 46-ig	46 felett 52-ig	52 felett 62-ig	62 felett 72-ig	72 felett 80-ig	3253	
Sűrűség, 25 C°-on legalább	1,0							3259
Töréspont, C°	-20 alatt	-15 alatt	-10 alatt	-2 alatt	0 alatt	+3 alatt	13163	
Vizben oldható rész, % legfeljebb	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	19982	
Vizben oldható lúg v. savtartalom	nem megengedett							19983
Benzolban oldhatatlan rész, hamumentes részre számítva, % legfeljebb	1	1	1	1	1	1	19957	
Hamu % legfeljebb	1	1	1	1	1	1	19956	
Duktilitás	1000	Nincs szab- ványosítva	Nincs szab- ványosítva	Nincs szab- ványosítva	Nincs szab- ványosítva	Nincs szab- ványosítva	13161	
15 C°-on		1000	1000	400	100	30		
25 C°-on		1000	1000	400	100	30		
mm legalább		1000	1000	400	100	30		
Parafinérték, hamumentes bitumenre számított, % legfeljebb	2,5	2,5	2,5	2	2	2	13160	
Súlyváltozás 163 C°-on, 5 óra alatt, 128 cm ² felületű csészében, % legfeljebb	1,5	1	1	1	1	1	13159	
Lágyuláspont emelkedés, C° legfeljebb	A súlyváltozás meghatározása után							
Töréspont C°	10							
	-15 alatt	-10 alatt	-6 alatt	0 alatt	+2 alatt	+5 alatt	3253	
15 C°-on	500	Nincs szab- ványosítva	Nincs szab- ványosítva	Nincs szab- ványosítva	Nincs szab- ványosítva	Nincs szab- ványosítva	13163	
25 C°-on	Nincs szab- ványosítva	500	500	150	50	20	13161	
mm legalább	Nincs szab- ványosítva	500	500	150	50	20		
Penetráció csökkenése a súlyváltozás előtti penetráció %-ában, legfeljebb	60	50	50	40	40	40	13162	

A táblázatban közölt értékek a vizsgálati hibahatárt is magukban foglalják.

2.53-II. táblázat. Hígított bitumen (MSZ 3268 – 58)

Jellemzői	Követelmény				A vizsgálati módszer, ill. annak MSZ száma
	HB-0	HB-1	HB-2	HB-3	
	jelű hígított bitumen				
Külső	egynemű, esomós kiválósktól mentes legyen				19 958
Viszkozitás sec-ben, 30 C°-on, 10 mm nyílással	20 – 40	75 – 150	300 – 500		3 278
Lobbanáspont Marcusson szerint C°-ban legalább	60	60	60		11 743
Víztartalom, % legfeljebb	0,1	0,1	0,1		11 745
Lepárláskor átdesztillált térf. %					
225 C°-ig legfeljebb	4		0		19 958
260 C°-ig	7 felett – 15	3 felett – 8	0 – 4		
315 C°-ig	17 felett – 23	10 felett – 17	5 felett – 10		
360 C°-ig legfeljebb	27	20	15		

Lepárlás után a maradék tulajdonságai:

Penetráció 25 C°-on 0,1 mm-ben	100 – 300	13 1162
Lágyuláspont C°	38 – 48	3 253
Duktilitás, 25 C°-on, mm legalább	1000	13 161
Hamu % legfeljebb	0,5	11 727
Oldhatatlan maradék (hamutartalom nélkül) % legfeljebb	0,5	19 958

A táblázatban közölt értékek a vizsgálati hibahatárt is magukba foglalják.

lehet szappan, kazein, bentonit, kövér agyag stb. A leghígfolyósabb bitumen-választék, hordókban szállítják. Bár egyes erdei útépitési célokra nagyon alkalmas, vagy talán a legalkalmasabb lenne, mégsem számolhatunk vele, mert jelenleg csak kis mennyiségben állítják elő.

b) *Kátrányok.* A kátrányok növényi eredetű organikus anyagokból származnak (fa, szén, pala), rendszerint a kőszén száraz lepárlásának termékei, melyeket a kokszolóművekben állítanak elő. Nálunk a kátrányokat csak kisebb mennyiségben használják útépitési célra, egyrészt mert hazánkban a bitumennel

2.53-III. táblázat. Útépitési célra készülő kőszénkátránytermékek

Lepárolt kátrányok					Elegyített kátrányok		
UKH	UKS	UKP	HKH	HKS	AK 60/40*	AK 65/35* jelű	AK 70/30*
Híg	sűrű	jelű Portalanító	Híg	Sűrű			
utikátrány			hidegkátrány		antracénolajkátrány		

* 60/40; 65/35; 70/30 számok a kőszénkátrányszurok és antracénolaj elegyítési arányszámjai.

ellentétben kisebb mennyiségben állnak rendelkezésre, másrészt – bár igen jól tapadnak – kevésbé időállóak, mint a nagy mennyiségben gyártott bitumenek.

Ha a kőszén száraz lepárlásának termékét, a nyers kátrányt fracionálják, akkor a desztillált útikátrányokat nyerik. A lepárlási eljárás végterméke a szurok. A preparált kátrányt a szuroknak kátrányolajban való oldásával állítják elő. Az antracénolaj-kátrányt kőszénkátrány-szuroknak antracénolajban (kőszén lepárlási terméke) való oldásával nyerik. Ha az útikátrányt kátrányolajjal hígítják, akkor hidegkátrányról beszélünk. A kátrányolajok is a szén lepárlásánál keletkeznek. Az útépitési célra készülő kőszénkátrány-termékeket a 2.53-III. táblázatban találjuk.

Kis mennyiségben történő előállításuk miatt útépitési jelentőségük alárendelt. Inkább csak előpermetezésre használják a kátrányokat, hogy így közvetítésükkel a bitumenek kőhöz való tapadását fokozzák.

2.6 Erdei utak alépítménye

2.61 Földművek tervezése

A földművek alakja, geometriai tervezése, részeinek elnevezése és az itt előforduló alapfogalmak a 2.33 fejezetből már ismeretesek. Itt azt a legszükségesebb tájékoztatást foglaljuk össze, amely új földművek tervezéséhez, ill. meglévő földműveken esetleg szükségessé váló munkálatok elvégzéséhez anyagi minőségükkel kapcsolatban szükségesek.

2.611 Földművek anyaga és jellemzői

a) *Töltések.* Töltések építése előtt tájékozódniuk kell a rendelkezésünkre álló talajok töltésepítésre való alkalmasságáról. A 2.61-I. táblázatból megítélhető, hogy milyen talajfeleségek mikor alkalmasak töltés építésére, illetve töltések építésénél milyen tömörségi fokot kell elérni.

2.61-I. táblázat. Különböző talajok töltésepítésre való alkalmassága

Talajnem	Max. száraz térfogatsúly % _{max}	Folyási határ F	Plasztikus index P	Tömörségi fok (T _{ry})	
				3,0 m-nél ki- sebb töltés esetén	3,0 m-nél ma- gasabb v. víz- nyomásnak kített töltés esetén
				Mp/m ³	%
Jól graduált, homokos kavics homok, iszapos vagy agyagos kavics	1,91 – 2,05			90	95
Iszapos vagy agyagos homok homokliszt	1,76 – 1,90			95	98
Iszap, sovány agyag	1,66 – 1,75			98	100
Agyag	1,46 – 1,65	F < 65 %	P ₁ > 0,6F – 9	100	Nem épít- hető be
Kövért agyag	1,45	F > 65 %		Nem épít- hető be	Nem épít- hető be

2.61-11. táblázat. Összeállítás a részűhajlás és a földmunka magassága között

A talaj neve		A földmunka magassága																							
		Számításba vett talajfizikai jellemzők			bevágás-részű				töltés-részű																
		3/4	4/4	5/4	6/4	7/4	8/4	4/4	5/4	6/4	7/4	8/4													
Kavics, durva és vegyes-szemű tiszta homoktalajok	Izapos v. agyagos homok	$\varphi = 35^\circ$ $\varphi = 30^\circ$ $c = 1,0 \text{ Mp/m}^2$			0-5	5-15																			
			$\varphi = 20^\circ$ $c = 1,5 \text{ Mp/m}^2$	0-5	5-10	10-15																			
Egyenletes szemmagyságú homoklisztalaj (Mo)	Puhá, homokos agyag és iszaptalajok ($D_m = 0,02-0,002 \text{ mm}$)	$\varphi = 15^\circ$ $c = 2,0 \text{ Mp/m}^2$	0-3	3-5	5-7	7-9	9-15																		
			Viztartalom a plasztikus határ felett	0-3	3-5	5-7	7-9	9-15																	
Elég kemény homokos agyag és iszaptalaj	Puha állapotú kolloidús agyagok ($D_c < 0,002 \text{ mm}$)	$\varphi = 15^\circ$ $c = 6,0 \text{ Mp/m}^2$	0-5	5-10	10-1																				
			Viztartalom a plasztikus határ alatt	0-5	5-10	10-1																			
Elég kemény kolloidús agyagok		$\varphi = 5^\circ$ $c = 2,0 \text{ Mp/m}^2$	Csúszási veszély																						
			0-2																						
		$\varphi = 5^\circ$ $c = 6,0 \text{ Mp/m}^2$	0-6			6-8																			
			Viztartalom a plasztikus határ alatt	0-6			6-8																		

Ezen túlmenően mérlegelni kell a talaj műszaki viselkedését, mely művelet-nél a talajfizikai jellemzőkre támaszkodunk. Minden esetben vizsgálni kell a talaj tömöríthetőségét (γ_{0max} és $T_r\gamma$). Állékonysági vizsgálatoknál megállapíthatjuk azt is, hogy az elérhető tömörséghez mekkora súrlódási szög, kohézió és nyírószilárdság tartozik, és ezek hogy függenek a víztartalom változásától. Ismernünk kell a talaj térfogatváltozási tulajdonságait (Z_{s1}), fagyveszélyességét, vízátbocsátóképességét és kapilláris viselkedését is. Ezek közül, a körülményektől függően, egyik-másik vagy valamennyi vizsgálat elvégzése szükséges.

A különböző talajfélésekkel kapcsolatban általában elmondhatjuk, hogy töltésépítés céljára az egyik legjobb talaj a vegyes szemeloszlású (az U nagy), jól graduált homok és kavics. A poliéderez, éles szemcséből álló jobb, mint a gömbölyű szemcséjű. Futóhomokból ($U < 5$) veszélyes töltést építeni, a víz és a szél könnyen megbontja. A szemcsés talajból készült töltések vízátbocsátók.

A kötött talajok annál alkalmasabbak töltések építésére, minél kisebb a plaszticitás indexük. A gyengén kötött talajok könnyebben kiszáradnak, az optimális víztartalomnál vagy annál szárazabb állapotban könnyen szétmorzsolódnak, ezért jól tömöríthetők. Hátrányos tulajdonságuk, hogy kapilláris vízemelésük igen gyors, a vizet mohón felszívják, magas víztartalomnál pedig nincs vagy alig van teherbírásuk. Ezeknek a talajoknak a víztelenítését ezért nagyon gondosan kell megtervezni. Az ide tartozó lösztalajok könnyen erodálódnak. A kis kötöttségű talajok rendszerint nagyon fagyveszélyesek, de kevésbé térfogatváltozók.

Minél inkább nő a talaj plasztikus indexe, nedvesen annál ragadósabb, szárazon pedig kemény rögöket alkot. Mindkét körülmény megnehezíti a tömörítést. Vizzel szembeni ellenállásuk jobb, de ha egyszer átnedvedtek (felpuhultak), akkor kiszáritásuk hosszadalmas művelet. Kevésbé vagy egyáltalán nem fagyveszélyesek, de erősen térfogatváltozók.

A nem talajnak minősülő építőanyagok közül töltésépítésre alkalmas a durva, élesszemcséjű salak, amely jó vízáteresztő, és súrlódási szöge nagy. A rajta keresztülszivárgó vizet azonban agresszívvé teheti, ezért betonból készült műtárgyak közelében nem ajánlatos beépíteni. Jól használható az építési és téglagyári törmelék is, különösen talajjal rétegelve.

2.61-III. táblázat. Különböző magasságú rézsűk állékonyságához ($n = 2$) szükséges egyirányú nyomószilárdságok (σ_{ny} , Mp/m^2) értékei

A töltés magassága m	Rézsűhajlás					
	4/4		6/4		8/4	
	a	b	a	b	a	b
3	1,5	3,0	0,3	2,1	0,15	1,9
4	2,0	4,0	0,4	2,8	0,18	2,5
5	2,5	5,1	0,5	3,4	0,22	3,1
6	3,0	6,1	0,6	4,3	0,27	3,7
7	3,5	7,2	0,7	4,9	0,32	4,3
8	4,0	8,2	0,8	5,7	0,36	5,0
10	—	—	1,0	7,1	0,46	6,2
12	—	—	1,2	8,5	0,54	7,4
14	—	—	1,4	9,9	0,64	8,7
16	—	—	1,6	11,3	0,72	10,0

Megjegyzés: a = homokliszt, iszapos homokliszt

($\varphi = 25^\circ$, $\gamma = 1,8 \text{ Mp/m}^3$)

b = iszap, agyag

($\varphi = 10^\circ$, $\gamma = 1,8 \text{ Mp/m}^3$)

mószilárdság függvényében. Ha költségek csökkentés érdekében a táblázatok adatait túllépjük, akkor a biztonságot a 2.466. fejezet alapján ellenőrizni kell. Ilyenkor képezze gondos mérleget a számítás alapjául szolgáló talajfizikai jellemzők állandósága, vagyis megvizsgálható az, hogy nincs-e meg az elnedvesedés lehetősége, amikor is a jellemzők lényegesen megváltoznak.

A töltés rézsűhajlásának és magasságának az előbbiek szerinti összehangolása után erdei utakon csak ritkán válik szükségessé az alaptörés lehetőségének vagy a rézsűállékonyságnak a vizsgálata, és az altalaj összenyomódásának meghatározása.

Ha a puha altalaj miatt alaptörés veszélye forog fenn, akkor a csúszólap mentén történő elmozdulás ellen fióktöltés létesítésével védekezünk, amely növeli a csúszást előídező erőkkel egyensúlyt tartó passzív földnyomást. Homogén, puha altalajon a fióktöltés szükséges súlya (2.61-1. ábra):

$$G_{\min} = \frac{G_1 \cdot a_1 - G_2 \cdot a_2 - c \cdot RL}{a}$$

ahol c a kohézió, L pedig a csúszólap hossza. A legveszélyesebb csúszólapot – így a helyettesítő kör sugarát is – próbálgatással keressük meg. Az a helyzet lesz a legveszélyesebb, amelynél az ellensúlyozó fióktöltés G_{\min} súlyára a legnagyobb értéket kapjuk. A fióktöltés tényleges súlya – a biztonsági tényezőnek megfelelően – természetesen nagyobb lesz: $G/G_{\min} = 2$.

Puha altalaj és magas töltés esetén az építhető töltésmagasság közelítőleg

$$h = \frac{1}{n} \cdot f \cdot \frac{c}{\gamma} \cdot \frac{B}{v}$$

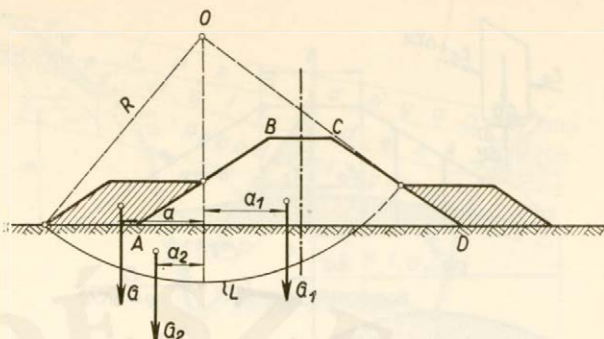
ahol n a biztonsági tényező;
 f a súrlódási tényező a töltés és a talaj között
 tömör töltésnél $f = 1,00$,
 laza töltésnél $f = 0,75$,
 átázott töltésnél $f = 0,50$,

c a talaj kohéziója $\left(c \sim \frac{\sigma_{ny}}{2} \right)$;

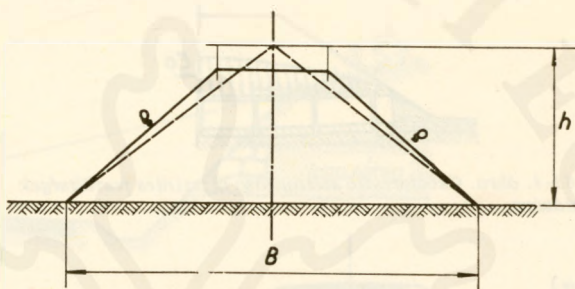
γ a talaj térfogatsúlya;

v a töltés alatti puha réteg vastagsága;

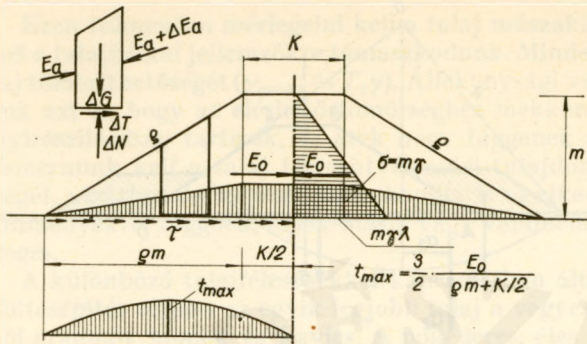
B és h értelmezése a 2.61-2. ábra szerint.



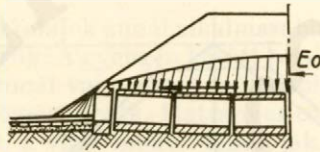
2.61-1. ábra. A fióktöltés szükséges súlyának meghatározása



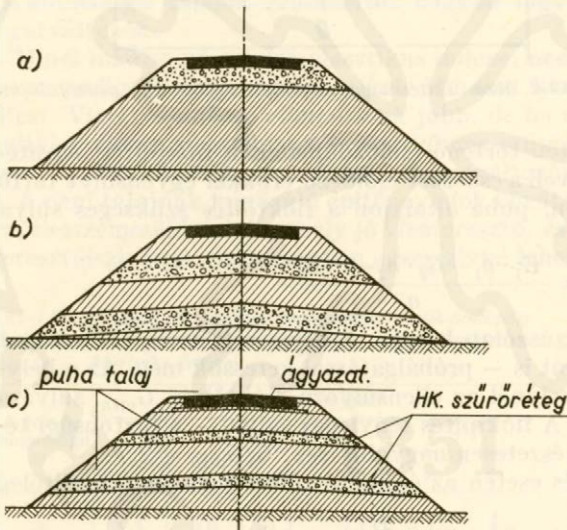
2.61-2. ábra. Töltésmagasság közelítő számítása puha talajon



2.61-3. ábra. Töltésben ébredő függőleges önsúly és vízszintes nyírófeszültségek



2.61-4. ábra. Csőáteresztő szétnyílása vízszintes feszültségek hatására



2.61-5. ábra. Töltésépítés különböző talajokból

nagy lehet, hogy a csőáteresztő hézagai megnyílnak, ill. a külső szigetelés szét szakad (2.61-4. ábra). Ilyenkor vasalt védőbetont tervezünk, mely a húzóerőfeszültséget felveszi.

Ha a töltésépítéshez különböző talajokat kell felhasználnunk, akkor a jobb minőségű talajt a töltés felső részébe építjük be (2.61-5. ábra a rész). Javasolható megoldás a jó és rossz minőségű talajok váltakozó rétegelése is (b ábrarész). Nagyon puha talajoknál legalább 1,0 m-enként 20 cm vastag kavics szűrőréteget kell beépíteni (c ábrarész).

b) *Bevágások.* Bevágások tervezésénél meg kell határozni a talajok fejthetőségét és az alkalmazandó rézsűket. Az előbbivel más helyen foglalkozunk, az

A rézsűk állékonyságának vizsgálata a 2.466. fejezet alapján végezhető, az altalaj öszenyomódásának vizsgálata pedig az erdei utak kisebb méretű földműveinél olyan ritkán válik szükségessé, hogy tárgyalása nem indokolt.

Nagyobb töltésmagasságnál a nyírófeszültség olyan értéket érhet el, a töltés alsó részén, amelynek figyelembevételét már nem mellőzhetjük.

A 2.61-3. ábra alapján könnyen belátható, hogy csak a töltés tengelyén át fektetett függőleges síkban lesz egyenlő a kétoldali földnyomás. Minden más síkban csak akkor lehet egyensúly, ha vízszintes nyírófeszültségek is ébrednek. Az alapsíkon ébredő nyírófeszültségek eloszlása és maximális értéke az ábráról leolvasható. Ebben az esetben a nyugalmi földnyomást indokolt számításba venni.

$$E_0 = \frac{m^2 \cdot \gamma}{2} \lambda_0$$

λ_0 értéke homok és kavics-talajban 0,4–0,5, agyagban 0,6–0,8.

A függőleges és vízszintes feszültségek eredőjeként az altalajra jutó feszültség iránya nem függőleges. 8–10 m magas töltések alatt a vízszintes komponens már olyan

utóbbira vonatkozóan pedig általános tájékoztatást kaphatunk a már közölt 2.61-III. táblázatból.

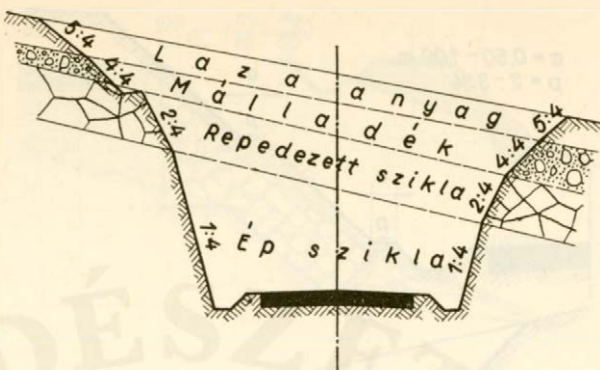
A bevágás részűje azonos körülmények között meredekebb lehet, mint az ugyanolyan talajból készített töltés. Különösen indokolt ez az erdei utak kis bevágásainál. A szokásosnál meredekebb részűt a 2.466. fejezet alapján ellenőrizhetjük, és – a körülményektől függően – még függőleges részűt is alkalmazhatunk.

Különböző állékonyaságú rétegekben a részű hajlását célszerű változtatni (2.61-6. ábra). Ha a szilárd rétegek között laza vagy puha réteg van, azt kőrákattal kell biztosítani (2.61-7. ábra).

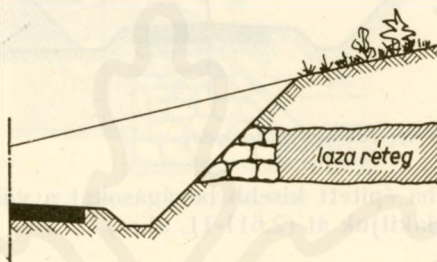
Az erózióra rendkívül érzékeny lösztalajban állékonyabb a közel függőleges részű, ezért lösztalajban a bevágás 2.61-8. ábra szerinti kialakítása ajánlható.

Sziklabevágásnál lehet meredek (1/10 vagy 1/20) esetleg függőleges részűt alkalmazni, de vigyázni kell a rétegezetségre, a laza köveket pedig ki kell robbantani. 1/5-nél meredekebb részű összefüggő szilárd kőzetben ajánlatos. Nagyobb kövek, amelyeknek későbbi megazulásától nem kell tartanunk, a bevágási részűfelületben úgy is bentmaradhatnak, hogy egy részük abból kiemelkedik (2.61-9. ábra).

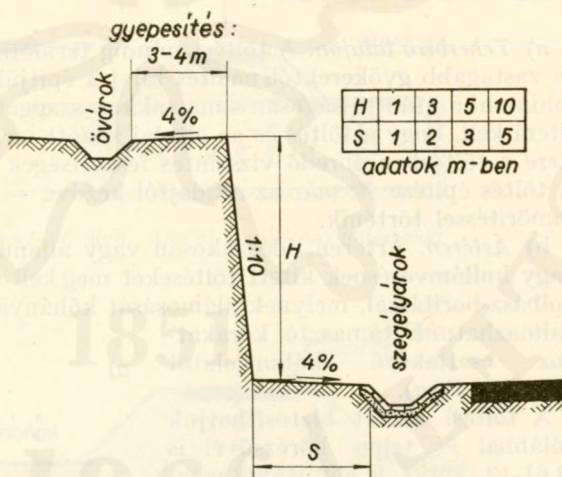
Magasabb bevágások részűit a hámlásból származó göröngyök felfogására lépcsőzni szokták (2.61-10. ábra). Legalább az árok előtt védőpadkát kell létesíteni.



2.61-6. ábra. Bevágási részű kialakítása különböző állékonyaságú rétegekben



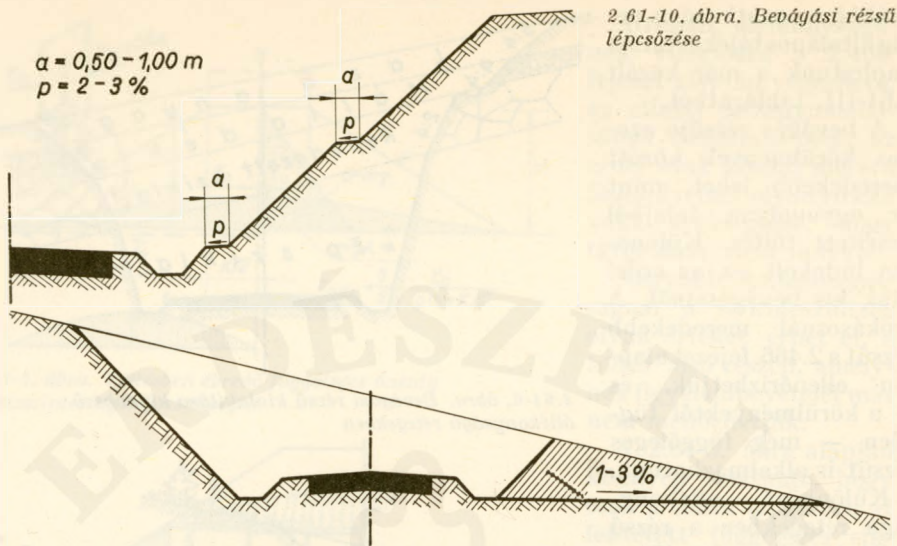
2.61-7. ábra. Laza réteg megtámasztása



2.61-8. ábra. Bevágási keresztmetszélyű lösztalajban



2.61-9. ábra. Részűben hagyott kőtömb



2.61-10. ábra. Bevágási részsű lépcsőzése

$a = 0,50 - 1,00 \text{ m}$
 $p = 2 - 3 \%$

2.61-11. ábra. Völgy felé nyitott bevágás

Hegyoldalba épített kisebb bevágásokat a völgy felé kinyitjuk, és szelet-szelvényvé alakítjuk át (2.611-11. ábra).

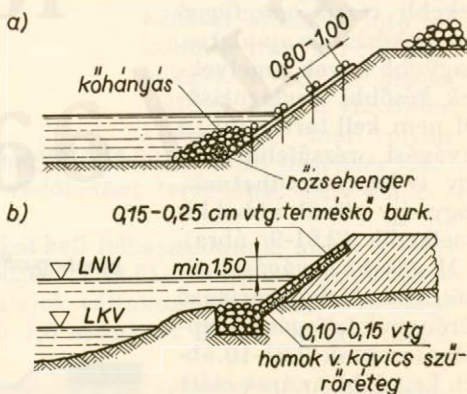
2.612 Töltések alapozása

a) *Teherbíró talajon.* A töltést mindig termőtalajtól (humusztól), tuskóktól és vastagabb gyökerektől mentes talajra építjük. Ha az altalaj felülete gépi földmunka után túlságosan sima, akkor szaggatóval vagy más módon érdesíteni kell, hogy a töltés és az altalaj között megfelelő kapcsolat jöjjön létre. Erre a töltésben ébredő vízszintes feszültségek felvétele miatt van szükség. A töltés építése – már az altalajtól kezdve – rétegekben, egyidejű gondos tömörítéssel történik.

b) *Ártéren.* Ártéren, időszakosan vagy állandóan a víz kimosó hatásának vagy hullámverésnek kitett töltéseket meg kell védeni. Védekezhetünk rőzsekolbász-borítással, melynek alamosását kőhányás akadályozza meg, vagy alkalmazhatunk támasztó kőrcsúszóhoz csatlakozó kőburkolatot (2.61-12. ábra).

A töltési részsűt biztosíthatjuk kőlábbal és teljes körérsűvel is (2.61-13. ábra). E két utóbbi megoldást meredek terepen végzett töltésalapozásnál is használják.

c) *Puha, nem teherbíró talajon.* Puha, átázott agyag- és iszaptalajokat először szivárgókkal vagy drenácsolókkal, esetleg árokkal víz telenítjük, kiszáritjuk a talajt, majd ráépítjük a töltést (2.61-14. ábra). Puha, nedves kötött talajra ilyen rendszabályok mellett sem



2.61-12. ábra. Töltés alapozása ártérben

ajánlatos kötött talaj közvetlen ráépítése. Az altalajjal érintkező 20–40 cm vastag réteget jó vízátbocsátó, de nem túl nagy szemekből álló szemcsés talajból célszerű megépíteni.

Ha kis vastagságú (1–2 m) tőzeg vagy szerves iszap van a felszínen, akkor gazdaságos lehet a réteg eltávolítása és teljes talajcsere végrehajtása.

Szokásos megoldás az is, hogy a megépített töltést alárobantják, amikor a kisebb ellenállású tőzeg elmozdul és az így szabaddá vált térben a töltés besüllyed egész a teherbíró talajig.

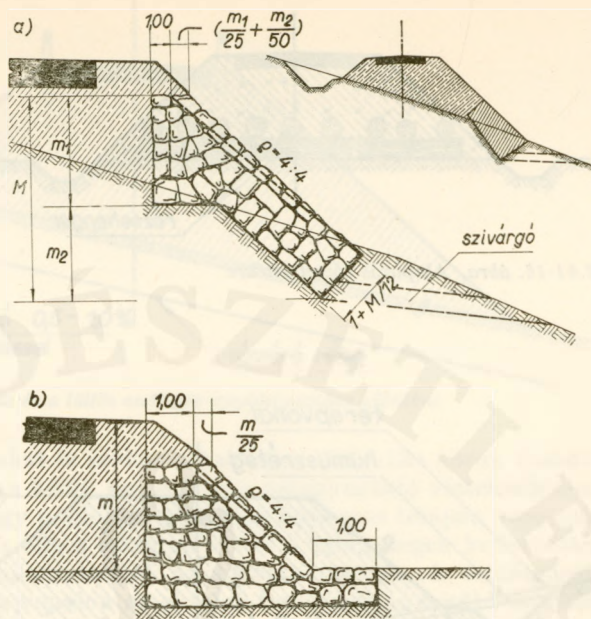
Kis teherbírási talajokon, főként tőzegen, használatos az ún. kavicspilotázás, amely nem más, mint a teherbíró talajig lehatoló, 30–40 cm átmérőjű lyukhálózat, melyet később kavicssal töltünk ki.

Lehet cölöpírcsra (2.61-15. ábra) és rőzseterítékre is alapozni (2.61-16. ábra).

Ha a terep keresztdőlése a $\lambda = 10\%$ -ot meghaladja, akkor lépcsős alapozást kell készíteni (2.61-17. ábra).

Nagyobb terephajlás ($\lambda > 30\%$) esetén a lépcsőzés már nem elegendő. Ilyenkor a töltést fogazással alapozzuk (2.61-18. ábra).

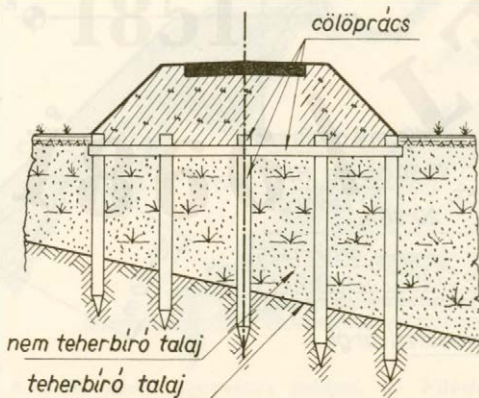
A fogak fenekére dréncsővet vagy körakatos szivárgót helyezünk, melyet 20 cm vastag homok- vagy homokos kavicsborítással fedünk. A dréncsőnek, ill. szivárgónak 1–2% hosszúságát adunk, és keresztirányú levezetésükről 20–30 m-enként gondoskodunk.



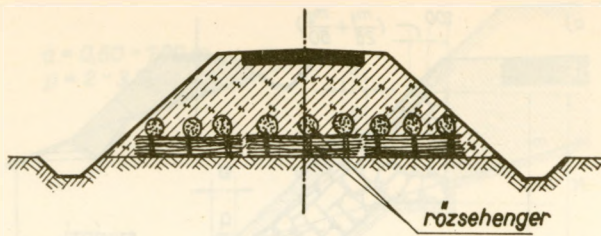
2.61-13. ábra. Kőláb és körézsű



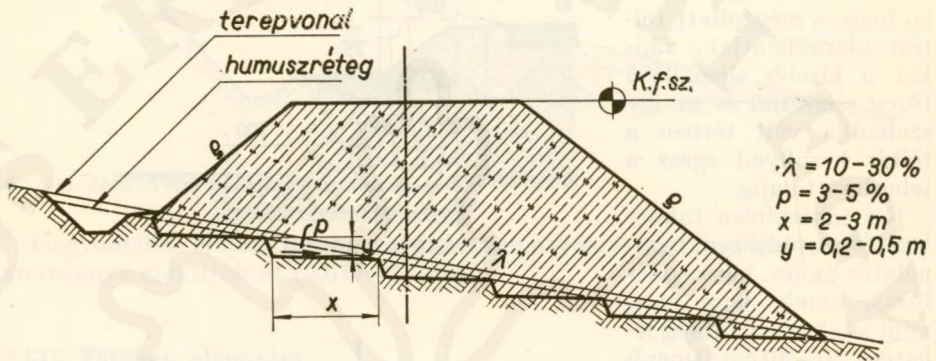
2.61-14. ábra. Altalaj kiszárítása töltés alatt



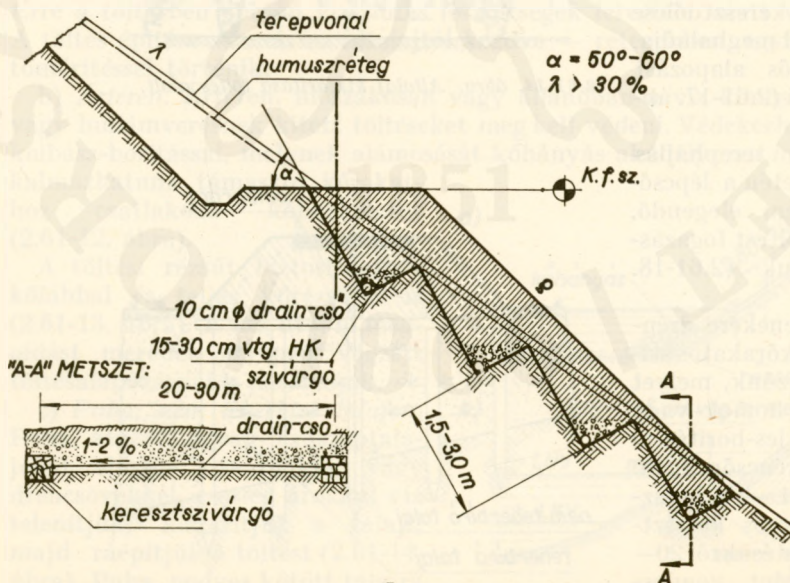
2.61-15. ábra. Alapozás cölöpírcsra



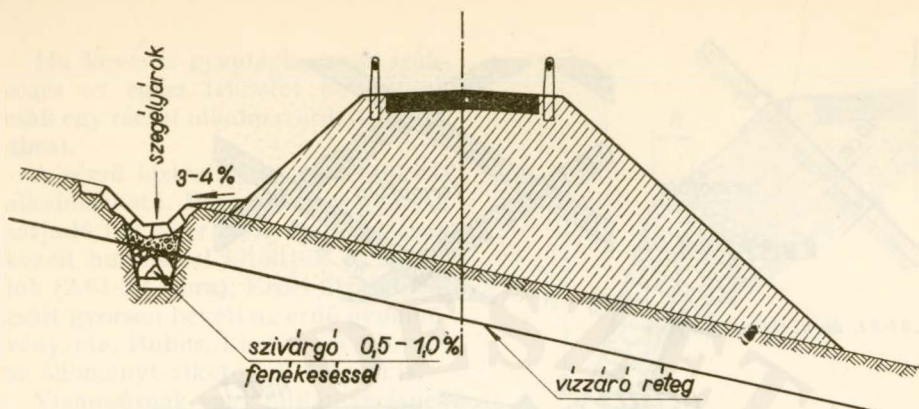
2.61-16. ábra. Alapozás rözseterítékre



2.61-17. ábra. Lépcsős töltésalapozás



242 2.61-18. ábra. Töltés alapozása fogazással



2.61-19. ábra. Rétegvizek felfogása és a töltés esetleges megtámasztása kőlábbal

A fogazás helyett kőlábakat is szokás alkalmazni (2.61-13a ábra). Gondot kell fordítani ilyen esetben a kőláb mögötti rész megnyugtató víztelenítésére.

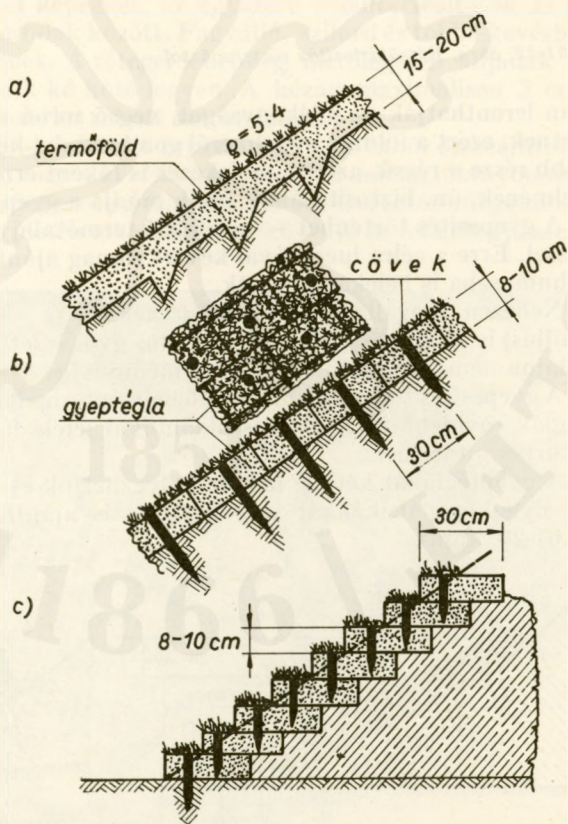
Néha elkerülhetetlen, hogy a vonalat csúszásra hajlamos terepen vezessük. A rétegződés miatti csúszás oka a szivargó víz és a talajrétegek kedvezőtlen helyzete. Ilyen csúszása hajlamosabbak az agyagtalajok. A víz szivargásait meg kell szüntetni. Ezern a vonalon az oktalan takarékoság később sok kiadást okoz. A szivargó víz felfogására szivargók és dréncszövek szolgálnak.

Ha a csúszóréteg nincs mélyen, a 2.61-19. ábrán látható megoldás ajánlható.

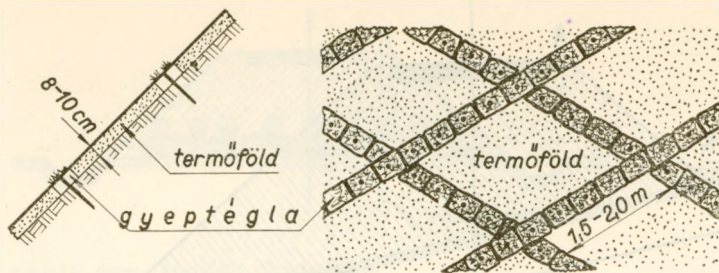
Ha a csúszóréteg mélyen van, tárokat kell építenünk a szivargók létesítésére vagy nagyobb földmunka szükséges. Ezt azonban erdei útépitésünk nem viseli el, ilyenkor más vonalvezetéshez kell folyamodni.

2.613 Földművek védelme

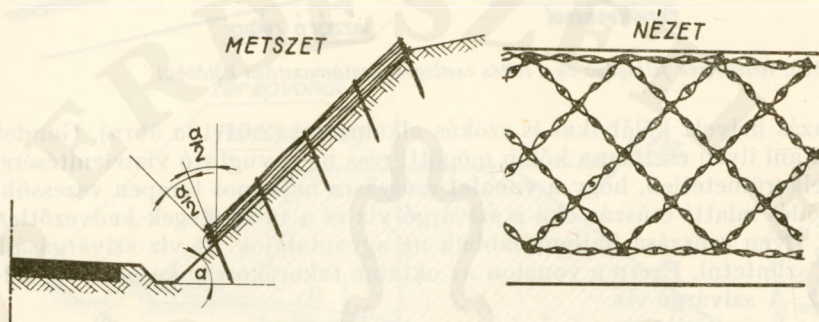
Ha a földmű tervezésénél megfelelő rézsút alkalmazunk, kivitelezésénél betartjuk a tömörségi előírásokat, figyelembe vesszük az altalaj teherbírását és anyagi minőségét, akkor a földmű állékonysága érdekében mindent megtettünk. Éghajlati hatások, erózió vagy más külső mechanikai hatások azon-



2.61-20. ábra. Gyepesítés módjai. a) Füvetés termőföld borítással. b) Lapjára fektetett gyepetglák. c) Gyepetégla falazás



2.61-21. ábra. Gyeptéglá rács



2.61-22. ábra. Rézsűbiztosítás rőzsefonással

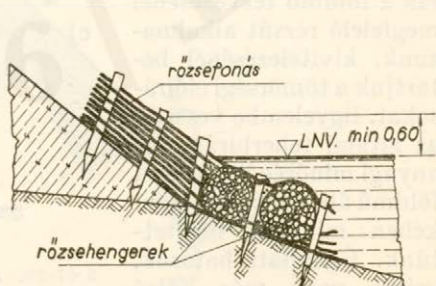
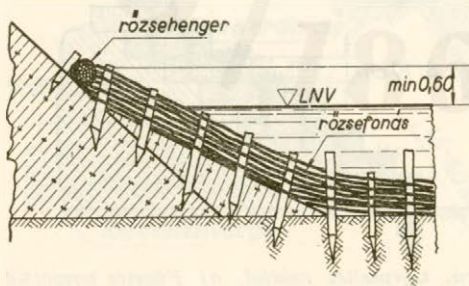
ban leronthatják az állékonyságot, végső soron a földmű bomlásához vezethetnek, ezért a földmű védelméről gondoskodni kell. Minden földmű legkényesebb része a rézsű, azért a védekezés is főként erre összpontosul. A rézsűk védelmének, ún. biztosításának egyik módja a gyepesítés.

A gyepesítés történhet – megfelelő termőtalaj ráterítése után – fűmag vetéssel. Erre a célra lucernával kevert fűmag ajánlható (50 kp/ha). A fűmagot a humuszba is belekeverhetjük.

Nehezen megállapodó rézsűket kékvirágú csillagfürttel (*Lupinus polyphillus*) is szokás bevetni, melynek dús gyökérzete biztos kötést ad. Ez meszes talajon nem ajánlható. Szükséges mennyiség: 8 – 12 kp/ha.

A gyepesítés történhet megfelelő helyen termelt gyeptéglával is. Ezek a gyeptéglák rövidebb ideig gyepes oldalukkal lefelé fordítva rakásokba hordva is kibírják a tárolást.

A gyeptéglákat kétféle módon helyezhetjük el: síkban egymás mellé rakva – ilyenkor pálcikákkal való letűzése is ajánlható – és egymásra építve (2.61-20. ábra).



244 2.61-23. ábra. Süllyesztő rőzsekötegek

2.61-24. ábra. Rőzsefonás rézsűnyújtással

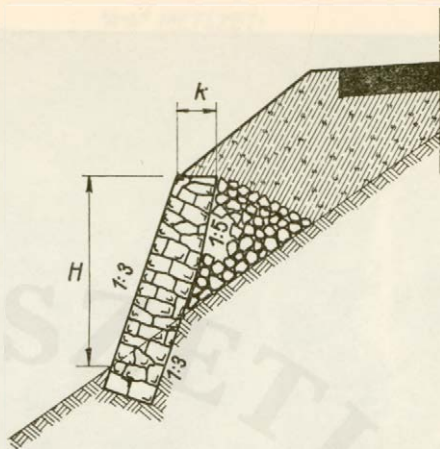
Ha kevés a gyep téglá, nem szükséges az egész felületet beborítani, csak egy rácsot alkalmazunk (2.61-21. ábra).

A rézsű biztosítására rőzsefonás is alkalmazható. Ilyenkor jó a gyorsan sarjadó fűz, éger és nyár. A fonások közeit humusszal kitöltjük és bevetjük (2.61-22. ábra). Erdei útjaink rézsűit gyorsan beveti az erdő gyomnövényzete, *Rubus*, *Ligustrum* stb., sőt az állományt alkotó fák magvai is.

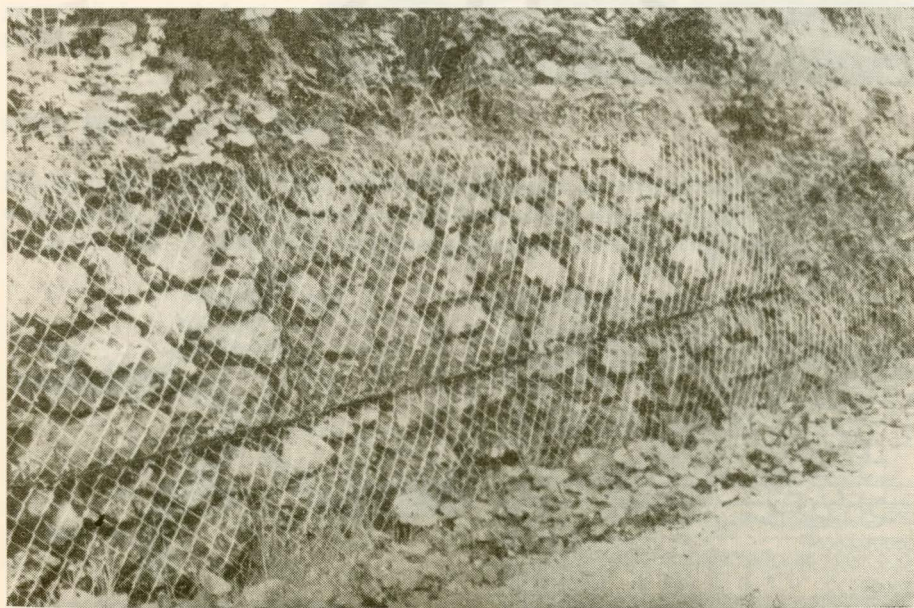
Vízmosásnak vagy hullámverésnek kitett rézsűk védelméről már az alapozás során gondoskodunk, ahogy ezt a 2.61-12. ábrán láttuk. Hasonló megoldásokat mutat be a 2.61-23. és 2.61-24. ábra. Az előbbi a süllyesztő rőzsekötegek alkalmazását mutatja be, az utóbbi a rézsű megnyújtásának és rőzsefonásnak a kombinációját.

A földművek fokozottabb biztosítására használjuk a kötőanyag nélküli, ún. száraz falakat. Ezek átmenetet képeznek az egyszerű rézsűbiztosítások és a később tárgyalásra kerülő támfalak között. Fagyálló, szilárd és többé-kevésbé idomított termésköböl készülnek. A rétegei lehetőleg merőlegesen álljanak a rézsű síkára és minden második kő kötő legyen. A hézag maximálisan 2 cm széles lehet. Jól beváltak a mohába rakott száraz falak.

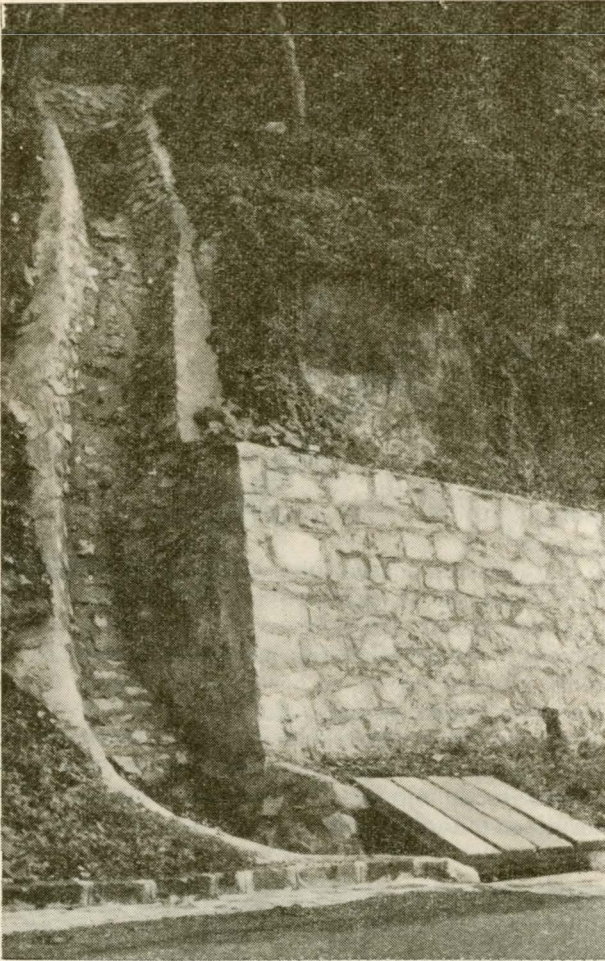
A száraz falak (2.61-25. ábra) méreteit tapasztalati adatokból összeállított táblázatokból állapítsuk meg, vagy a később ismertetendő módon földnyomásra méretezzük. A falat mögött esetleg felgyülemelő víz elvezetéséről gondoskodni kell. Árvízveszélyes területen a koronaszint 0,6 – 1,0 m-rel haladja meg a legmagyobb víz szintjét.



2.61-25. ábra. Száraz falak elrendezése

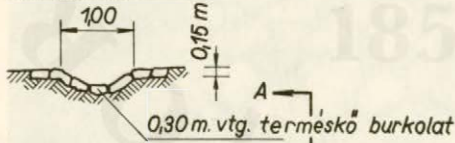


2.61-26. ábra. Dróthálóba rakott száraz fal

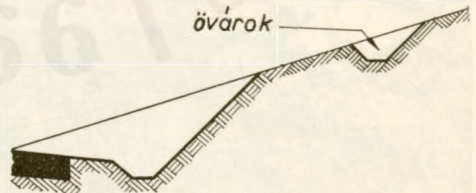


a

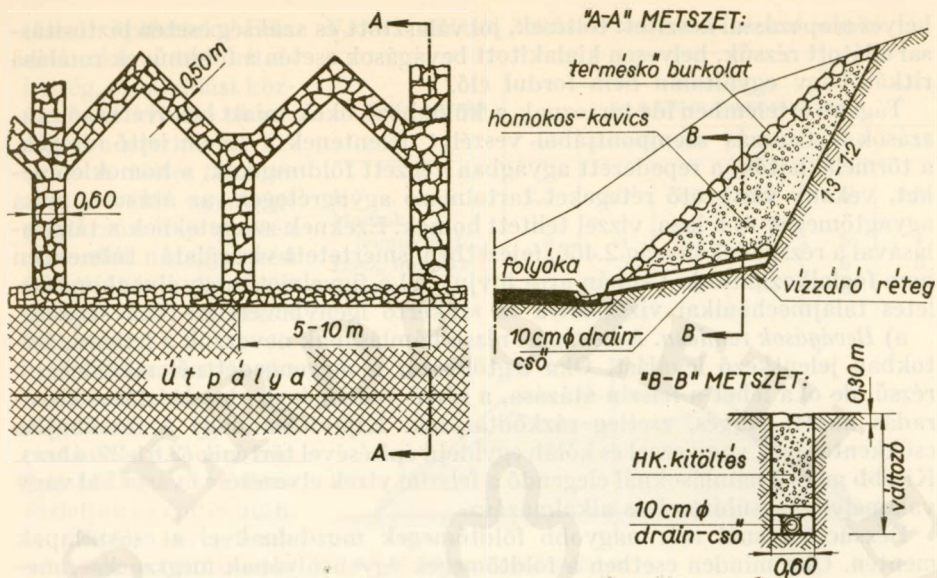
"B-B" METSZET:



"A-A" METSZET:



b



2.61-28. ábra. Kőbordák a bevágási részü víztelenítésére

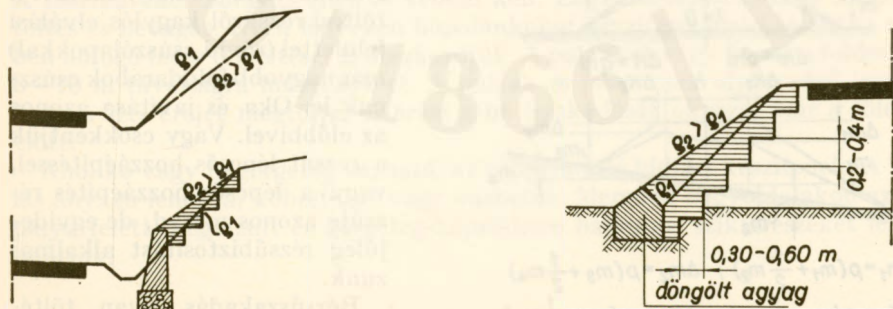
Sikerrel alkalmazzák a dróthálóba rakott száraz falakat is, melyeknél a kövek együttdolgozását a háló biztosítja (2.61-26. ábra).

Bevágási részü biztosítása is általában az előbbieket szerint történik. A bevágási részü védelmére övárak telepítése is tervbe vehető (2.61-27. ábra). Az övárak vizének levezetésére surrantókat építhetünk.

Bevágási részü elnedvesedése és az ennek következtében fellépő csúszásveszély ellen kőbordákkal, illetve ezekbe beépített szívargó-rendszerrel védekezünk. A suvadó részü támfalakkal való megtámasztása, kizárítási rendszá-bályok nélkül az esetleges alámetsző csúszólapok miatt nem célszerű. Viszont a helyes szívargó-rendszer és kőborda magában is elegendő lehet (2.61-28. ábra).

2.614 Földművek romlása

Földművek romlását a talaj belső ellenállásának az idők folyamán bekövetkező csökkenése, a külső terhelések megnövekedése, hibás tervezés és kivitelezés idézheti elő. A megfelelő nedvességtartalmú talajból előírt tömörséggel és



2.61-29. ábra. Bevágási részühám-lás kijavitása

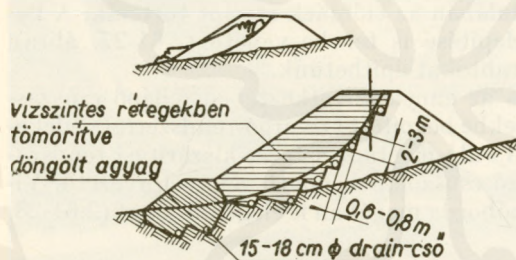
2.61-30. ábra. Töltési részühám-lás kijavitása

helyes alapozással készített töltések, jól választott és szükség esetén biztosítással ellátott rézsűk, helyesen kialakított bevágások esetén a földművek romlása ritkán vagy egyáltalán nem fordul elő.

Tágabb értelemben ide tartoznak a különböző okok miatt bekövetkező csúszások is. Csúszás szempontjából veszélyt jelentenek a kifelé lejtő rétegek, a törmeléklejtők, a repedezett agyagban végzett földmunkák, a homoklencsét, vékony vízvezető rétegeket tartalmazó agyagrétegek, az átázott, puha agyagtömegek és a laza, vízzel telített homok. Ezeknek az eseteknek a tárgyalásával a rézsűállékonyság 2.466. fejezetben ismertetett vizsgálatán túlmenően nem foglalkozhatunk. Csupán arra hívjuk fel a figyelmet, hogy ilyenkor részletes talajmechanikai vizsgálatra és szakértő igénybevételére van szükség.

a) *Bevágások romlása.* A bevágási rézsű hámlásának nevezzük a felületi, foltokban jelentkező leválást. Oka legtöbbször a megengedettnél meredekebb rézsű, de oka lehet a felszín átázása, a rézsű védelmének elmulasztása, kiszáradás miatti pergés, esetleg rázkódtatások. Kijavítása vagy a rézsűhajlás csökkentésével, vagy ezzel és kőlab egyidejű építésével történik (2.61-29. ábra). Kisebb mérvű hámlásoknál elegendő a felszíni vizek elvezetése övárokkal vagy valamelyik rézsűbiztosítás alkalmazása.

Rézsűcsúszásnál már nagyobb földtömegek mozdulnak el a csúzólapok mentén. Oka minden esetben a földtömegek egyensúlyának megszűnése, melyet a következők idézhetnek elő: Fokozott átnedvesedés, átázás (felszíni és rétegvizek) következtében a talajfizikai jellemzők jelentősen megváltoznak (c és φ csökken), alávágás, megterhelés, forgalom okozta rázás. A lecsúszott földtömegeket eltávolítjuk, majd lépcsőzéssel új anyagot építünk be, miután



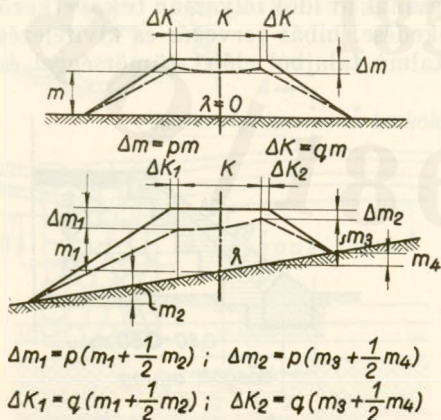
2.61-31. ábra. Töltési rézsűszakadás és kijavítása

a felszíni vizek elvezetéséről gondoskodtunk és a talajt a már ismert kőbordákkal és szivárokkal kiszárítottuk.

b) *Töltések romlása.* A rézsűhámlás jelensége, oka és kijavítása azonos a bevágások romlásánál elmondottakkal. A 2.61-30. ábra a töltés lépcsőzése után ráépített, támasztó bordán nyugvó döngölt talajjal készített töltési rézsűt mutat be, ahol a rézsű hajlását egyidejűleg csökkentettük.

A kagylósodás tulajdonképpen nagyobb méretű és mélyebbre ható hámlás, amikor a töltési rézsűről kagylós elválási felülettel (rövid csúzólapokkal) már nagyobb földdarabok csúsznak le. Oka és javítása azonos az előbbivel. Vagy csökkentjük a rézsűt lépcsős hozzáépítéssel, vagy a lépcsős hozzáépítés rézsűje azonos marad, de egyidejűleg rézsűbiztosítást alkalmazunk.

Rézsűszakadás olyan töltésekben fordul elő, melyeket réteges tömörítés nélkül oldaldön-



2.61-32. ábra. Töltés roskadása

téssel építettek. Eredeti oka a tömörítetlenség, a szakadást közvetlenül kiváltó ok pedig rendszerint az átázás. A töltés tömegének jó része egy talponti csúszólap mentén elmozdul. Megjelenési formáját és javításának módját a 2.61-31. ábrán láthatjuk.

A töltésrozkadás oka a tömörítés hiánya vagy elégtelensége. Rendszerint néhány hónap, legfeljebb egy év múlva észleljük az építés után. A töltési keresztmetszvénynek a töltésrozkadás miatt bekövetkező

torzulását a 2.61-32. ábrán láthatjuk. A rozkadás mértéke a 2.61-IV. táblázat segítségével meghatározható. Töltésrozkadást idézhet elő az is, ha a töltés alól nem távolítjuk el a humuszréteget. A folyamat megállítását lehetetlen, mivel utólag már csak a töltés felszínét tudjuk tömöríteni.

Előfordul, hogy a rozkadás csak a vállakban jelentkezik. Ilyenkor a vállakat lépcsőzzük és a talajt rétegenként tömörítve építjük be.

A töltés mállásának oka is a tömörítetlenség. Ha a tömörítetlen töltés sok vizet szív magába és felpuhul, akkor a kötött talajokban az önsúly hatására lassú alakváltozás indul meg, és a töltés keresztmetszvénye a 2.61-33. ábra szerinti alakot vesz fel.

A töltés szétesészásánál a földtömeg olyan csúszólapok mentén mozdul el, amelyek már az altalajon is keresztülmennek. A helyreállítás során az elmozdult földtömeget eltávolítjuk, a felszíni vizeket gondosan elvezetjük, a töltés épen maradt részét és az altalajt pedig szivárgókkal, alagsóvekekkel kiszárítjuk. Csak ezután kerülhet sor a töltés újbóli felépítésére.

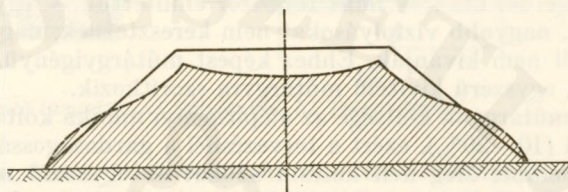
2.615 Hófúvás és görgeteg elleni védelem

A földműveket hófúvás ellen is védeni kell. Legveszedelmesebb az alacsony töltés és bevágás. Ilyen helyeken hópalánkokat készítünk erdei lécből és egyben hófogó fasor telepítését is megkezdjük. A palánkot vagy fasort a földműtől 8–10 m távolságra helyezzük el. A palánk és fasor csak olyan sűrű legyen, hogy a szél erejét megtörje, és ezzel a hó lerakódását okozza, már a földmű előtt.

Ahol kő vagy hógörgeteg várható, az útpálya fölé hidlást készítenek. A hidlás anyaga lehet fa, kőboltozat vagy vasbeton. Meredek hegyoldalakon az útpálya felett meglazult és görgeteg-képződésre hajlamos sziklarészeket lerobantjuk.

2.61-IV. táblázat. Töltések rozkadásának várható mértéke

A töltés anyaga	p[%]			q[%]		
	ha a töltés magassága [m]					
	<4	4–10	>10	<4	4–10	>10
Kő	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Homok, homokliszt ..	5	3	2,5	6	5	4
Lősz, humusz .	6	5	4	10	6	5
Agyag	10	6	5	12	8	6



2.61-33. ábra. Töltés mállása

2.62 Erdei utak műtárgyai

2.621 Alapfogalmak

Az utak alépítményeinek nem földből készült létesítményei a műtárgyak.

A műtárgyak lehetnek:

A feltöltések, bevágások földanyagának bizonyos esetekben szükséges megtámasztására szolgáló *támfalak* és *bélésfalak*; az állandó vagy időszakos vízfolyások átvezetésére szolgáló *hidak*, illetve *áteresztők*; két közlekedési út zavar-talan keresztezését biztosító *alul-* vagy *felüljárók*; a térszín alatti zárt vonal-vezetést lehetővé tevő *alagutak*.

Az erdei utak – mint többször említettük – egyszerű kivitelű létesítmények, nagyobb vízfolyásokat nem kereszteznek, nagyméretű földművek létesítését nem kívánják. Ehhez képest műtárgyigényük sem nagy, és főleg sok apró, egyszerű kivitelű műtárgyra szorítkozik.

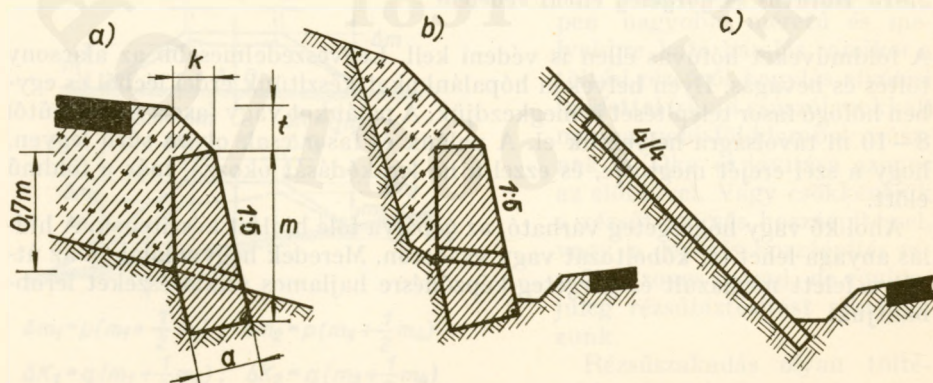
A műtárgyak költsége az alépítményi munka költségeit nem kis mértékben emeli (10–20%), ezért a tervezésnél a gazdaságossági szempontokat vegyük figyelembe. Meg kell keresni azokat az egyszerű megoldásokat, amelyek a technikai igényt még kielégítik, de nem költségesek, és az erdőgazdaság eszközeivel, jórészt helyi anyagokból kivitelezhetők.

Megfelelő vonalvezetéssel is csökkenthetjük a műtárgyak számát (pl. völgyutak elkerülése), a helyi anyagok ésszerű felhasználásával pedig előállítási költségeiket mérsékelhetjük. Szerep jut a műtárgyak költségeinek csökkentésében az előregyártásnak is.

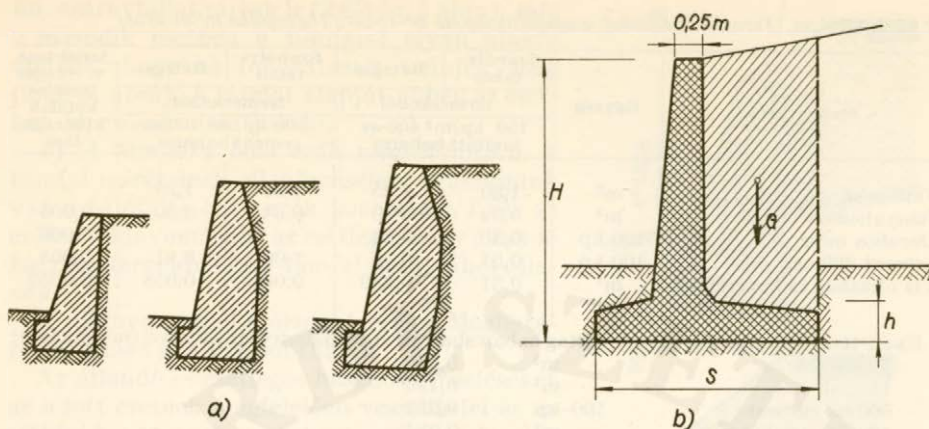
Az erdei utaknak a környezetbe való beilleszkedését, a megfelelő tájszépészeti hatást elősegíti, ha a műtárgyaink vonalát, anyagát a környezetnek megfelelően választjuk meg. Így a műtárgyak megjelenése olyan, mintha a természetes környezet tartozékai lennének, és nem hatnak erőszakolt, idegen építmények gyanánt.

2.622 Támasztófalak

Ha a földmű rézsűjét meredekebben kell kialakítani, mint azt a föld belső ellenállásai megengedik, az állékonyság biztosítására megtámasztást alkalmazunk. A támasztásnak a földnyomáson kívül gyakran a földműre eső esetleges terheléseket is fel kell venni.



250 2.62-1. ábra. Különböző feladatú támasztófalak. a) Támfal. b) Bélésfal. c) Borítófal



2.62-2. ábra. Különböző szerkezetű támfalak. a) Súlytámfal, b) Talpas támfal

A földművek megtámasztására falazatokat, az ún. támasztófalakat vagy röviden *támfalakat* alkalmazunk. Ilyen támfalak alkotják a hidak, áteresztők hídfőit és a csatlakozó földművek lezárását is.

Ha a falazat töltést támaszt meg, támfalnak, ha bevágást, *bélésfalnak* nevezük. Az ún. *borítófalaknak* támasztó szerepük nincs, csak a rézsűfelületek védelmére szolgálnak (2.62-1. ábra).

A többnyire kőből, betonból, esetleg acélbetonból készült támfalak szerkezetük szerint két csoportra oszthatók: súlytámfalakra és talpas támfalakra (2.62-2a, b ábra). A *súlytámfalak* kizárólag súlyukkal állanak ellen a rájuk ható erőknek, míg a *talpas támfalaknál* a talpra nehezedő földprizma nyomása is számításba jön.

A támfal felső szélességét (k) a támfal koronájának, a korona feletti töltésrész túltöltésnek nevezük. Jellemző a támfalra ezenkívül magassága (m), alapszélessége (a), rézsűje.

A támfalak tervezését a következő lépésekben hajtjuk végre:

- Megválasztjuk a támfal helyét, anyagát és szerkezetét;
- megállapítjuk a támfalra ható erőket;
- megválasztjuk a támfal méreteit;
- ellenőrizzük a támfal állékonyságát.

a) *A támfal anyaga és szerkezete.* Erdei útjainknál kőből vagy betonból készült súlytámfalakat alkalmazunk. A kőtámfalak falazatának készítésére az Épületszerkezetek tárgykörében ismertetett szabályok irányadók. Legtöbbnyire cementhabarcsba rakott szabálytalan vagy réteges terméskő falazatokat alkalmazunk, melyet azután kihézagolunk. A terméskő falazatok m^3 -enkénti anyagszükségletét a 2.62-I. táblázatban tüntettük fel. (Ilyen falazatot mutat a 2.62-36. ábra is a következő fejezetben.)

A betonfalak anyagául vagy a szokásos kavicsbetont, vagy kőbetont alkalmazunk. A betonban a legkisebb vastagság $\frac{2}{3}$ részénél nem nagyobb – gondosan letisztított –, ún. úsztatott köveket ágyazhatunk be. A beton támfalakhoz B 70 és B 100 betont szoktunk alkalmazni C 400–C 500-as cementtel. A talpas támfalakat betonból készítjük és vasalással látjuk el.

A falazati anyagok súlyát a statikai számításoknál a 2.62-II. táblázat értékeivel vesszük figyelembe.

☐ Súlytámfalak szokásos alakját a 2.62-1a és 2a ábrában mutattuk be. A támfal rézsűhajlását 1:5-nek szoktuk választani. Amennyiben a támfalat *rakodóponkul* használjuk, függőleges részével és vasbeton szegéllyel szoktuk készíteni.

2.62-I. táblázat. Terméskőfalazatok anyagszükséglete m³-enként (hézagolás m²-enként)

Anyag megnevezése	Egység	Szabály- talan	Réteges	Szabály- talan	Réteges	Szabálytalan v. réteges terméskőfalak kihézagolá- sa
		terméskőből		terméskőből		
		150 kp/m ³ 400-as javított habarcs		300 kp/m ³ 400-as cement habarcs		
Terméskő	m ³	1,30	1,25	1,30	1,25	—
Bányahomok	m ³	0,34	0,30	0,34	0,30	0,005
Darabos mész	100 kp	0,36	0,33	—	—	0,006
Cement 400-as	100 kp	0,51	0,46	1,00	0,91	0,008
Víz oltáshoz és keveréshez	m ³	0,31	0,289	0,064	0,058	0,0052

Ékelt terméskő burkolat 25 cm vastag habarcsba rakva és habarccsal kiöntve (m³-enként):

Terméskő:	m ³	0,348
Homok	m ³	0,126
500-as cement	100 kp	0,252
Víz keveréshez	m ³	0,024
Víz utókezeléshez	m ³	0,030

A szegély külső élébe használt keskeny nyomközű vasúti sínből (7–9 kp/fm) élvédőt szokás beépíteni (2.62-3. ábra).

Terméskőből, betonból készült pillérek közé helyezett acélbeton lemezekből áll az ún. pilléres támfal, melyet előregyártott elemekből is szokás készíteni.

2.62-II. táblázat. Falazati anyagok térfogatsúlya

Falazati minősége	kp/beépített m ³	Megengedett igénybevitel kp/cm ²
Falazótégla javított habarcsba	1600	8–10
Réteges terméskőfal cementhabarcsba rakva:		
homokkő	2200	5–7 10–25
mészkő	2600	
gránit	2700	
Kavicsbeton	2200	6–15
Zúzottkőbeton	2300	
Vasbeton	2400	
Föld	2000	
Köszekrény	1400	

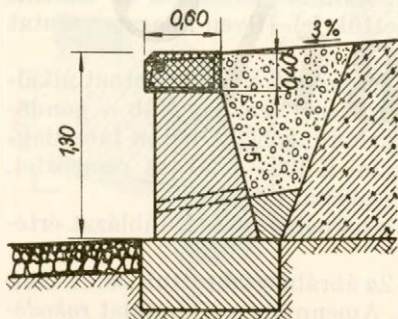
A támfalakat a megtámasztott földanyag víztelenítése érdekében több helyen törjük át, és a mögötte levő földművet a szükséghez mérten lássuk el kő- vagy kavicsrakatos szivárgókkal (2.62-4. ábra).

Patakmederbe épített támfalaknál a leszűkített mederben a meggyorsuló víz alámosást idézhet elő. A kőtámfalak vízzel érintkező felületét vízterelő hatás érdekében durvább kövekből képezzük ki.

Az erdei útépítéseknél kizárólag súlytámfalakat szoktunk alkalmazni, mivel azok szerkezetének egyszerűsége körülményeinknek legjobban megfelel. A támfalak anyaga legtöbb esetben a helyszínen lelhető kő vagy helyi kavicsból készült beton.

A támfalakat a földművekhez különféleképpen csatlakoztathatjuk; a földmű lezárásával vagy a támfal fokozott magasságsökkentésével.

Első esetben a földművet kő- vagy földkúppal, illetve



252 2.62-3. ábra. Súlytámfal rakodópont céljaira

ún. szárnyfallal zárjuk le (2.62-5a, b ábra), míg a második esetben a támfalat olyan alakra építjük, hogy az fokozatosan szűnjék meg (2.62-6. ábra). A támfal alapját ebben az esetben lépcsősen alakítjuk ki.

b) *A támfalra ható erők meghatározása.* A támfal méreteinek ellenőrzéséhez szükségünk van a támfalra ható erők ismeretére. Ezek az erők a földnyomásból, az esetleges vagy állandó hasznos terhekből és a támfal önsúlyából állnak.

A földnyomásból származó erők. (Meghatározását lásd a 2.464 pontban.)

Az állandó és esetleges hasznos terheléseket az adott esetnek megfelelően vesszük fel és az előbb idézett pont szerint vesszük figyelembe.

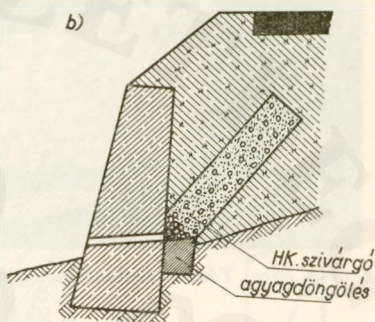
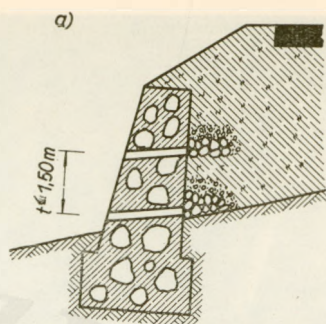
Az önsúlyt a támfal tényleges szelvénye alapján a 2.62-II. táblázat adatai szerinti térfogatsúlyok segítségével számítjuk ki.

c) *A támfal méreteinek megválasztása.* A támfal méreteit a 2.62-1. ábra alapján a 2.62-III. táblázatból vesszük ki.

d) *A támfal állékonyságának ellenőrzése.* A kőnemű anyagból készült súlytámfalak állékonyságát az alábbi feltételek szerint ellenőrizzük:

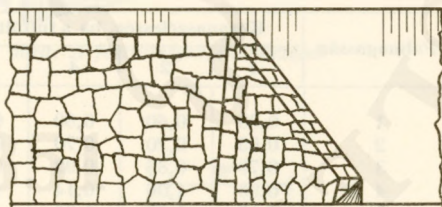
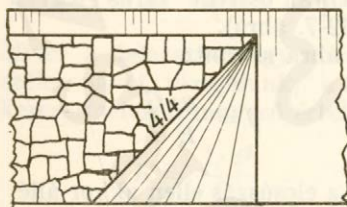
A támfal kifordításra ellenálljon, vagyis az összes erők eredője a hézagon belül essék.

A támfal elcsúszásnak ellenálljon, azaz a rá ható erők eredője a hézag normálisával a hézagban levő súrlódás szögénél kisebb szöget zárjon be.

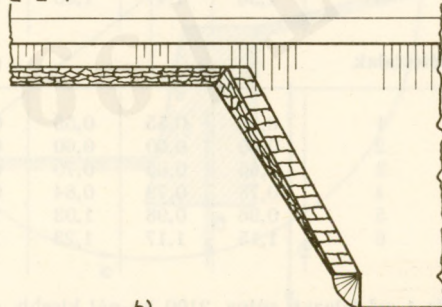
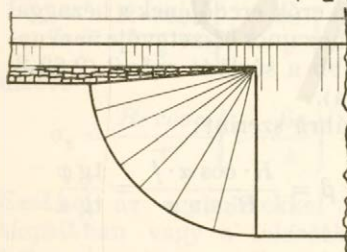


2.62-4. ábra. Támfalak vízvédelme

OLDALNÉZET



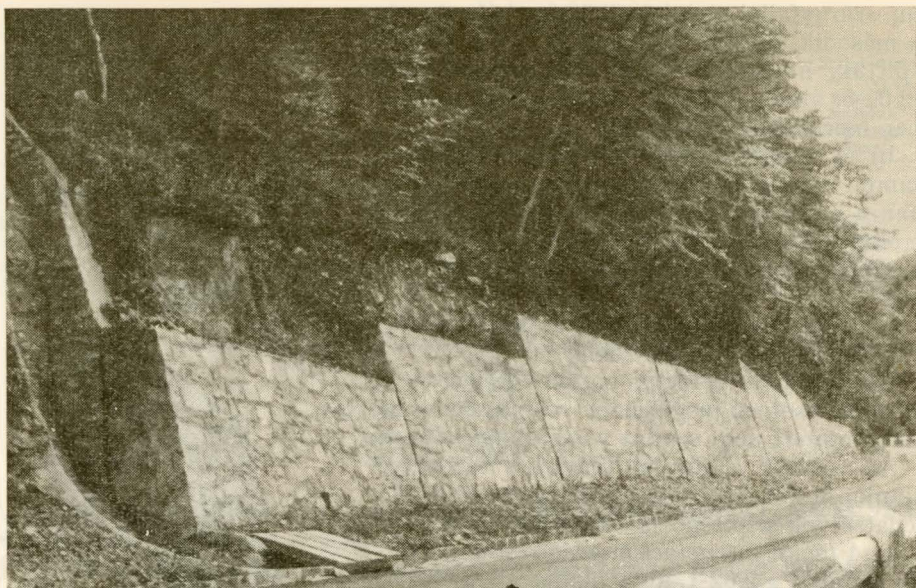
FELÜLNÉZET



a)

b)

2.62-5. ábra. Támfal lezárása. a) Földkúppal, b) Szárnyfallal



2.62-6. ábra. Támfal kialakítása lejtős terepen

Az eredő a szelvény belső $1/3$ -ába essen, azaz a falazatban húzófeszültség ne lépjen fel.

Az alapsíkban ébredő feszültségek ne lépjék túl a megengedettet.

Alaptörés ne következzen be.

Az egyes esetekre végrehajtandó vizsgálatokat egy méter széles falazatra, a következőképpen végezzük el.

2.62-III. táblázat. Terméskőfalazatok méretei méterben

Támfalak

Falmagasság	Koronaszélesség, ha a túltöltés			
	1	2	4	6
1	0,60	0,60	0,60	0,60
2	0,65	0,70	0,70	0,75
3	0,79	0,86	0,92	0,98
4	0,98	1,06	0,14	1,21
5	1,17	1,27	1,36	1,44
6	1,36	1,47	1,58	1,67

Bélésfalak

1	0,55	0,55	0,55	0,55
2	0,60	0,60	0,60	0,60
3	0,65	0,65	0,70	0,70
4	0,78	0,79	0,84	0,90
5	0,96	0,98	1,03	1,09
6	1,15	1,17	1,23	1,29

Ha 1 m^3 falazat súlya 2100 kp -nál kisebb, a falvastagságok a súlykülönbségek arányában növelemdők!

A kifordítás elleni állékony-ság feltétele, hogy a támfalra ható erők forgónyomatékának algebrai összege zérus legyen (2.62-7. ábra).

Az ábra szerint:

$$\beta = \frac{g \cdot G}{E \cdot e}$$

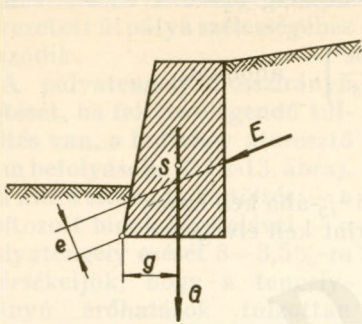
Az elcsúszás ellen akkor állékony a támfal, ha a hézagra ható erők eredőjének a hézaggal párhuzamos összetevője nem nagyobb a súrlódó erőnél (2.62-8. ábra).

az ábra szerint:

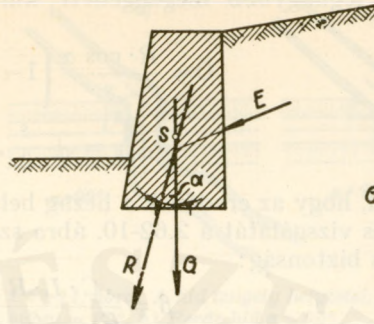
$$\beta = \frac{R \cdot \cos \alpha \cdot f}{R \cdot \sin \alpha} = \frac{\text{tg } \varphi}{\text{tg } \alpha}$$

mivel $f = \text{tg } \varphi$, ahol φ a súrlódási szög.

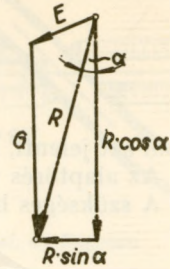
$\varphi = 26^\circ 30'$ a terméskő falazaton belül,



2.62-7. ábra. Támfal kifordítás elleni biztonságának vizsgálata



2.62-8. ábra. Támfal elesés elleni biztonságának vizsgálata



$\varphi = 22^\circ$ a falazat és homokos altalaj között,

$\varphi = 11^\circ$ a falazat és nedves agyagtalaj között.

Az egyes hézagban fellépő feszültségek ellenőrzését a 2.62-9. ábra alapján hajtjuk végre. A hézagban vagy az alapsíkban külpontos terhelés lép fel, azaz

$$\sigma_1 = \frac{R \cdot \cos \alpha}{s} \left(1 + \frac{e \cdot S}{K} \right),$$

illetve

$$\sigma_2 = \frac{R \cdot \cos \alpha}{s} \left(1 - \frac{e \cdot s}{K} \right).$$

Mivel a falazatból egy méter széles sávot vizsgálunk, a K keresztmetszeti tényező értéke:

$$K = \frac{1 \cdot s^2}{6}$$

Így

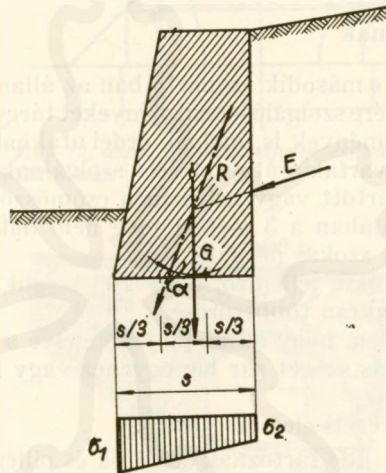
$$\sigma_1 = \frac{R \cdot \cos \alpha}{s} \left(1 + \frac{6e}{s} \right),$$

illetve

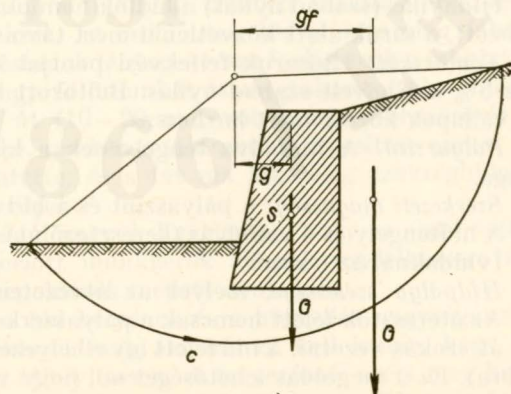
$$\sigma_2 = \frac{R \cdot \cos \alpha}{s} \left(1 - \frac{6e}{s} \right)$$

Ezekkel az egyenletekkel az alapsíkban vagy a falazatban fellépő feszültségek ellenőrizhetők.

Mivel kikötésünk az, hogy a falazatban húzófeszültség ne



2.62-9. ábra. A feszültségek ellenőrzése



2.62-10. ábra. Alaptörés elleni biztonság vizsgálata

lépjen fel, a legnagyobb megengedett külpontosság $\sigma_2=0$ értéknél van, azaz

$$O = \frac{R \cdot \cos \alpha}{s} \left(1 - \frac{6e}{s} \right), \quad \text{ahonnan}$$
$$e_{\max} = \pm \frac{s}{6},$$

ami azt jelenti, hogy az eredőnek a hézag belső $1/3$ -ába kell esnie.

Az alaptörés vizsgálatát a 2.62-10. ábra szerint kell elvégezni.

A szükséges biztonság:

$$\beta = \frac{C \cdot L \cdot R}{G \cdot g + G_I \cdot g_I}$$

A vizsgálatoknál megkívánt biztonság elcsúszás és alaptörés esetén 1,5, kifordítás esetén 2,0 legyen.

2.623 Áteresztők és kishidak

a) Alapfogalmak

A műtárgyak e második csoportjában az állandó vagy ideiglenes vízfolyásoknak átvezetésére szolgáló létesítményeket tárgyaljuk. Ugyancsak ide tartoznak azok a létesítmények is, melyek erdei utaknak más közlekedési út alatt vagy felett való zavartalan átvezetésére szolgálnak.

Az előregyártott vagy helyszínen csömöszölt csövekből készült szerkezeteket vagy általában a 3 métert meg nem haladó nyílásbőségű áthidalásokat áteresztőknek szokás nevezni.

Az áteresztőkre jellemző, hogy szélességük nagyobb az áthidalt nyílásnál, sőt annak gyakran többszöröse.

Attól függően, hogy az út pályatengelye a vízfolyás tengelyére merőleges, vagy azzal más szöget zár be, egyenes vagy ferde hídról beszélünk (2.62-11. ábra).

A híd szerkezeti elemei:

Alépitmény: Ide tartoznak a hídfők és pillérek.

Felszerkezet: Pályaszerkezet és főtartók.

Alátámasztások: Saruk, csuklók.

Hídtartozékok: Korlátok, vízlevezetők stb.

A hídszerkezet jellemző adatai pedig a következők:

Hídnyílás (szabad nyílás) a hídfők homloklapjai – pillérek oldalfületei – között, a saruk alatt közvetlenül mért távolság.

Támaszköz: Hídsaruk felfekvési pontjai közötti távolság. Ha saru nincs, az 5%-kal növelt szabad nyílás. Boltzott hidaknál az ív tengelyvonalának a vállapok között mért húr hossza.

Pályaszint: A hídpálya tengelyének a hídközépen mért abszolút magassága.

Szerkezeti magasság: a pályaszint és a híd alsó élének magasságkülönbsége.

A hídtengely és a vízfolyás (keresztvezető út) tengelye által bezárt szög.

Ívhidaknál az *ívsugár*.

Hídpálya szélessége, melyet az átvezetendő útpálya szélessége ad meg.

Az áteresztők felett nemcsak a pályaszerkezetet, hanem magát a földművet is át szokás vezetni. A híd felett így elhelyezett töltés az ún. túltöltés (2.62-12. ábra). Ez a megoldás lehetőséget ad, hogy vagy széles alacsony, vagy keskenyebb, de magasabb szerkezetet alkalmazzunk. Azt a megoldást választjuk, ahol a legkisebb falazatmennyiséggel biztosíthatjuk a szükséges hídníylást.

A hídpálya szélessége a rajta átvezetett útpálya szélességéhez igazodik.

A pályatengely hosszirányú lejtését, ha felette elegendő túltöltés van, a híd vagy áteresztő nem befolyásolja (2.62-13. ábra). Ha nincs elegendő túltöltés – a boltozott hidak kivételével – a pályatengely esetén 3–3,5%-ra mérsékeljük, hogy a tengelyirányú erőhatások túlzottan meg ne növekedjenek. A lejtés mérséklését már jóval a híd előtt kezdjük meg.

A hídfők a tartószerkezet támasztóerőit adják át az altalajnak, egyúttal biztosítják az útpálya al- és felépítményének csatlakozását a hídpályához, arra a zavartalan feljárást.

A pillérek a híd tartószerkezetét a két hídfő között támasztják alá. Ilyen esetben többnyí-lású híd alakul ki.

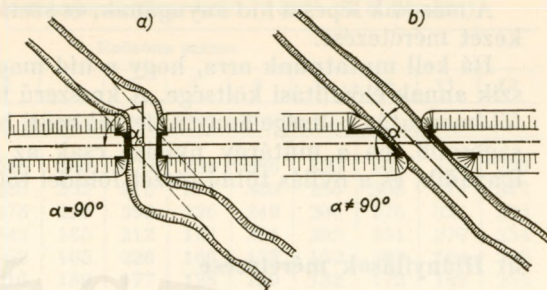
A hídfők és a pillérek kialakítása a támaszerők nagyságától, irányától, az altalaj és a víz folyásviszonyaitól függ.

A hidakat szokás anyaguk és tartószerkezetük szerint is osztályozni. Így beszélhetünk: fa-, vas-, kő-, betonhidakról vagy gerenda, lemez, boltozott szerkezetű hidakról, illetve áteresztőkről.

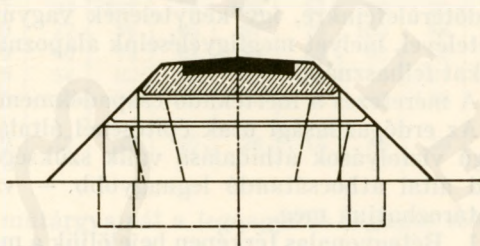
Az útfelületet, útburkolatot a hídon átfuttatjuk, de bizonyos esetekben a híd eltérő pályaszerkezetet is nyerhet. Amíg a faanyag részben szállítási, részben beszerzési okokból a legolcsóbb volt, az erdei utak hídjai kizárólag fából készültek. A régi erdészeti hidépítéstanok lényeges része foglalkozik a fahidakkal. Egy-egy fahíddal sokszor nagy földmunkát is megtakarítottak, ehhez képest nagy nyílásokat hidaltak át (10–20 m-t, sőt ennek többszörösét). Részben a fa értékének emelkedése, részben a földmunka gépesítése ezeket a szerkezeteket az erdőből is eltüntette, és a fát ma kizárólag szükséghidak (provizóriumok) létesítésére használjuk.

A hídszerkezetek megválasztásánál vegyük figyelembe, hogy az erdei építkezéseinknél csak kevésbé gyakorlott munkaerők állanak rendelkezésre és ezért lehetőleg a legegyszerűbb megoldások mellett döntünk.

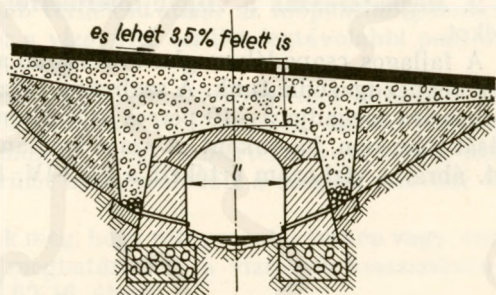
A hidak, áteresztők tervezése a híd helyének és a hidnyílás nagyságának megválasztásával kezdődik. A hidnyílásnak akkorának kell lennie, hogy a hídhöz érkező vízmennyiség azon átfolyhasson. A tervezésnél ezért meg kell határozni a hídhöz érkező legnagyobb vízmennyiséget, és a nyílás méreteit ehhez képest kell megválasztani.



2.62-11. ábra. A híd tengely helyzetei. a) Egyenes híd $\alpha = 90^\circ$. b) Ferde híd $\alpha > 90^\circ$



2.62-12. ábra. Áteresztő elhelyezési lehetőségei töltés alatt



2.62-13. ábra. Elegendő túltöltés esetén nagyobb pályasülés engedhető meg

A második lépés a híd anyagának, és szerkezetének megválasztása és a szerkezet méretezése.

Rá kell mutatnunk arra, hogy a híd magasságával és szélességével növekszik annak előállítási költsége. A korszerű földmunkagépek alkalmazásával a földmozgatás költsége annyira lecsökkent, hogy a legtöbb esetben a leggazdaságosabb, ha a műtárgy nyílása csak az átbocsátandó víz mennyiségéhez igazodik, és a nyílás többi részét földdel töltjük be.

b) Hídnyílások méretezése

Az erdőgazdaságban általában a legnagyobb veszélyes vízhozamra szoktuk a méretezést elvégezni. A meteorológiai megfigyelésekből kevés esik összefüggő erdőterületeinkre, így kénytelenek vagyunk — kellő biztonság figyelembevételével, melyet megfigyeléseink alapoznak meg — a rendelkezésre álló adatokat felhasználni.

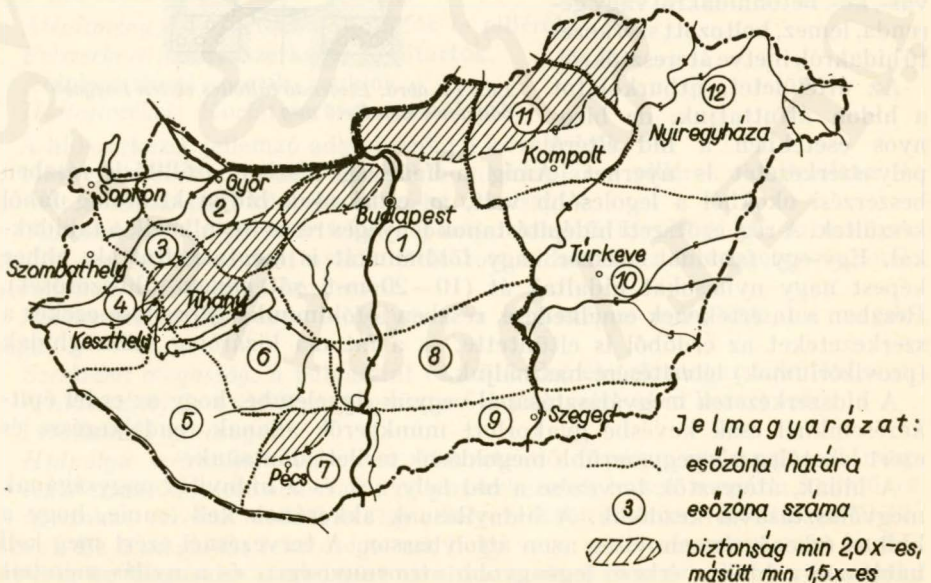
A méretezés a mértékadó csapadékmennyiség meghatározásával kezdődik.

Az erdőgazdasági utak építésénél általában kisebb, sokszor vadpatak jellegű vízfolyások áthidalása válik szükségessé, melyeknél a mértékadó — a híd által átbocsátandó legnagyobb — vízmennyiséget a következőképpen határozhatjuk meg.

1. Rétegvonalas térképen bejelöljük a műtárgy helyét, a műtárgy vízgyűjtő területeinek határait, és ha-ban, ill. km²-ben meghatározzuk annak kiterjedését.

2. Meghatározzuk a vízgyűjtőterületről lefolyó mértékadó fajlagos csapadékot.

A fajlagos csapadék meghatározásánál az MSZ 15 300-53 R-ben megadott értékekhez igazodhatunk. A szabvány esőzónákra osztja az országot. Minden esőzónára megadja 5—10 perces időtartamban a veszélyes csapadék intenzitását l/sec-ban, ha-onként. A szabványban meghatározott esőzónákat a 2.62-14. ábra, a vízhozam értékeit a 2.62-IV. táblázat tünteti fel. A tapasztalat



Esőtartam perc	Esőzőna száma											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	fajlagos esővízhozam I/mp/ha											
5	360	340	667	546	350	670	298	386	320	403	450	700
10	330	322	427	430	252	516	274	300	285	308	414	517
15	308	259	314	378	220	392	226	249	208	276	324	333
20	279	196	250	342	185	312	198	201	202	251	270	354
30	225	152	178	252	165	226	166	138	152	202	184	283
40	201	120	137	210	159	177	128	130	132	173	139	255
50	165	101	112	200	140	147	106	123	120	142	118	236
60	138	90	96	177	121	123	96	119	117	135	103	198
70	119	81	84	163	104	115	86	116	106	121	90	170
80	111	72	75	151	94	102	78	105	94	110	80	150
100	106	59	65	130	77	86	65	87	76	102	66	123
120	106	51	55	109	66	74	61	73	65	93	42	103
150	95	45	47	89	54	62	59	61	53	75	29	83
180	82	38	39	75	46	55	49	53	44	63	28	69
Hány évi adat	41	14	14	52	17	22	27	26	15	48	10	34

azt mutatja, hogy erdei útjaink műtárgyainál a legnagyobb fajlagos esővízhozammal szükséges számolni.

A nagy vízhozamú esők intenzitása kezdetben nagyobb, majd fokozatosan csökken. Ezt a tendenciát a 2.62-15. ábrán szemléltetjük.

A műtárgy részére a legnagyobb terhelést annál az időpontnál jelentkező fajlagos vízhozam jelenti, amikor a vízgyűjtő terület legtávolabbi pontjából egy vízrészecske leérkezik a műtárgyig.

Ez a törvényszerűség egyenletes völgyekre érvényes, míg általános helyzetű völgyek esetében a mértékadó esőhozam ettől némileg, de nem jelentősen eltérhet. E törvényszerűség azt mondja, hogy a mértékadó esőhozam akkor van, midőn az egész vízgyűjtő terület bekapcsolódott a vizsgált szelvény táplálásába.

A leérkezési időt úgy határozzuk meg, hogy rétegvonalas térkép vagy, ennek hiányában, lejtűző segítségével meghatározzuk a vízfolyás hosszszelvényét a völgy leghosszabb szakaszán (2.62-16. ábra).

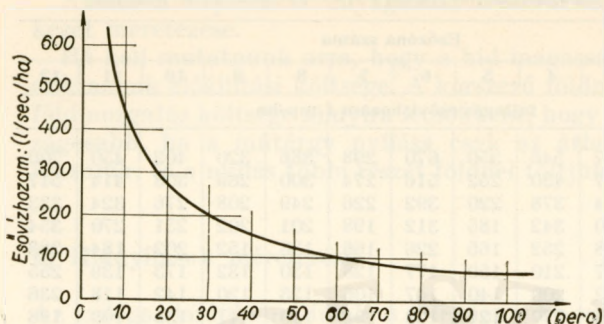
Az egyes mederesékekhez tartozó vízsebességet *Korbély–Kenessey* képlete alapján határozzuk meg. A képlet, melyről a grafikon készíthető;

$$v[\text{m/sec}] = 20 \cdot \sin \varphi^{0,6},$$

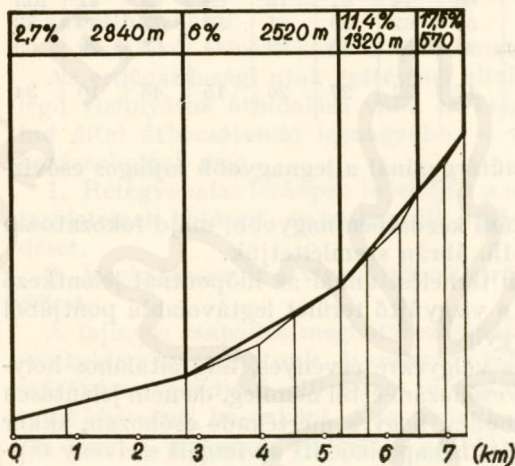
ahol φ a mederfenék hajlásszögét jelenti. A 2.62-17. ábra az összefüggést úgy ábrázolja, hogy az abszcissa tengelyen a φ szög helyett mindjárt az ezrelékes lejtés szerepel. Az egyik görbe 0–50%-ig, a másik 50–100%-ig mutatja a megfelelő vízsebességet, természetesen a megfelelő beosztással.

A leérkezési időt esésszakaszonként kiszámított részidőkből kapjuk meg. Ennek alapján kiválasztjuk a fajlagos vízhozamot, melyet még a lefolyási tényezővel (ψ) kell megszorozni. A lefolyási tényező a terep fedettségétől függ és értékét a következők szerint vehetjük számításba:

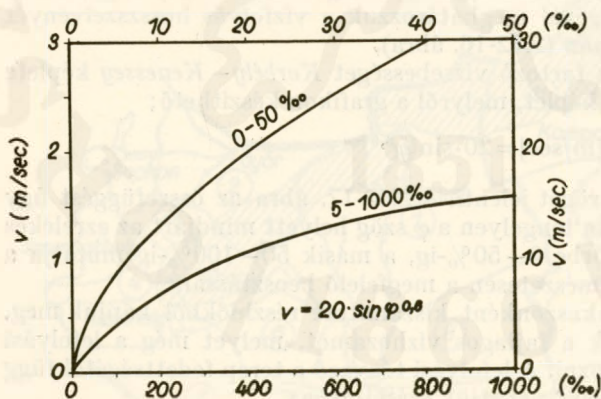
Falu, kertes családi házak	0,2–0,4
Ligetes erdő	0,1–0,2
Ipartelep, rakodó, faraktár	0,4–0,5
Mező, rét, legelő	0,1–0,15
Gyengén erdőszült terület	1,12
Jól erdőszült terület	0,05–0,12



2.62-15. ábra. Fajlagos esővízhozam az eső időtartamának függvényében



2.62-16. ábra. A vízfolyás hossz-szelvénye



2.62-17. ábra. A völgyfenéken mozgó víz sebessége a mederesés függvényében

Ha a vízgyűjtő terület különböző fedettségű részekből áll, a lefolyási ténylegét a területek szerint súlyozott átlag alapján határozzuk meg. A veszélyes vízmennyiséget megkapjuk, ha a ha-onkénti fajlagos vízmennyiséget a vízgyűjtő területtel megszorozzuk. Az így nyert értéket azután m^3/sec egységben fejezzük ki. Ha tehát a fajlagos mértékadó vízhozam $q [m^3/sec/ha]$, az átbocsátandó vízmennyiség:

$$Q' [m^3/sec] = \psi \cdot q \cdot T [ha],$$

ahol $T [ha]$ a vízgyűjtő területe.

Erdei útépitéseinknél gyakran találkozunk erodált völgyekkel, vízmosásokkal, vadpatakokkal. Megszüntetésükkel az „Erdészeti Vízgazdálkodás” foglalkozik.

Vízhozamuk meghatározása a következőképpen történik: a vízmosás felső része az ún. katlan, ahol a meredek, nem erdőszült vagy elkopárosodott lejtőn lerohanó víz felesleges energiája hordalékot termel (2.62.18. ábra).

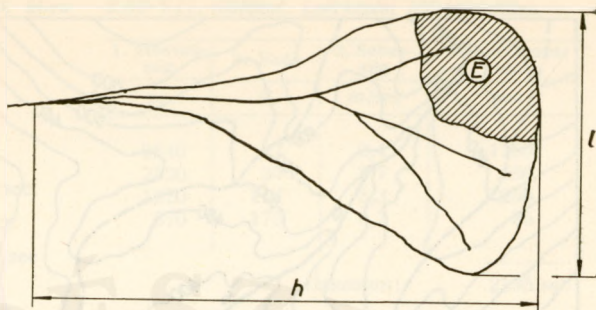
A katlant a torokszakasz követi, ahol sem hordalék-termelés, sem lerakás nincs. Ezután találjuk a hordalékkúpot, ahol a víz sebessége annyira lecsökken, hogy a szállított hordalék lerakódik. A katlan és a torokszakaszon a hídnyílást nagyobb biztonságra méretezzük, míg a hordalékkúpnál a szokásos szabályokat kövessük.

Markó (1958) szerint 3%-os valószínűségű nagyvíz-hozam vízmosásoknál:

$$Q [m^3/sec] = q \cdot T \frac{T}{T+E},$$

ahol T [km²] a vízgyűjtő terület teljes kiterjedése
 E [km²] a vízgyűjtő területből erdővel borított rész

$$q = \frac{C}{\sqrt{T}}, \text{ ahol } C$$



értékét a 2.62-V. táblázat alapján határozhatjuk meg. *2.62-18. ábra. Vízmosás helyszínrajza*

(A betűjelzésekre a 2.62-18. ábra mértékadó.)

A következő lépésben megtervezük a hídnyílást és ellenőrizzük, hogy képes-e mértékadó vízhozam (Q') átbocsátására.

Ha I a hídnyílás alatti szakasz viszonyított esése: $\frac{e\%_{00}}{1000}$

F az átfolyási szelvény területe [m²].

$R = \frac{F}{K}$ a hidraulikus sugár, ahol K a nedvesített kerület

$c = \frac{87\sqrt{R}}{\gamma + \sqrt{R}}$, ahol γ a mederérdességi tényező, lásd 2.62-VI. táblázat.

A víz sebessége a műtárgy alatt:

$$v[\text{m/sec}] = c\sqrt{R \cdot I}$$

Az átbocsátható vízmennyiség:

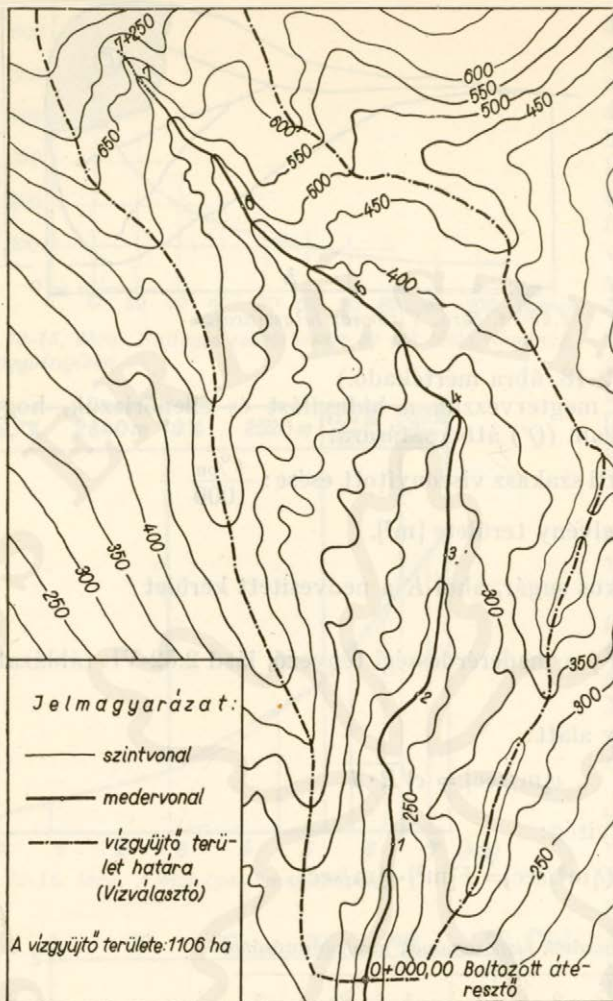
$$Q[\text{m}^3/\text{sec}] = F[\text{m}^2] \cdot v[\text{m/sec}]$$

2.62-V. táblázat. c értéke a vízmosások vízhozamának meghatározásához

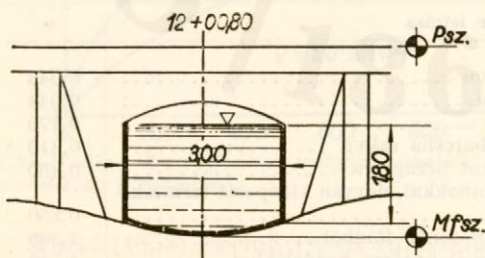
$\frac{h}{e}$	0,7	1	2	3	4	5	6	7
c	15	12	10	9	8	7	6,5	6

2.62-VI. táblázat. A mederérdességi szám értékei

A meder leírása		γ
1.	Gyalult fa, sima cement lap, sima fém	0,043
2.	Gyalulatlan deszka, cement simítva	0,044
3.	Szabályos terméskő falazat, vascső	0,170
4.	Jól idomított terméskő falazat, habarcsba rakva	0,310
5.	Átlagosan kiképzett terméskő falazat hézagolva	0,480
6.	Földmeder finom kavicsal és sok homokkal, durván kiképzett terméskő falazat	0,850
7.	Szabályos csatornaszelvény, rézsű és fenék földből	1,300
8.	Szabályos csatornaszelvény, növényvel benöve, hordalékkal	1,750
9.	Erősen hordalékos vízfolyás, vadpatak fejnagyságú kövekkel	1,970
10.	Szabálytalan meder sziklába robbantva	2,100



2.62-19. ábra. Vízgyűjtőterület helyszínrajza



$$F = 5,40 \text{ m}^2; K = 2 \times 180 + 300 = 640 \text{ m}$$

262 2.62-20. ábra. Áteresztő elhelyezési terve

Az átbocsátás biztonsága:

$$\beta = \frac{Q}{Q'} = 1,5 - 2$$

Nyilvánvaló, hogy az átbocsátható vízmenynyiség a mederérdesség csökkentésével és az esés emelésével is növelhető.

Példa. Alapadatok: Vízgyűjtő terület helyszínrajzát a 2.62-19. ábrán mutatjuk be. Vízgyűjtő terület planimetrálással meghatározva: $T = 1106$ ha.

Az átérseztő a 2.62-IV. táblázat szerint az 1. körzetben épül

Lefolyási tényező: $\psi = 0,1$.
A tervezett átfolyási szelvény (2.62-20. ábra):
 $F = 5,40 \text{ m}^2$

Nedvesített kerület: $K = 6,60 \text{ m}$.

Sűrűdési szám (átlagos terméskő fal): $\gamma = 0,480$.

Mederesés a műtárgy helyén $I = 0,032$.

Mértékadó vízmennyiség meghatározása.

A leghosszabb vízfolyás adatait a 2.62-16. ábra alapján a 2.62-VII. táblázatban tüntetjük fel.

A táblázat alapján a leérkezési idő percekben:

$2195/60 = 36,5$ (A táblázat 1. és 2. oszlopa a 2.62-16. ábrán megadott hossz-szelvényből, a 3. oszlop a 2.62-17. diagramból származik. A 4. oszlop adatait az 1. oszlop adataiból a 3.-kal való osztással nyerjük.)

A leérkezési idő alapján a mértékadó fajlagos vízhozamot a 2.62-IV. táblázatból megfelelő interpolálással kiolvassuk, és így $q = 209 [l/sec/ha]$ adatot nyerünk.

A mértékadó vízmennyiség így:

$$Q' = q \cdot T \cdot \psi =$$

$$= 209 \cdot 1106 \cdot 0,1 \cdot 0,001 =$$

$$= 23,1 \text{ m}^3/sec$$

A hídnyílás ellenőrzése a 2.62-20. ábra alapján

$$R = \frac{F}{K} = \frac{5,40}{6,60} = 0,82,$$

$$c = \frac{87\sqrt{0,82}}{0,48 + \sqrt{0,82}} = 56,8,$$

$$v = 56,8\sqrt{0,82 \cdot 0,032} = 9,2 \text{ m/sec}$$

Az átbocsátható vízmennyiség így

$$Q = v \cdot F = 5,4 \cdot 9,2 = 49,8 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$\text{Biztonság: } \beta = \frac{49,8}{23,1} = 2,15.$$

Ügyelni kell, hogy a legmagasabb vízszint és a hídstruktúra alsó éle között legalább 0,50 m szabad magasság maradjon, hogy a víz által elsodort fadarabok a hídban ne akadjanak fenn.

Példa. Egy vadpatak nagyvíz-hozama számítható ki.

Alapadatok: $T = 6,5 \text{ km}^2$, $E = 1,5 \text{ km}^2$, $h = 5$, $l = 2 \text{ km}$, így $c = 9,5$.

$$q = \frac{9,5}{3} = 3,17; \quad Q = 3,17 \cdot 6,5 = 20,66 \text{ m}^3/\text{sec}.$$

2.62-VII. táblázat. Leérkezési idő számítása

1. Hosszúság m	2. Esés %	3. Sebes- ség m/sec	4. Leérkezési idő sec
2840	27	2,4	1180
2520	30	3,7	680
1320	114	5,3	250
570	175	6,7	85
Összesen:			2195 sec

c) Hidak, átvezetők szerkesztési szabályai

A közutak hídjának szerkesztési szabályait a KPM 36/1956. sz. rendeletével kiadott „Közúti Hídszabályzat” foglalja magába.

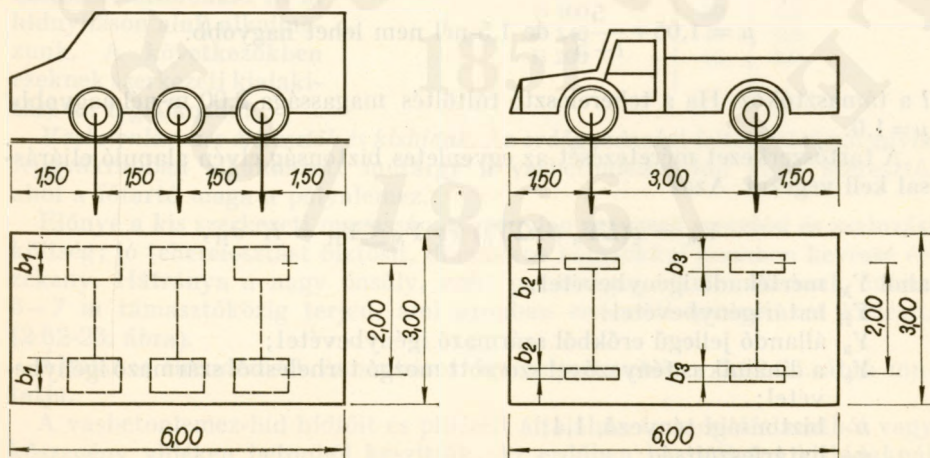
Erdei útjaink műtárgyainak tervezésénél ennek rendelkezéseit vesszük figyelembe. A következőkben megismerkedünk a „Közúti Hídszabályzat”-nak azokkal a rendelkezéseivel, melyekre egyszerű műtárgyaink tervezésénél és építésénél szükség van.

A hidakra (átvezetőkre) állandó, illetve tartós jellegű és esetleges terhelések hatnak.

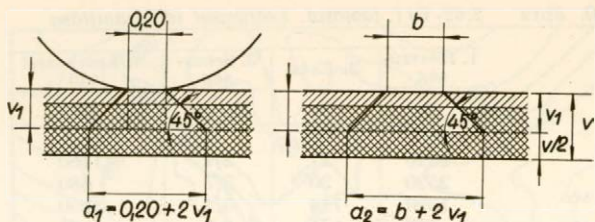
Állandó, illetve tartós jellegű terhelések:

Az önsúly, azaz a tartó szerkezete, pálya, korlát stb. súlya. Ezt a terv szerint kell számításba venni az illető anyag tényleges súlya alapján.

A földnyomást, ami a hídfőkre hat, a támasztófalaknál mondottak alapján határozzuk meg.



2.62-21. ábra. Járműterhelés jellegábrája



2.62-22. ábra. A felfekvési terület meghatározása

2.62-VIII. táblázat. Járműterhelés adatai (A terhelési osztályú hidat erdei útjainknál nem építünk, ezért ennek adatai elmaradtak)

Osz- tály	Jele	Össz- súlya Mp	Kerék súly Mp	b ₂ Felfek- vési szé- lesség m	Kerék súly Mp	b ₂ Felfek- vési szé- lesség m
B	tgk	30	5,0	0,30	10,0	0,60
C	tgk	15	2,5	0,20	5,0	0,30
D	tgk	7,5	1,25	0,20	2,5	0,30

pályaszegélyig tolható el. Ha a jármű keréksúlyát teherelosztó réteg (burkolat, túltöltés) viszi át a szerkezetre, akkor a terhet egy derékszögű négyszögön megosztottnak kell tekinteni. A négyszög mérete a hídnyílás irányában:

$$a_1 = 0,20 + 2v_1, \text{ illetve erre merőlegesen}$$

$a_2 = b + 2v_1$, ahol v_1 a teherelosztó réteg vastagsága, b a 2.62-21. jármű jelleg-ábrából leolvasható. Ha a teherhordó szerkezet vasbeton lemez, a v_1 értékébe a lemez félvastagsága beleszámít (262-22. ábra). A hídfők mögötti útpályán a járműteherből keletkező földnyomástöbblet meghatározásakor e terheket a teljes koronaszélességben működő m méter magas feltöltéssel kell helyettesíteni. A helyettesítő feltöltés esetén a hidat terheletlennek kell feltételezni, vagy csak 300 kp/m² járműsört helyettesítő teherrel terheltnek.

A méretezés során a mozgó terhelésből származó dinamikus hatást az ún. dinamikus tényezővel való szorzással kell figyelembe venni. Ennek értéke:

$$\mu = 1,05 + \frac{5}{l+5}, \text{ de } 1,5\text{-nél nem lehet nagyobb.}$$

l a támasztóköz. Ha a teherelosztó túltöltés magassága 2,00 m-nél nagyobb, $\mu = 1,0$.

A tartószerkezet méretezését az egyenletes biztonság elvén alapuló eljárással kell végezni. Azaz

$$Y_M = q(\Sigma Y_a + n\Sigma Y_e) \text{ és } Y_M \leq Y_H = K \cdot \sigma_H,$$

ahol Y_M mértékadó igénybevétel;

Y_H határigénybevétel;

Y_a állandó jellegű erőkből származó igénybevétel;

Y_e a dinamikus tényezővel szorzott mozgó terhelésből származó igénybevétel;

n biztonsági tényező, 1,4;

σ_H határfeszültség;

q rendeltetési tényező, egyéb előírások hiányában 1,1.

2.62-IX. táblázat. Acélbetétek határ feszültségei

Betonacél minőség	$\sigma_{H\beta}$ kp/cm ²	A merev acélbetét minősége	$\sigma_{H\beta}$ kp/cm ²
36, 24, 12 és 36 24, S	1950	36, 24, 12	2000
50, 35, 12 és 50, 35, S	2750	50, 35, 12, B 280-nál gyengébb minőségű be- tonban használni nem szabad	2800
Hidegen szilárdított acél (Csavart acél) legfeljebb 20 mm \varnothing -ig	2750		

A méretezés után ki kell mutatni, hogy a végleges szerkezeten a hasznos terhek hatására nem keletkezik-e megengedettnél nagyobb lehajlás. Ha a híd támaszköze kisebb, mint 15 m, a lehajlást nem kell számolni. A megengedhető lehajlás:

$$\frac{1}{400} - \frac{1}{500}$$

A méretezésnél alkalmazandó fontosabb anyagok határ feszültségét a 2.62-IX, X, XI. táblázatokban adjuk meg.

d) Hidak, átteresztők szerkezetének kialakítása

Az erdei útépitésben általában vasbeton lemezt és boltozott kishidakat (8 m hídnyíláson alul) alkalmazunk. A következőkben ezeknek szerkezeti kialakításával foglalkozunk.

Vasbetonlemez átteresztők és kishidak. Az erdőgazdasági feltáróutaknál egyik leggyakrabban alkalmazott műtárgy a vasbetonlemez-híd vagy átteresztő, ahol a főtartó maga a pályalemez.

Előnye a kis szerkezeti magasság, viszonylag egyszerű szerelési és zsaluzási költség; jó teherelosztást biztosít, dinamikus hatásokkal szemben kevésbé érzékeny. Hátránya a nagy önsúly, ezért gazdaságos alkalmazásának határa 6–7 m támasztóközéig terjed, ami azonban erdészeti igényeinket kielégíti (2.62-23. ábra).

Általános elrendezését és szokásos keresztmetszeteit a 2.62-24. ábra mutatja.

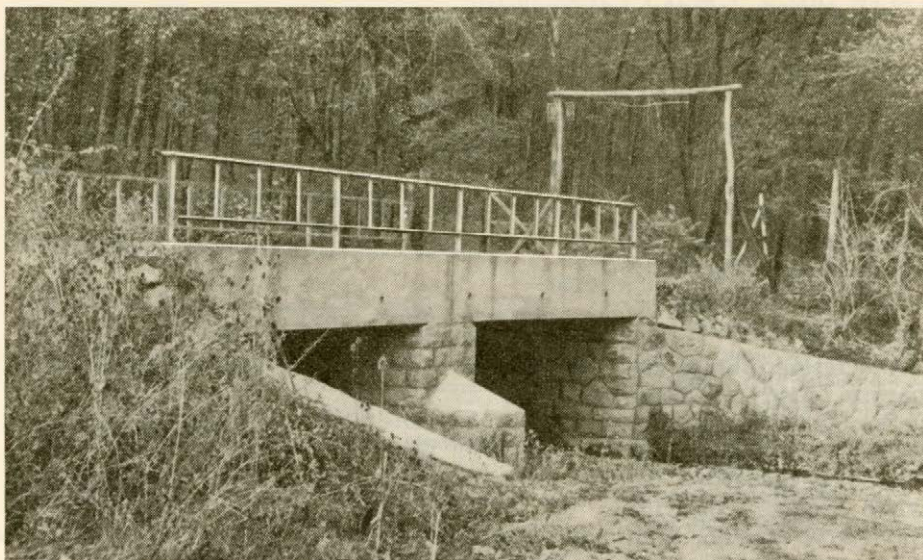
A vasbetonlemez-híd hídfőit és pilléreit általában terméskőfalazatból vagy kőszegény vidéken betonból készítjük. Az erdőben használatos kishidaknál ($l' < 7$ m) a lemezeket egyszerűen a hídfőkre fektetjük, esetleg a felfekvés hé-

2.62-X. táblázat. Vasbetonhidak betonjának határ feszültségei

Igénybevételi mód	$\sigma_{H\beta}$ [kp/cm ²], ha a beton minősége			
	B 140	B 200	B 280	B 400
Bármilyen igénybevételből származó nyomásra	65	90	115	140
Nyírásból, csavarásból származó ferde húzásra				
a) acélbetétek számításba vétele nélkül	7	9	11	13
b) ha a kengyelek és a felhajtott acélbetétek a húzást felveszik	17,5	22,5	27,5	32,5

2.62-XI. táblázat. Betonszerkezetek határ feszültségei

Beton minősége	σ_H	$\sigma_{H\beta}$
	kp/cm ²	
B 50	16	2,5
B 70	22	3,5
B 100	30	5,0
B 140	40	6,0
B 200	55	8,0



2.62-23. ábra. Erdei út vasbeton lemezídja

lyére grafitbevonatot alkalmazunk. Nagyobb támaszköznél saruk tervezendők.

Ha az áthidaló lemez minden merevítés nélkül készül, egyszerű lemezhidáról beszélünk. Ennél a szerkezetnél a pályaszéleket utólagosan készített soványbeton kerékhárító zárhatja le, amely vasalatlan szerkezet és a lemezzel mintegy 50–60 cm távolságra bebetonozott betonacél darabokkal kapcsolódik össze (2.62-24b ábra).

A kerékhárító, mint nem teherviselő elem, a tartószerkezet erőjátékában nem vesz részt, ezért azt a tartószerkezet (lemez) kizsaluzása után helyezzük fel. Esetleges repedések megelőzésére a kerékhárítót a híd tengelyére merőleges irányban 2–3 m-enként megszakítjuk, hézagot hagyunk, melyet bitumennel kiöntünk.

A szegélybordás lemezhidaknál a tartólemeznek a hídtengellyel párhuzamos szabad oldalain teherviselő szegélyborda helyezkedik el. A szegélyborda a lemeznél nagyobb magasságú, de vele együtt vasalt szerkezeti elem.

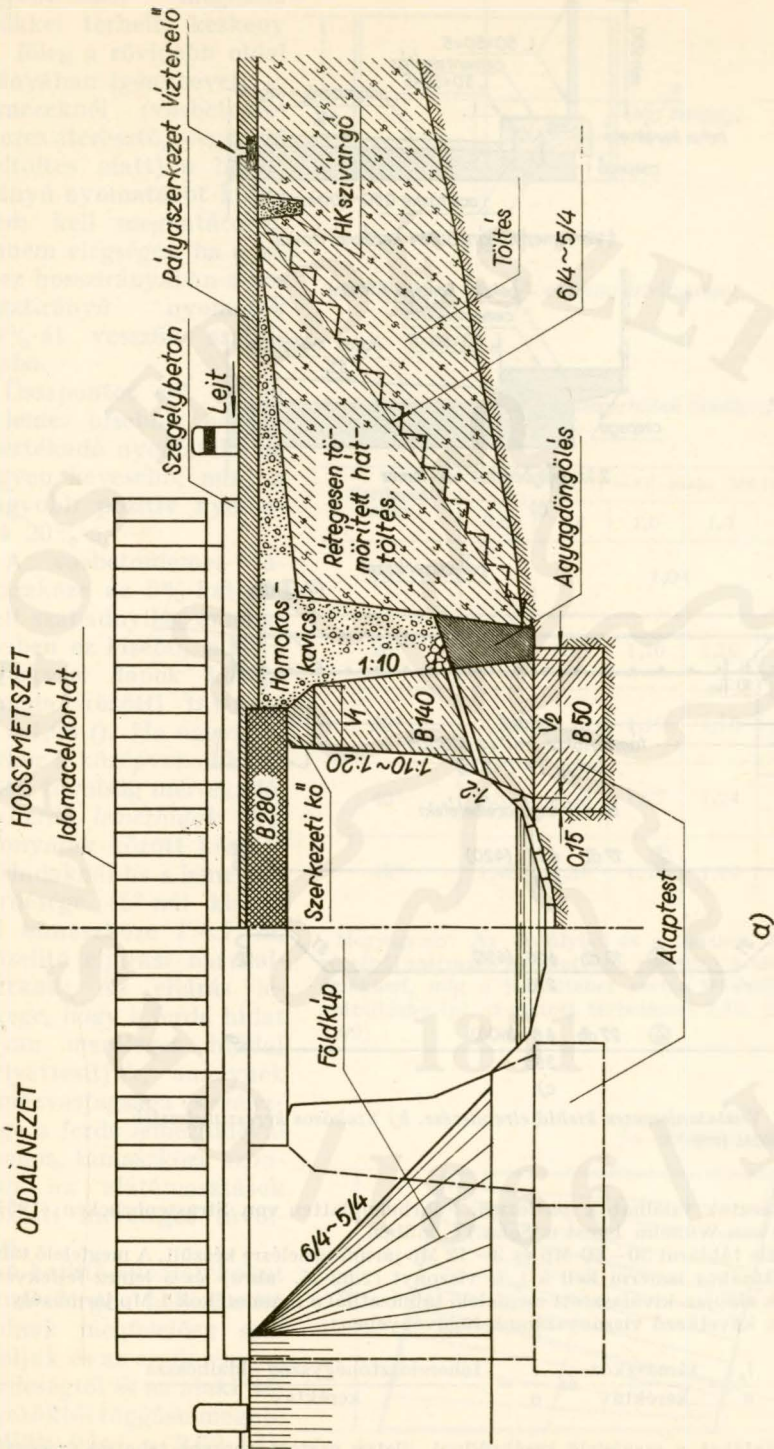
Az egyszerű lemezhidakat a rugalmas lemez elmélet alapján szokás számítani. A rugalmas lemez elmélet a lemezek belső erőit a megfelelő kerületi feltételek alapján, a lemezek általános negyedrendű parciális differenciál egyenletével oldja meg.

A kerületi feltételek meghatározásához ismerni kell:

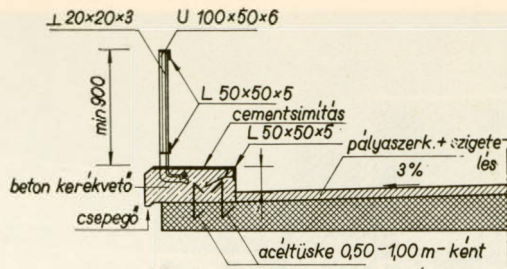
1. az alátámasztott oldalak számát (egyszerű lemeznél 2);
2. a felfekvés módját (egyszerű lemeznél szabadon felfekvő);
3. a támasztók merevségét.

Régebben a lemezeket a megtámasztás módjától függően egy vagy két irányban teherviselőnek tekintették. Rá kell mutatnunk arra, hogy a lemezek minden esetben mindkét irányban teherviselők, legfeljebb az egyik irányú igénybevétel a másikhoz viszonyítva kicsi.

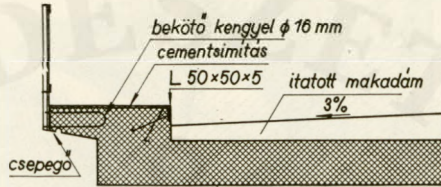
A lemezben fellépő nyomatékok meghatározására táblázatok vannak, melyeknek használatát a KH megengedi.



2.62-24. ábra. Vasbetonlemez kishíd elrendezése. a) Hosszmetszet (szokásos méretarány: 1:25 – 1:50) és oldalnézet

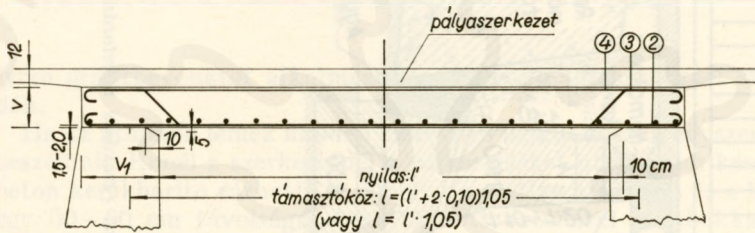


1.Vb. lemez soványbeton kerékhárítóval

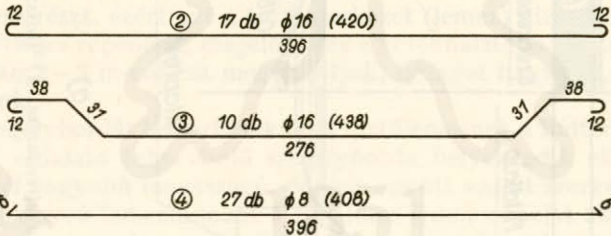


2. Szegélybordás vb. lemez

b)



Hosszirányú acélbetétek:



c)

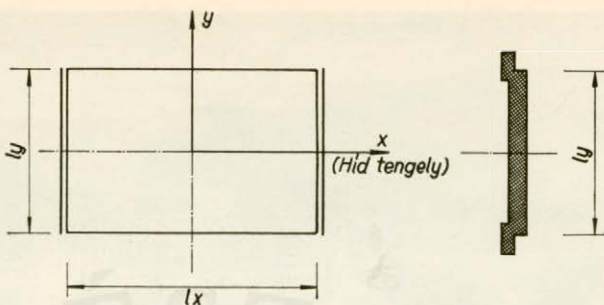
2.62-24. ábra. Vasbetonlemez kishíd elrendezése. b) Szokásos keresztmetszetek. c) Lemez vasalási tere

Ilyen táblázatok találhatók pl. *Rüsch: Fahrbahnplatten von Strassenbrücken* (1957. Berlin, Verlag von Wilhelm Ernst u. Sohn.) c. műben.

A *Rüsch*-féle táblázat 30–60 Mp és 3–12 Mp járműterhelésre készült. A megfelelő táblázat kiválasztásához ismerni kell a l_y/l_x viszonyt (2.62-25. ábra) és a lemez felfekvési módját. Ennek alapján kiválasztott megfelelő táblázatból a nyomatékok 1 Mp járműsúlyra kiolvashatók a következő viszonyszámok függvényében:

$$\frac{l_x}{a} = \frac{\text{támaszköz}}{\text{keréktáv}} \quad \text{és} \quad \frac{t}{a} = \frac{\text{teherelosztónégyszög oldalhossza}}{\text{keréktáv}}$$

A lemez teljes felületén egyenletesen megoszló erőkket terhelt, keskeny – főleg a rövidebb oldal irányában igénybevett – lemezeknél (vasbetonlemez átteresztő, megfelelő túltöltés alatt) a hosszirányú nyomatókat külön nem kell meghatározni, hanem elégséges, ha a lemez hosszirányában a keresztirányú nyomatók 20%-át vesszük számításba.



2.62-25. ábra. Az $\frac{l_y}{l_x}$ viszony értelmezése

Összpontos erő esetén a lemez kisebbik pozitív mértékadó nyomatóka ne legyen kevesebb, mint a nagyobb pozitív nyomatók 20%-a.

A vasbetonlemez támaszköze az 5%-kal növelt szabadnyílás, amennyiben ez kisebb, mint a felfekvési lapok közepvonala közötti távolság ($l' = 1,05 t$). Ha nagyobb, akkor a közepvonalak közötti távolság mértékadó.

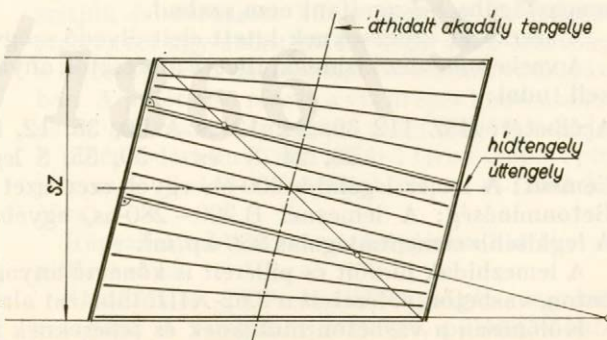
Ferde lemezhidak. Viszonyaink között készülő kishidaknál ha a lemez híd ferdesége 45° -nál kisebb és támaszköze $l' < 7$ m, közelítő eljárást használhatunk. Az eljárás lényege, hogy a ferde hidat olyan merőleges híddal helyettesítjük, amelynek lemezvastagsága és szélessége a ferde lemezhidával azonos, támaszköze azonban az alátámasztások közötti merőleges távolság.

A hajlító nyomatékokat a merőleges helyettesítő hídnak megfelelően számoljuk és az eredményt a ferdeségtől és az alakitényezőktől függően megnöveljük (lásd a 2.62-XII. táblázatot).

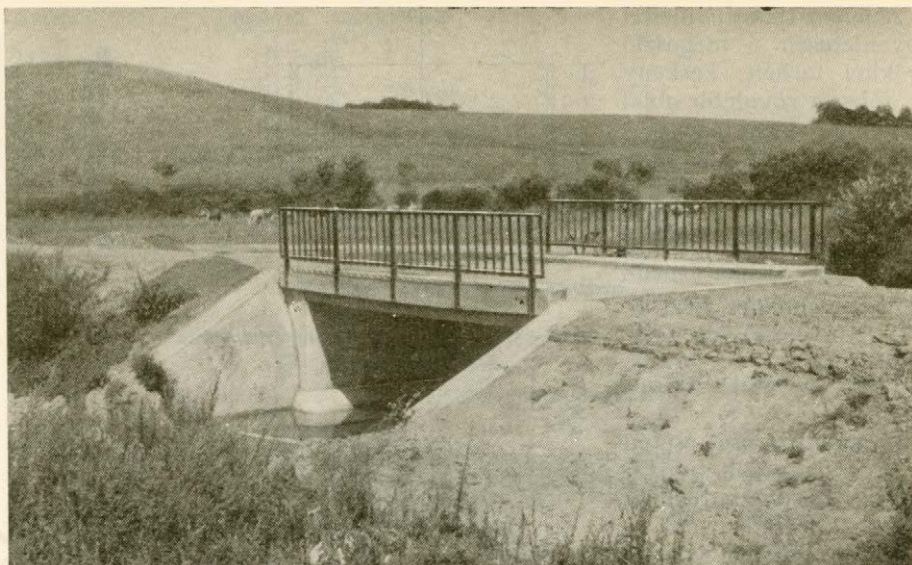
2.62-XII. táblázat. Ferde lemezhidak önsúlynyomatékát növelő tényező

Ferdesség szöge	Ha $l' = b/l$ alakú tényező					
	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6–2,0
10°	1,04					
20°	1,12	1,11	1,10	1,10	1,09	1,09
30°	1,19	1,18	1,17	1,16	1,15	1,15
40°	1,37	1,32	1,27	1,24	1,19	1,15
45°	1,45	1,39	1,33	1,29	1,21	1,15

Megjegyzés: Az önsúlyból és a hasznos teher osztott részéből származó nyomatékok esetében a tényezőt teljes értékben, míg a járműteher esetén fél értékkel vesszük számításba (pl. az osztott terhelésnél 1,18, járműtehernél 1,09)



2.62-26. ábra. Ferde lemez vasalása



2.62-27. ábra. Ferde vasbeton lemezáteresztő

A lemez legnagyobb hajlítónyomatéka a rövidebb átló $1/4$ -e és $3/4$ -e közötti szakaszán keletkezik, ezért a lemez e veszélyes keresztmetszeteiben a fővasalás irányát az alátámasztás vonalaira merőlegesen tervezzük (2.62-26. ábra). A lemez vastagsága általában a támaszköz $1/30$ -ad részénél kisebb nem lehet, de legalább 12 cm legyen.

A helyszínen szerelt lemez fő betétei 8 mm, elosztóbetétei pedig a 7 mm átmérőnél ne legyenek kisebbek.

A fő betétek egymástól való távolsága a legnagyobb igénybevétel helyén 10 cm, illetve 10 cm-nél kisebb lemezvastagság esetén a lemezvastagság másfélszeresénél, 10–15 cm vastagság esetén 15 cm-nél, ezen felül pedig a lemezvastagságnál, de legfeljebb 35 cm-nél nagyobb ne legyen.

A lemez egy síkban fekvő elosztó betétei egymástól 35 cm-nél távolabb ne legyenek.

A lemez szabad élei (alá nem támasztott peremei) mentén célszerű az acélbetéteket – a keresztmetszet körvonalát követő alakban – kengyelszerűen kialakítani (2.62-28. ábra).

Az út pályaszerkezetét a hídon változatlanul átfuttathatjuk, vagy a pálya-lemezre 5 cm vastag kopóbetont helyezhetünk. A kopóbetont a lemez hasznos magasságába beszámítani nem szabad.

A szerkezet ütődéseknek kitett éleit élvédő szögvasakkal kell ellátni.

A vasbetonlemez kishidak, illetve áteresztők anyagára nézve a következőket kell tudni:

Acélbetét: MSZ 112 36, 24, 12 és A 50, 35, 12, illetve
36, 24, S és 50, 35, S legyen.

Cement: A lemez legalább 600-as, egyéb szerkezet 500-as legyen.

Betonminőség: A lemeznél B 200–280-as, egyéb szerkezeteknél B 140-es. A legkisebb cementadagolás 250 kp/m³.

A lemezhidak hídfőit és pilléreit is kőnemű anyagból készítjük. (Terméskő, beton, vasbeton.) Méreteit a 2.62-XIII. táblázat alapján választjuk meg.

Különösen a vasbeton hídfőknek és pilléreknek igen sok változata ismert, de az erdészeti gyakorlatban csak az egyszerű és a rendelkezésre álló kivitelező

erővel elkészíthető megoldások használatosak, így csak ezeket fogjuk tárgyalni.

Az erdészeti létesítmények általában használt hídfőszerkezeti részeit a 2.62-24. ábra, a pillérekét a 2.62-29. ábra mutatja be.

Kőfalazat esetén az alkalmazott kő fagyálló legyen. A falazatot minden esetben cementhabarcsba kell rakni, és megfelelően kihézagolni. Betonfalak építése esetén B 100, az alaptestbe B 50 betont használunk. Úsztatott kövek alkalmazása is megengedett.

A hídfőket és pillérekét az alátámasztási helyeken szerkezeti kövekkel, vagy szerkezeti gerendával kell elzárni. Ennek célja a támaszerő megfelelő átadása. Amennyiben a lezárás betonnal történik, ennek szilárdsága legalább B 280 legyen. Vasbeton

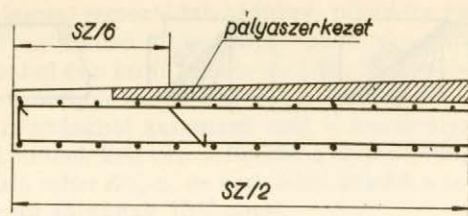
esetén az acélbetéteket a gerendán végig kell vezetni. A földműhöz való csatlakozást a 2.62-30. ábrán látható szárnyfalrendszerek biztosítják. A szárnyfalak lehetnek párhuzamosak (*a-c*), melyek a töltést két oldalról fogják közre, és merőlegesek (*d*) vagy ferde (*e*) szárnyfalak, melyek a rézsű lezárását biztosítják. A párhuzamos szárnyfalaknál a töltési rézsű lezárását egyszerű gyepesített vagy burkolt földképpal, esetleg kőképpal oldjuk meg.

Vasbeton hídfőknél a párhuzamos szárnyfalakat esetleg csak mint lebegő szárnyfalakat kezeljük ki, alapozás nélkül. A hídfők mögött elhelyezkedő földművet megfelelően vízteleníteni kell, és különös gonddal kell végezni a tömörítést, hogy az útpályának a hídhöz való csatlakozása zavartalan legyen. A víztelenítés száraz kőrakattal vagy homokékkal történik.

A pillérekét a hídfőkkel azonos anyagból készítjük és szerkezeti kővel lezárjuk. A pillérek szelvényét úgy alakítjuk ki, hogy azok lehetőleg a legcsekélyebb duzzasztást okozzák a vízfolyásban. A pillér első részén a víz üreges kimosásokat okoz, melyeknek anyagát a pillér mögött lerakja. A pillér sodorirányú élét szilárd terméskőből építjük vagy élvédő szögacéllal látjuk el (2.62-29. ábra).

Képezhetünk vasbeton cölöpjárom hídfőket és pillérekét is.

A hídfők és pillérek állékonyságát meg kell vizsgálni. A vizsgálat a hídfőkre, pillérekre ható erők meghatározásával kezdődik.

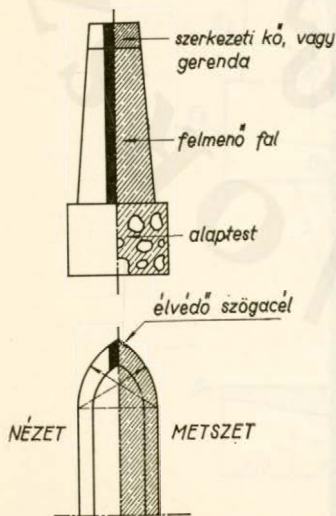


2.62-28. ábra. Vasbetonlemez szélének kiképzése

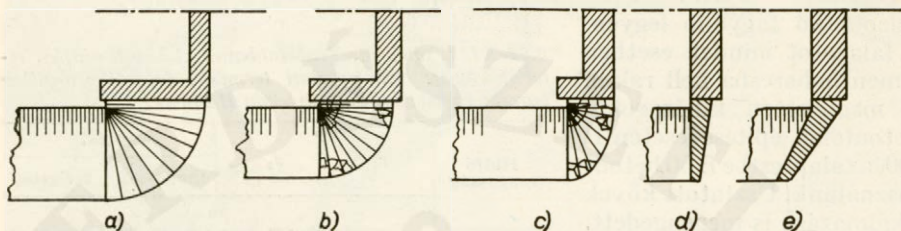
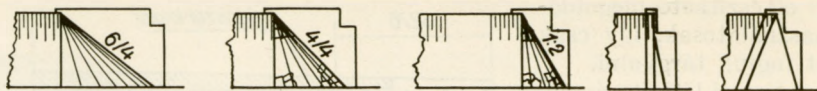
2.62-XIII. táblázat. Vasbetonlemez kishidak hídfőméretei (Anyag: szabálytalan terméskő falazat cementhabarcsba rakva vagy döngölt beton B 140-es)

Hídfő magasság	v_1	v_2	Alaptest	
			magasság	szélesség
m				
2,00-ig	0,66	1,00	1,00	1,30
2,50	0,71	1,20	1,00	1,50
3,00	0,75	1,40	1,20	1,70
3,50	0,80	1,55	1,30	1,85
4,00	0,84	1,70	1,50	2,00
4,50	0,90	1,88	1,60	2,18
5,00	0,97	2,05	1,80	2,35

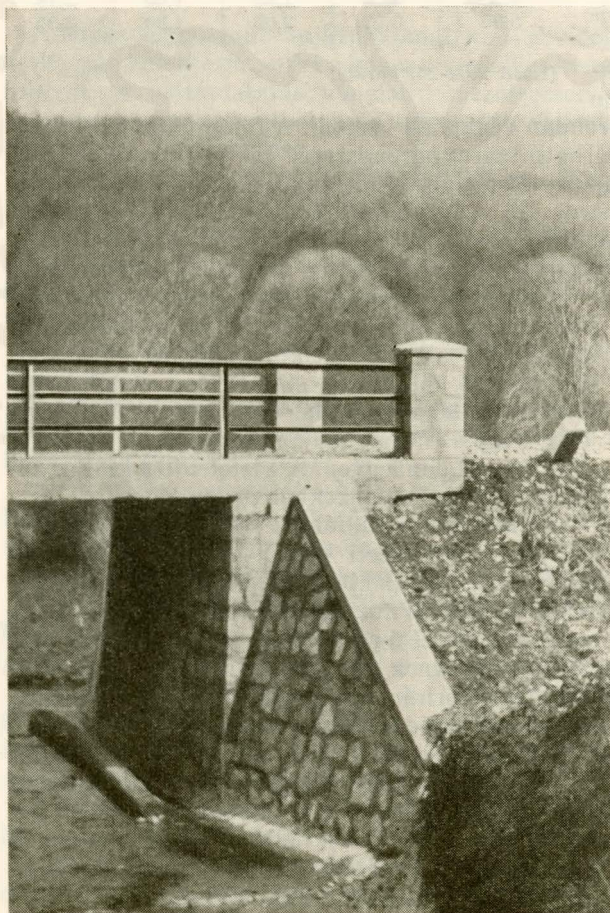
(Lásd 2.62-24. ábrát)



2.62-29. ábra. Falazott lemezhid pillér



2.62-30. ábra. Hídfőcsatlakozások elrendezései. a) Párhuzamos szárnyfal földkúpokkal. b) Ugyanaz burkolt földkúpokkal. c) Ugyanaz kőkúpokkal. d) Merőleges szárnyfal. e) Ferde szárnyfal



2.62-31. ábra. Vasbeton lemez-híd szárnyfallal

Az egyszerű gerendatartós, valamint lemezhidak hídfőre, pilléreire ható erő a függőleges támaszerőn kívül a csatlakozó földműből és azon nyugvó esetleges teherből származó földnyomásból és a hídfő önsúlyából áll. Nagyobb nyílás esetén a fékezésből származó erőt is figyelembe kell venni.

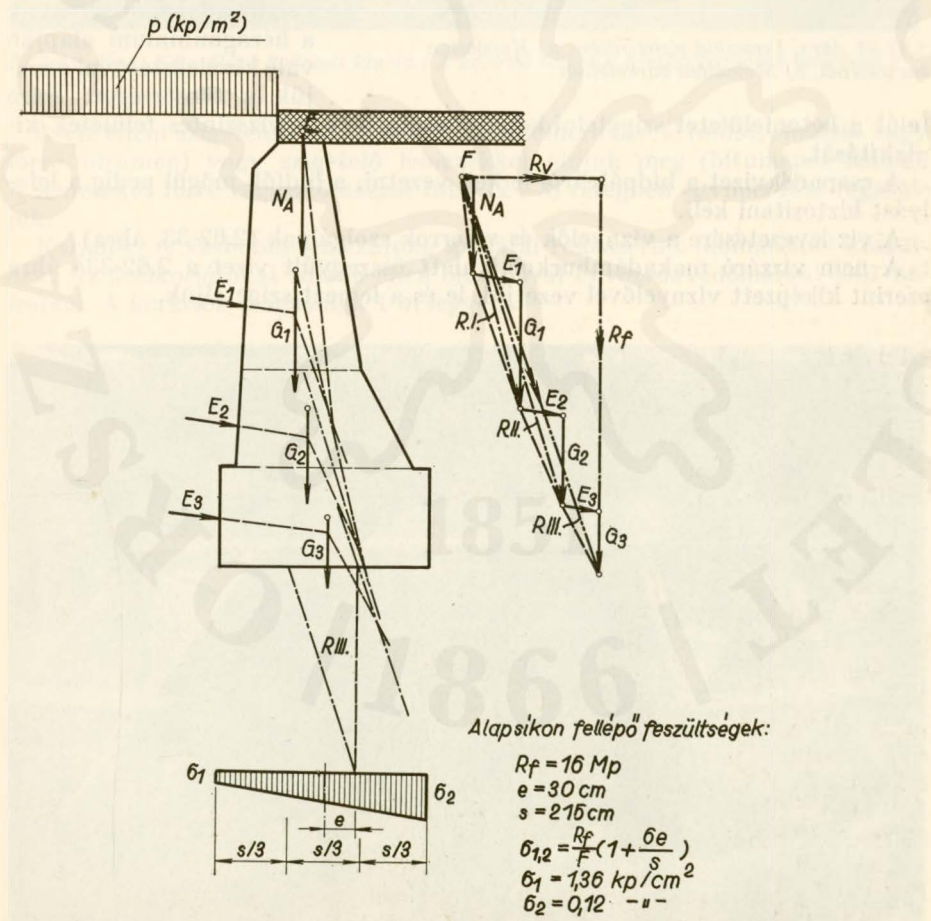
A járművek fékezéséből, ill. indításából származó erőt a kocspálya felső élén a hídtengely irányában működőnek kell venni. Értéke a teljes kocspályán alkalmazott egyenletesen megoszló teher 3%-a, de nem lehet kisebb a terhelési osztálytól függően megadott jármű súlyának 15%-ánál.

A fékezőerőt figyelmen kívül lehet hagyni akkor, ha nyilvánvaló, hogy a felszerkezet és támasztó szerkezetek erőjátékát számottevően nem befolyásolja (pl. földtakarással bíró boltozatok).

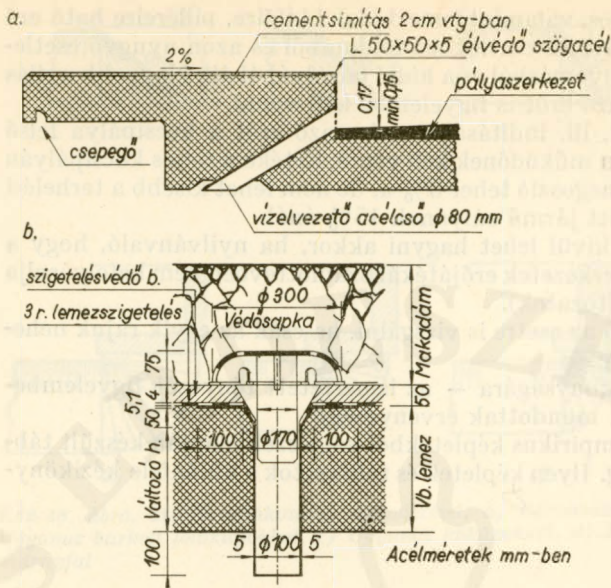
A pilléreket meg kell arra az esetre is vizsgálni, ha csak az egyik rájuk nehezedő mező van megterhelve.

A hídfők és pillérek állékonyságára — az ismertetett tényezők figyelembevételével — a támfalaknál mondottak érvényesek.

A szükséges méreteket empirikus képletekből vagy ezek alapján készült táblázatokból határozzuk meg. Ilyen képletek és táblázatok a különféle kézikönyvekben is találhatóak.



2.62-32. ábra. Hídfő statikai vizsgálata



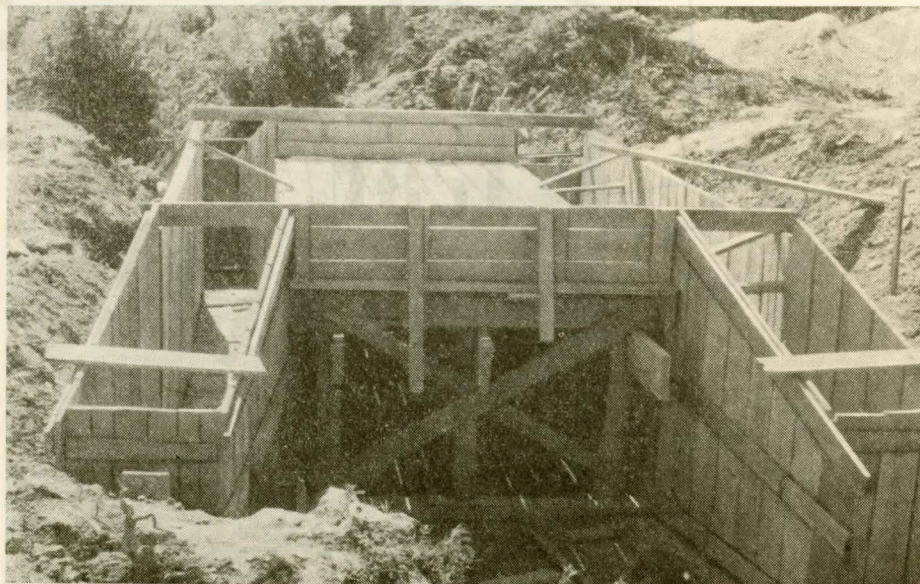
2.62-33. ábra. Lemezhíd víztelenítése. a) Kopóbeton burkolatnál. b) Makadám burkolatnál

felül a betonfelületet szigetelni kell és kerülni kell a vízszintes felületek kialakítását.

A csapadékvizet a hídpályáról le kell vezetni, a hídfők mögül pedig a lefolyást biztosítani kell.

A víz levezetésére a víznyelők és vízorrok szolgálnak (2.62-33. ábra).

A nem vízzáró makadám burkolat alatt összegyűlt vizet a 2.62-33b ábra szerint kiképzett víznyelővel vezetjük le és a lemezt szigeteljük.

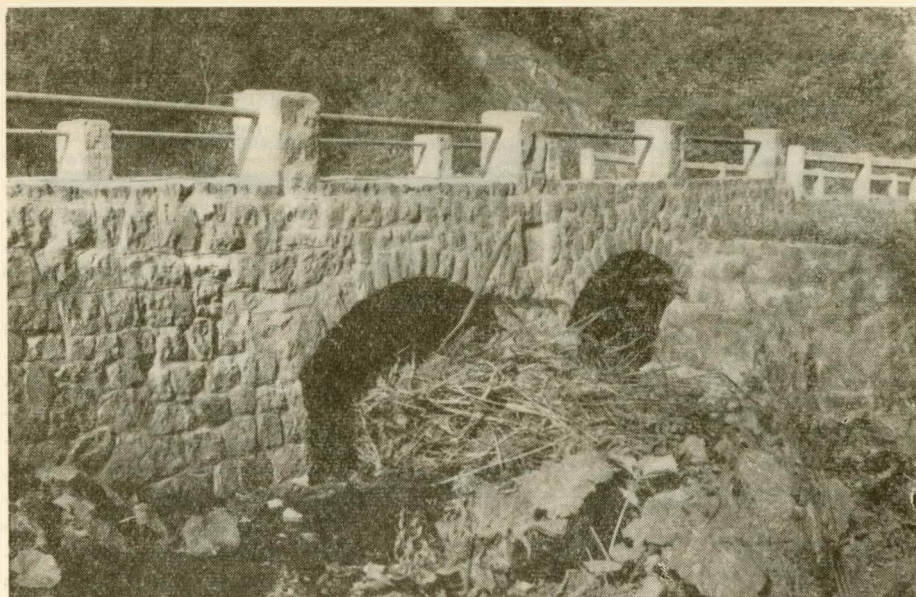


274 2.62-34. ábra. Vasbeton lemez híd beton hídfőinek zsaluzása

Mind a hídfők, mind a pillérek statikai vizsgálatánál a talajnál fellépő feszültségeket is meg kell vizsgálni, amik a létesítmények alapozására mértékadók (2.62-32. ábra).

Vízlevezetések. A betonba beszivárgó víz a kötőanyagot kilúgozza, az acélbetéteket megrögzdásítja, és a szerkezet szilárdságát, élettartamát csökkenti. Ezért a műtárgy vízvédelméről gondoskodni kell.

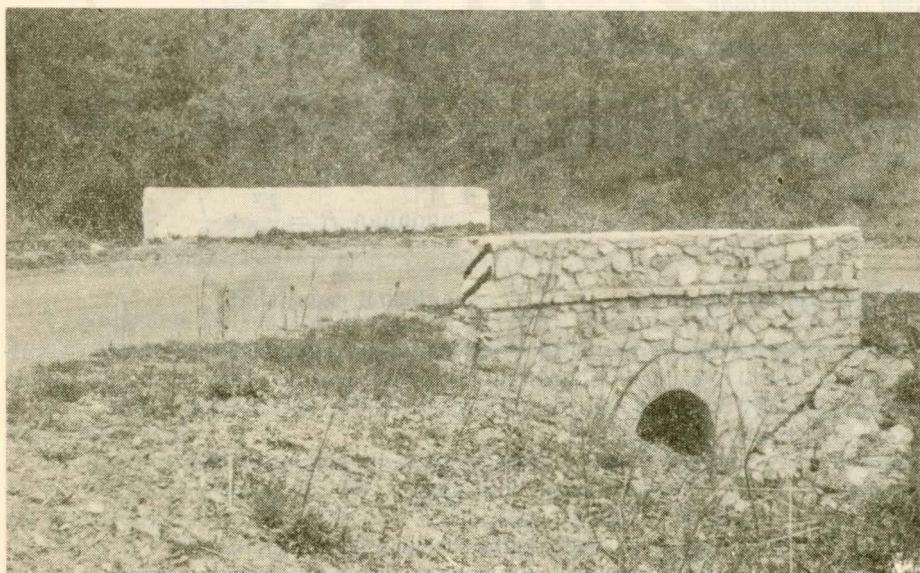
A vízvédelmet elsősorban a beton tömörsége biztosítja. A cement mennyiségi és minőségi emelésekkel, az adalékanyagoknak a hézagminimum alapján való kiválasztásával emeljük a tömörséget. Ezen



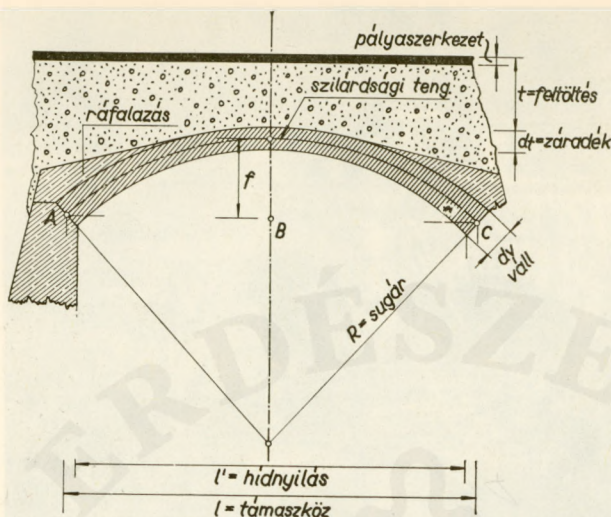
2.62-35. ábra. Kétnyílású boltozott kishíd (A boltozat betonból készült terméskő borítással)

A víz elleni szigetelést bitumenes mázak felhordásával (oldat, emulzió vagy forró bitumen) vagy szigetelő lemezekkel oldjuk meg (bitumenes lemez). A lemezeket forró ragasztómázzal több (2–3) rétegben egymás fölé ragasztjuk.

Korlátok. A vasbeton lemezhidak korlátai rendszerint idomacélból készülnek. Az acélkorlátokat rozsa ellen ólompírral és rozsdavédőmázzal kell befesteni. A korlátok magassága 1 m legyen.



2.62-36. ábra. Boltozott áteresztő terméskőből



2.63-37. ábra. Kőrszelet-boltozat alapadatai

is szabálytalan terméskőből épülnek, és a betonboltozatot is esztétikai okokból terméskő borítás mögé rejtjük (2.62-36. ábra).

Előnyös, hogy a jól kivitelezett boltozatban húzóigénybevétel nem keletkezik, az túlterheléssel szemben alig érzékeny, tartós, kevés fenntartási költséget igényel és a pálya lejtéséhez jól igazodó. Hátrányként kell megemlítenem a boltozott hidak jelentős szerkezeti magasságát, a szerkezet nagy önsúlyát és a hídfők gondos alapozás iránti igényét.

Maga a boltozat közismert szerkezete a hídfőknek, az ún. boltozat-vállban adja át a nyomóerőt.

A boltozat alakja gyakorlatunkban főleg kőrszelet, de régebben építettek félkörös boltozatokat is. A parabola boltozatok erdészeti gyakorlatunkban nem használatosak.

A boltozat alakjára jellemző az ívmagasság és a támaszköz viszonya: $\frac{l}{f}$.

A kőrszelet-boltozat középvonala az ún. statikai tengely. A statikai tengely ívsugarának nagyságát a 2.62-37. ábra alapján a következőképpen határozzuk meg: Az ABO \triangle -ből:

$$R^2 = \frac{l^2}{4} + (R-f)^2, \quad \text{ahonnan } R = \frac{l^2}{8f} + \frac{f}{2}$$

A vállak hajlásszöge: $\cos \varphi = \frac{R-f}{R}$ egyenletből számítható.

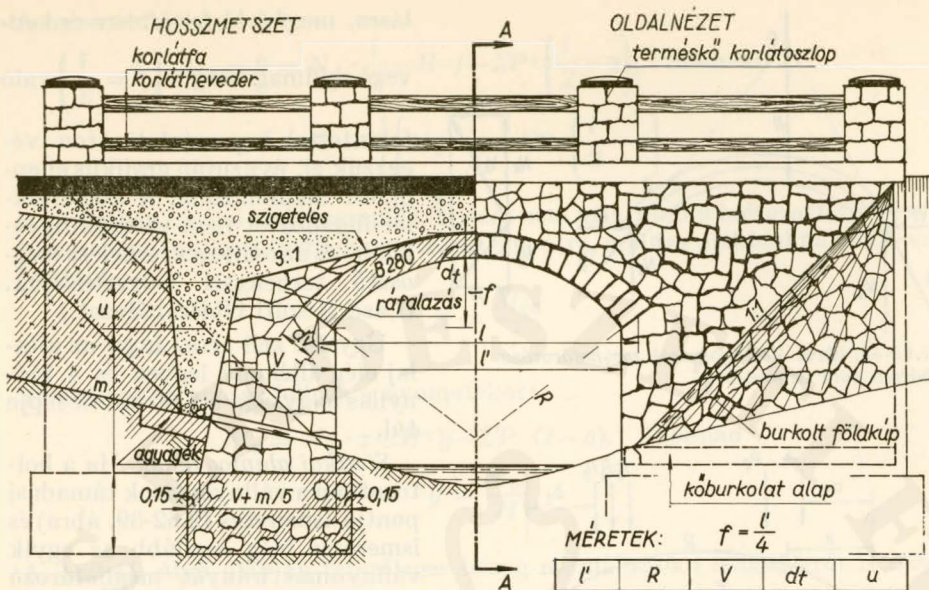
A boltozat vastagságára a tetőponti vastagság (záradék) mértékadó. A vállak felé növekvő igénybevétel arányában a boltozatot néha a 2.62-37. ábrának megfelelően vastagítják.

Ilyenkor a vállak vastagsága:

$$d_v = \frac{d_t}{\cos \varphi}$$

A 2.62-38. ábrán egy boltozott kishíd szerkezetét mutatjuk be.

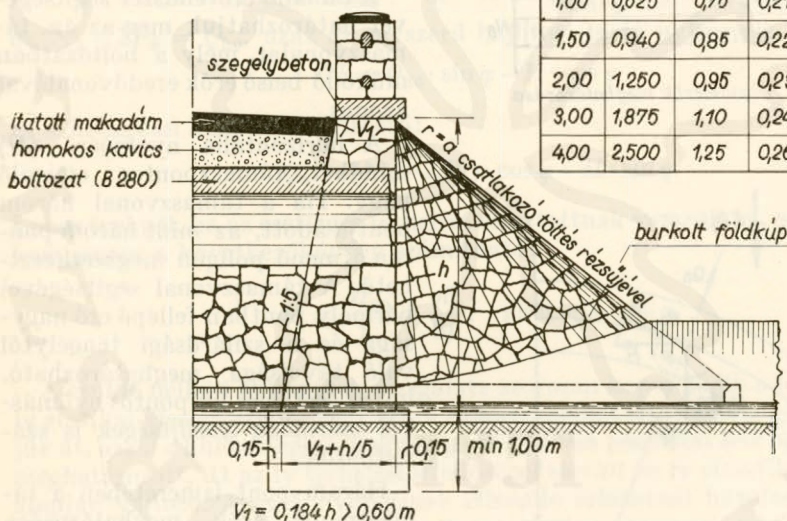
Az ábrán látható homlokkal a feltöltést határoló, támfalszerűen működő falazat.



MÉRETEK: $f = \frac{l'}{4}$

l'	R	V	dt	u
m	e	t	e	r
1,00	0,625	0,75	0,215	0,10
1,50	0,940	0,85	0,220	0,13
2,00	1,250	0,95	0,230	0,17
3,00	1,875	1,10	0,245	0,26
4,00	2,500	1,25	0,260	0,35

"A-A" METSZET



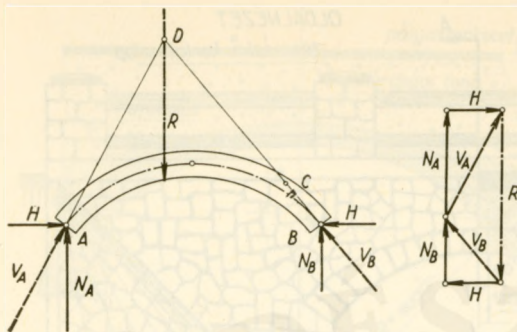
2.62-38. ábra. Boltozott kishíd szerkezeti elrendezése és szokásos méretei

A ráfalazás a boltozatot borítja be, súlyával ellensúlyozza a vállaknál működő erőket és segít a tökéletes víztelenítésben. Anyaga rendszerint sovány beton.

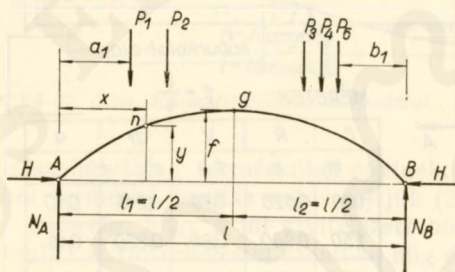
A feltöltés a homlokfalak közötti részt tölti ki, anyaga osztályozatlan kavics vagy forgácskő.

A boltozat statikailag olyan tartószerkezet, amely a függőleges terheléseket ferde nyomássá alakítja át. Ezt a nyomást vállnyomásnak hívjuk. A boltozat teherbírására nemcsak a boltozat vastagsága, hanem szilárdsági tengelyének alakja is döntő. A vállnyomás iránya, nagysága és támadáspontja jellemzi.

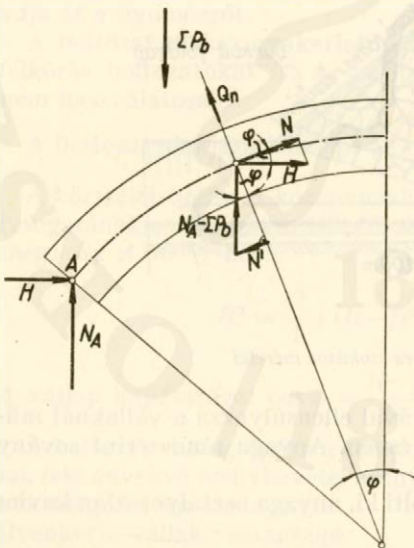
Mint tudjuk, vannak három-, kétszuklás és csukló nélküli ívek. Az erdei utak kis hídjainál csukló nélküli íveket használunk, melyek méretezését a kis nyi-



2.62-39. ábra. Vállnyomások meghatározása három pont ismeretében



2.62-40. ábra. Támaszerők meghatározása számítással



2.62-41. ábra. Hézag normálisában fellépő erő

lásra, megfelelő feltöltésre és kedvező nyílmagasságra $\left(f = \frac{1}{3}\right)$ való

tekintettel tapasztalati úton végzünk el, és azután grafikus ellenőrzést alkalmazunk. A hőmérséklet ingadozást nem vesszük figyelembe és az esetleges terhelést megosztó terheléssel helyettesítjük. (Lásd Közúti Hídszabályzat.)

Ügyelni kell arra, hogy az altalaj elég állékony legyen és a hídnyílás nagysága a 8,00 m-t ne lépje túl.

Statikai alapfogalmak. Ha a boltozatban a vállnyomások támaszási pontja ismeretes (2.62-39. ábra) és ismeretes még legalább az egyik vállnyomás irányát meghatározó pont, az erőrendszer határozott.

A támaszó erőrendszer segítségével határozhatjuk meg az ún. támaszvonalat, mely a boltozatban működő belső erők eredővonalával azonos.

A horizontális nyomóerő (H) mindkét támaszponton egyenlő nagy. Ha a támaszvonala három pontja adott, az mint három ponton átmenő poligon megszerkeszthető. A támaszvonala segítségével bármely pontban fellépő erő nagysága és a szilárdsági tengelytől való távolsága meghatározható, így az esetleges külpontos nyomásból származó feszültségek is számíthatók.

Három pont ismeretében a támaszponti erők meghatározása számítással is elvégezhető (2.62-40. ábra).

$$M_b = 0 = N_A \cdot l - \Sigma P \cdot b,$$

$$\text{ahonnan } N_A = \frac{\Sigma P \cdot b}{l} \text{ és } N_B =$$

$$= \frac{\Sigma P \cdot a}{l}$$

Láthatjuk tehát, hogy az íveknél a támaszponti erők függőleges összetevői megfelelnek az egyszerű hajlított tartók támaszponti erejének.

A nyomaték a g pontra:

$$M_g = 0 = N_A \cdot \frac{l}{2} - H \cdot f - \Sigma P \cdot \left(\frac{l}{2} - a \right), \text{ ahonnan}$$

$$H = \frac{1}{f} \left(N_A \cdot \frac{l}{2} - \Sigma P \cdot \left(\frac{l}{2} - a \right) \right)$$

A képletben zárójel alatt szereplő kifejezés nem más, mint a boltozattal egyenlő támaszközü hajlított tartó nyomatéka a g pontra, amit az alábbiakban M_{g0} -val jelölünk.

$$H = \frac{M_{g0}}{f}$$

Tetszőleges n pontra felírva a nyomatékot:

$$M_n = N_A \cdot x - H \cdot y - \Sigma P \cdot (x - a), \text{ ahonnan}$$

$$y = \frac{M_{n0}}{H}$$

A 2.62-41. ábra alapján tetszőleges hézag normálisában fellépő erőt is meghatározhatjuk:

$$N = N' - H \cdot \cos \varphi, \text{ de } N' = (N_A - \Sigma P_b) \sin \varphi,$$

de $N_A - \Sigma P_b = Q_{n0}$, azaz az egyszerű hajlított tartó nyíróereje, így

$$N = Q_{n0} \cdot \sin \varphi - H \cdot \cos \varphi$$

és a hézagban keletkező nyíróerő:

$$Q_n = (N_A - \Sigma P_b) \cdot \cos \varphi - H \cdot \sin \varphi$$

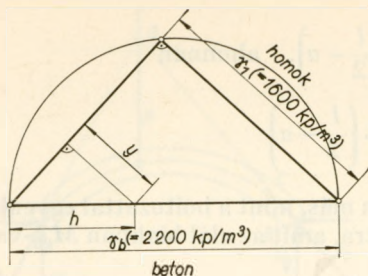
Lapos íveknél, ha az esetleges terhelést elosztottnak vesszük fel, a horizontális komponens a következőképpen számítható:

$$H = \frac{M_{g0}}{f} = \frac{ql^2}{8f}, \text{ ahol } q = p + g.$$

A csukló nélküli boltozatok vizsgálata szorosan kapcsolódik a háromcsuklós ív statikai viszonyaihoz. Mint ott, a támaszvonalat itt is három ponton vezetjük át, azzal a különbséggel, hogy míg ott a három pont helyzete egyértelműleg meghatározott, itt az ív terhelési lehetőségei szerint az ív elasztikus viszonyai alapján változó. A csak nyomásnak ellenálló falazatnál húzófeszültség nem léphet fel. Ezért a csukló nélküli boltozatoknál az átmeneti pontokat úgy kell megválasztani az egyes terheléseknek megfelelően, hogy a támaszvonal a szelvény belső egyharmadában maradjon, és a megengedett nyomófeszültséget se lépjük túl.

A támaszvonal megszerkesztése a következőképpen történik: A boltozatot a hozzátartozó feltöltéssel, áfalazással és a pályaszerkezettel együtt függőleges irányban egyenlő szélességű párhuzamos sávokra osztjuk. Az egyszerűség kedvéért minden súlyos anyagot és terhelést a boltozat anyagára számítunk át, azaz azokat a boltozat anyagának megfelelő vastagságú rétegekkel helyettesítjük. A hasznos terhelésnek megfelelő osztott terhelést helyettesítő boltozatanyag vastagsága tehát:

$$z = \frac{P}{\gamma_b}$$



2.62-42. ábra. Magasság-redukálás grafikusan

letűkkel arányos erőt működtetünk. Az egyszerűség kedvéért egy méter széles boltozatsávot vizsgálunk, így a trapéz területe, szorozva a γ_b -vel a súlypontban működő erőt adja.

Az így nyert erőrendszer segítségével megszerkeszthetjük az erőpoligont és az ennek megfelelő három ponton átmenő támaszvonalat (2.62-43. ábra).

A tervezés végrehajtása a következőképpen történik: I. Megválasztjuk a boltozat méreteit. Kőrszegmens boltozat esetén a következő képletek használhatók:

$$\text{Terméskő boltozatnál } d_t = 0,30 + 0,01 l + 0,02 R$$

$$\text{B 140-es beton boltozatnál } d_t = 0,30 + 0,01 l + 0,02 \frac{l^2}{f}$$

$$\text{B 200-as beton boltozatnál } d_t = 0,10 + 0,06 l + 0,0013 \frac{l^2}{f}$$

a felvett adatok alapján mind a sugár, mind a vállvastagság számítható.

II. A megtervezett boltozaton a következő vizsgálatokat kell elvégezni.

Megvizsgáljuk a boltozat alakját önsúly és fél hasznos terheléssel szerkesztett támaszvonala segítségével.

Teljes járműterhelés mellett ellenőrizzük a feszültségeket.

Féloldali járműterhelés mellett megvizsgáljuk, hogy az ívnegyed vastagsága megfelel-e?

A határigénybevétel a hézagokban a következőképpen számítható:

$$N_H = \alpha_k \cdot \sigma_H F_H$$

ahol

$$\alpha_k = \frac{l}{1,1 + \left(\frac{m}{10 v} \right)^2}$$

v a szelvény kisebb oldalmérete és $m = \frac{l'}{25}$

Kis külpontosság esetén még 1,25-tel kell szorozni. Az ellenőrzésnél a megfelelő határfeszültségek mértékadók.

Féloldali terhelés esetén a támaszvonala három pontjában a szilárdsági tengelytől való eltérése a következő képletekkel számítható:

Excentricitás a tetőponton

$$e_t = \frac{5d_t^2}{16f}$$

a feltöltés magasságának értéke pedig:

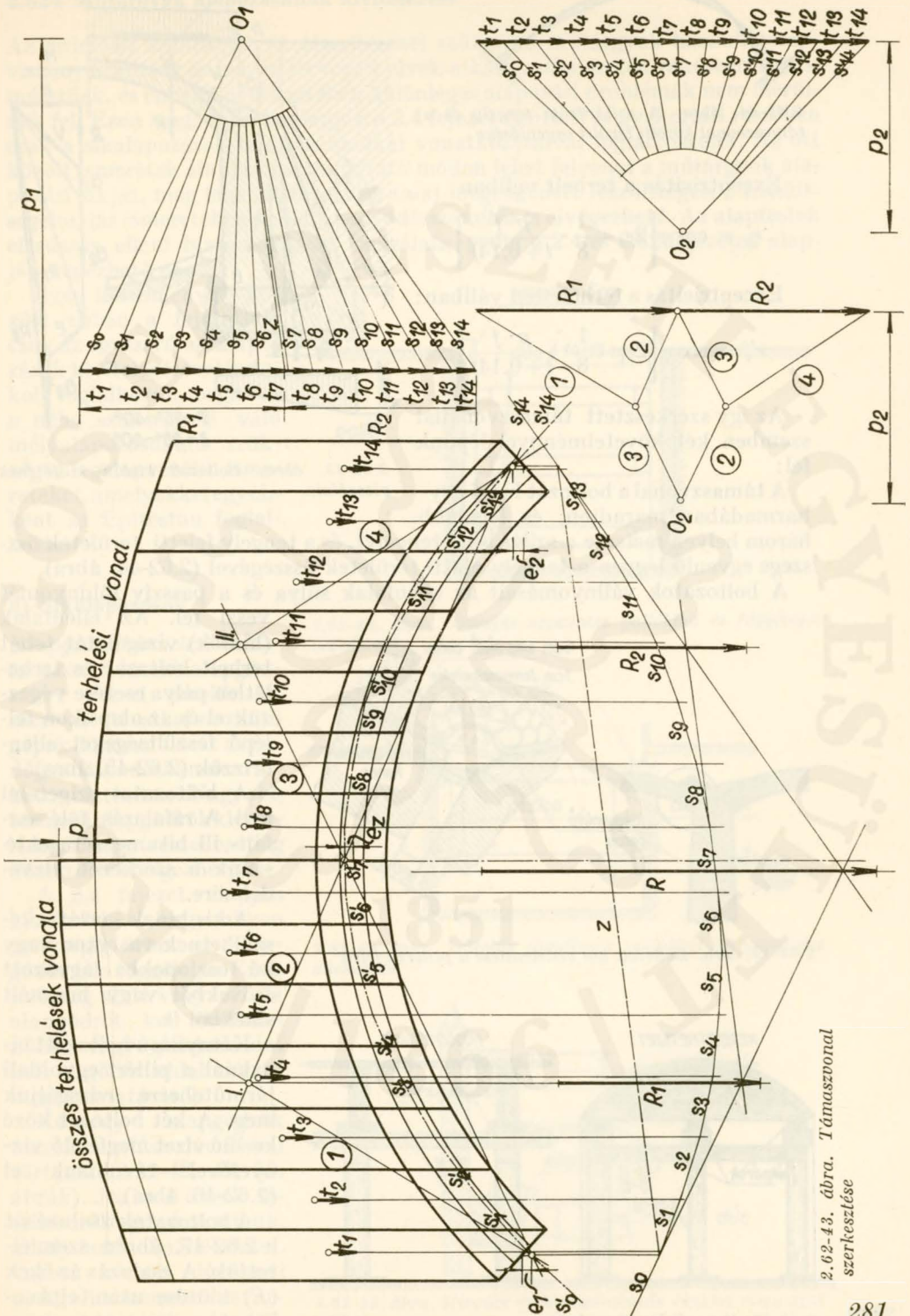
$$y = h \frac{\gamma_e}{\gamma_b}$$

ahol γ_b a boltozat térfogatsúlya [kp/m^3]
 γ_e az egyes feltöltési anyag térfogatsúlya [kp/m^3]

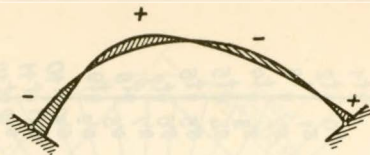
p pedig az elosztott hasznos terhelés [kp/m^2].

A redukálást a 2.62-42. ábra szerint grafikusan is elvégezhetjük.

Az egyes sávokat megközelítőleg trapézoknak tekintjük és súlypontjukban terü-



2.62-43. ábra. Támásvonal szerkesztése



2.62-44. ábra. A szilárdsági tengely és a támaszvonál közötti terület egyenlősége

Excentricitás a terhelte vállban:

$$e_v = \cos \varphi \left[2e_t + \frac{1}{8} \cdot \frac{p \cdot f}{t + 0,14f} \right]$$

Excentricitás a terheletlen vállban:

$$e_v'' = \cos \varphi \left[2e_t - \frac{1}{8} \cdot \frac{p \cdot f}{t + 0,14f} \right]$$

Az így szerkesztett támaszvonallal szemben két követelménnyel lépünk fel:

A támaszvonál a boltozat belső egyharmadában maradjon, és legalább három helyen metsze a szilárdsági tengelyt, és a tengely feletti területek összege egyenlő legyen a tengely alatti területek összegével (2.62-44. ábra).

A boltozatok vállnyomásait az ellenfalak súlya és a passzív földnyomás

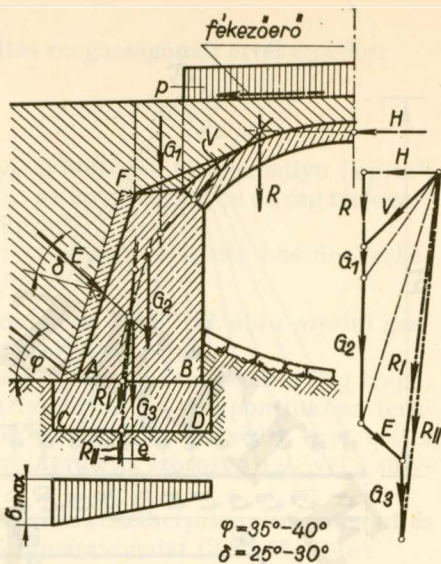
veszi fel. Az ellenfalak (hidfők) vizsgálatát tehát terhelte boltozat és terheletlen pálya esetére végesszük el és az alapsíkon fellépő feszültségeket ellenőrizzük (2.62-45. ábra).

A boltozatot szigetelni kell. A ráfalazás fölé aszfalt-, ill. bitumenréteget teszünk a szerkezet vízvédelmére.

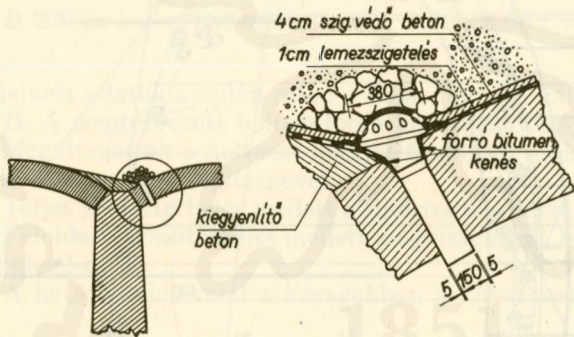
A kis hidak korlátai készíthatnak vasbeton vagy kő oszlopokba ágyazott csövekből vagy használt sínekből is.

Kényírlású boltozott hidaknál a pillért egyoldali járműteherre vizsgáljuk meg. A két boltozat közé kerülő vizet megfelelő víznyelővel távolítsuk el (2.62-46. ábra).

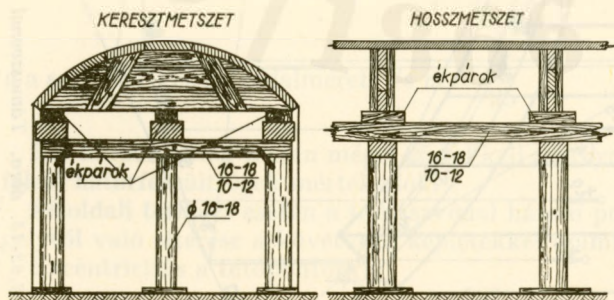
A boltozatok zsaluzását a 2.62-47. ábrán szemléltetjük. A zsaluzás az ékek (É) kiütése után eltávolítható.



2.62-45. ábra. Boltozott kishíd hidfőjének vizsgálata



2.62-46. ábra. Boltozott híd víztelenítése a pillérek felett



282 2.62-47. ábra. Boltozat zsaluzása

2.624 Műtárgyak alapozásának kivitelezése

Az erdészeti szállítópályák létesítésénél szükséges műtárgyak hazánk terepviszonyai között és helyes tervezési elvek alkalmazása esetén rendszerint kis-méretűek, és ennek következtében különleges alapozási problémák nem merülnek fel. Ezen megfontolás alapján a 2.4 fejezet elméleti és gyakorlati részében csak a síkalapozások talajmechanikai vonatkozásaival foglalkoztunk. Az ott közölt ismeretek alapján megnyugtató módon lehet felvenni a műtárgyak alapozási síkját, meg lehet határozni a talaj megengedett feszültségét, a feszültségeloszlás ismeretében pedig a süllyedésszámítás is elvégezhető. Az alaptestek elcsúszás elleni biztonságának vizsgálata pedig a 2.4 és 2.62 fejezetek alapján végezhető el.

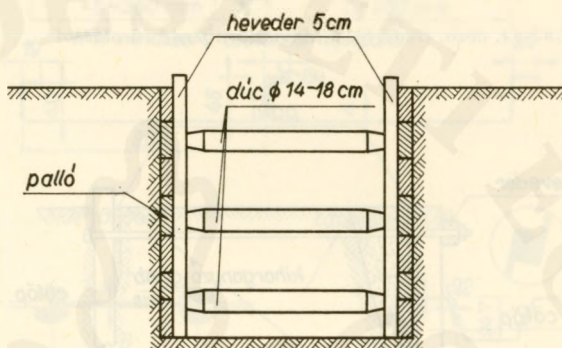
Ilyen körülmények között ebben a fejezetben csak az egyszerű síkalapozások kivitelezésével indokolt foglalkozni, megadva a néha szükségessé váló mélyalapozásokhoz szükséges legalapvetőbb ismereteket, amelyekkel egyébként az Építéstan foglalkozik.

a) Síkalapozások

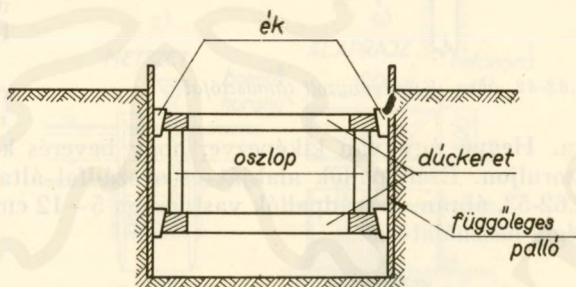
Alapgödör kiemelése és biztosítása. A kisebb alapgödöröket kézzel emelik ki, mert az itt alkalmazható gépek kihasználását az erdőgazdálkodásban nem lehetne biztosítani. Nagyobb területű alapgödörök kiemelésének nagy részét esetleg dózerrel is elvégezhetjük.

A 2.4 fejezet alapján kiszámítható, hogy milyen mélységig lehet az alapgödör fala függőleges. Ezen mélység alatt vagy részűs alapgödört kell készítenünk, vagy gondoskodni kell a gödör oldalfalának megtámasztásáról.

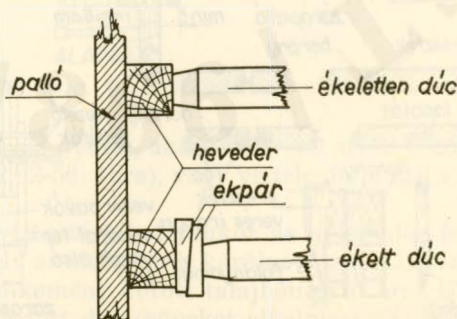
Keskeny alapgödörök megtámasztása dúcolással történik (2.62-48, 49, 50. ábrák). Jó, ha a dúcolás feszítéséről is gondoskodunk, amely fadúcnál ékekkel, vasból készült dúcnál pedig ellenmenetes csavarorsóval történik.



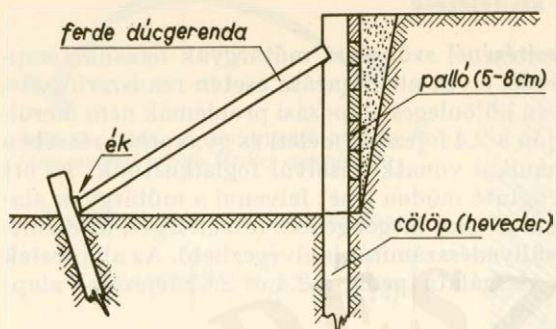
2.62-48. ábra. Dúcolás vízszintes pallókkal és függőleges hevederekkel



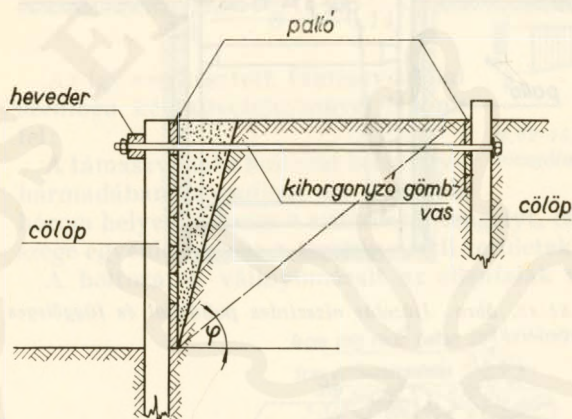
2.62-49. ábra. Dúcolás függőleges pallókkal és vízszintes dúkerettel



2.62-50. ábra. Heveder és dúccsatlakozás ékekkel vagy azok nélkül

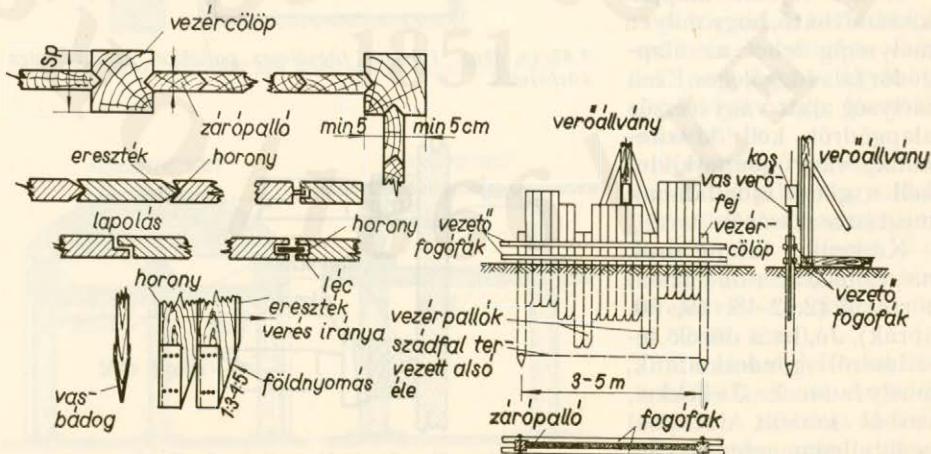


2.62-51. ábra. Gödörfal kitámasztása ferde dúcolással



2.62-52. ábra. Kihorgonyzott támasztófal

va. Hegye úgy van kiképezve, hogy beverés közben a már levert pallóhoz szoruljon. Ezen pallók alakját és a szádfal általános elrendezését látjuk a 2.62-53. ábrán. A szádpallók vastagsága 5–12 cm, és 2–3 m alapgödörmélységig használatosak.



284 2.62-53. ábra. Fa szádpallók és a szádfal leverése

Széles alapgödörök oldalfalának megtámasztását – ha az alptest és a gödörfal között elegendő hely áll rendelkezésre – ferde dúcolással végzik (2.62-51. ábra). Ha nincs elegendő hely, akkor kihorgonyzott falat építhetünk (2.62-52. ábra).

Nagy mélységű alapgödör oldalfalának megtámasztásánál a támasztóelemeket méretezni kell. Ezzel itt nem foglalkozunk, mert az erdészeti gyakorlatban ritkán fordul elő.

Az oldalfalak megtámasztásának egyik elterjedt módja a szádfalazás. A fából, vasbetonból vagy fémből készülő szádpallókat egymás mellett leverik és falat képezve nyúlnak le az alapgödör tervezett fenékszintje alá. A vezércölöpök a szádfal bordázatát képezik, a fogófák pedig a szádfal lemezszerű együttműködését biztosítják.

A fából készült szádpalló egyik oldala horonnyal, a másik eresztékkel van ellátva.

A pallókat verőkossal verjük be és kihúzásuk speciális kihúzó pofával történik. A vezércölöpöket legalább 1 m-rel lejjebb verjük a szádfalnál. A vezércölöp mérete 20/20–25/25 cm. A vezércölöpöket kell először levernü, utána elhelyezzük a fogókat és közéverjük a pallókat. A fogó mérete 12,5/25 cm szokott lenni.

A szádfalakat a vezércölöpök számbavétele nélkül, mint egyik végén befogott tartókat, földnyomásra méretezzük. Ha állékonyságuk nem megfelelő, kihorgonyozást szerkesztünk.

Vasbeton szádpalló keresztmetszetet látunk a 2.62-54. ábrán, az acél szádpallókra pedig például szolgálhat a 2.62-55. ábra.

Az acél pallókat mindig párosával verjük be. A beveréshez fabetétes sapkát használunk.

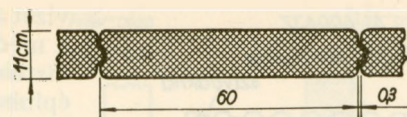
A pallók beverése cölöpverőkkel történik. Beverés előtt a hornyokat gépszírral kenjük be. A kihúzásához speciális kihúzófej használatos.

Ha vas profil mellé betonozunk, jó, ha azokat a betonnal határos felületen gépszírral bekenjük, különben eltávolításuk nehézségekbe ütközik.

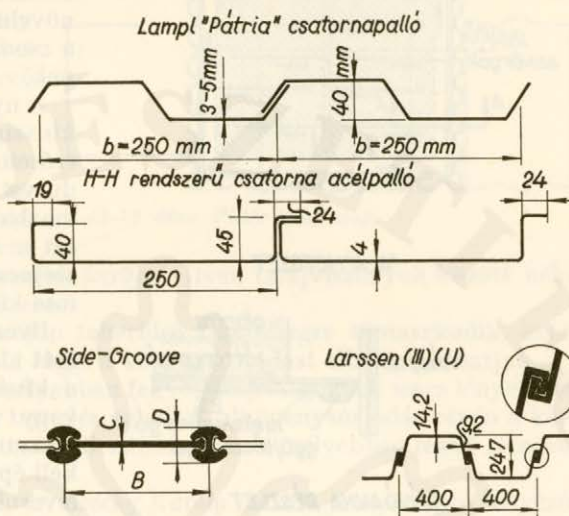
A szádfal lehet vízzáró és vízáteresztő.

Ha az alapgödör a talajvízszint alá nyúlik, akkor vagy víz alatti betonozással kell elkészíteni az alaptestet (2.62-56. ábra), vagy vízteleníteni kell az alapgödört.

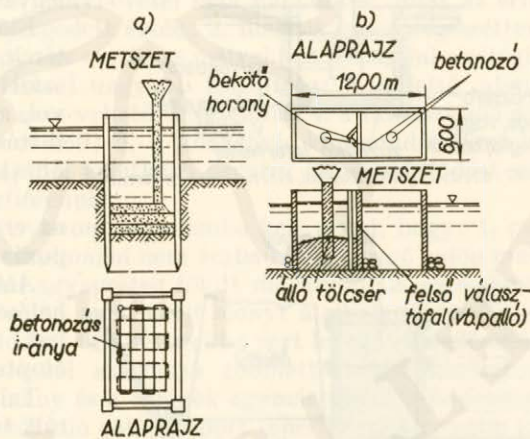
A víztelenítés történhet nyíltvíztartással. Ilyenkor az alapgödör fenekén szivárgóhálózatot létesítünk, amely az alapgödört körülvevő gyűjtőszivárgóba szállítja a vizet. A gyűjtőszivárgó kemény kötött talajban nyílt árok is lehet, egyébként homokos kavicsba ágyazott dréncsöveket alkalmazunk. A gyűjtőszivárgók az alapgödör egyik sarkában lemélyített, legalább 1,0 m mélyzompba (szívóaknába) torkollnak (2.62-57. ábra). A zompba összegyűjtött



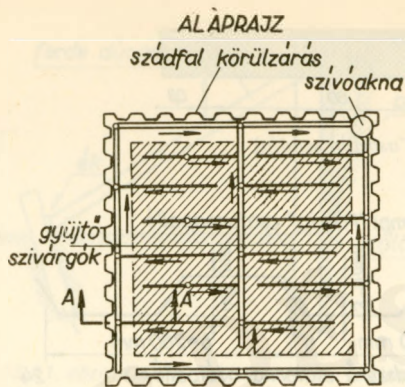
2.62-54. ábra. Vasbeton szádfal



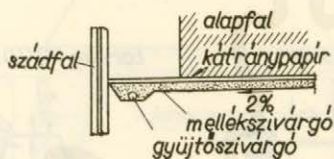
2.62-55. ábra. Néhány vasszádfal típus



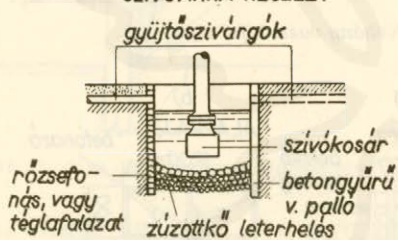
2.62-56. ábra. Víz alatti betonozás



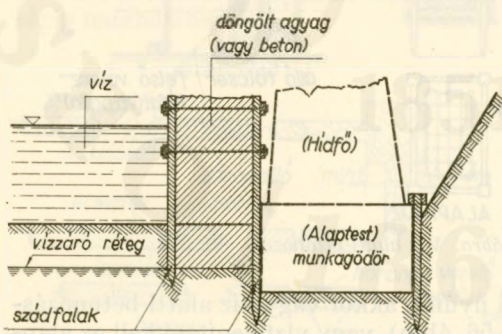
"A-A" METSZET



SZÍVÓAKNA RÉSZLET



2.62-57. ábra. Nyíltvíztartás elrendezése és elemei



2.62-58. ábra. Felszíni vizek távoltartása járszolgáttal

vizet állandóan szivattyúzzuk, ezen a módon az alapgödört mindaddig víztelenítjük, amíg az alapterület építése a talajvízszint fölé emelkedik. Ilyen víztelenítésnél az alapgödör oldalfalait szádfalazással kell biztosítani, és alapterületét úgy növelni, hogy a gyűjtőszivárgók és a zomp az alapterületen kívül essenek.

A nyíltvíztartás módszerét csak kis szintkülönbségek esetén és vagy erősen kötött talajokban, vagy durva szemcsés talajokban alkalmazhatjuk. Nem alkalmazhatjuk ezt a módszert, ha a mértékadó szemcseátmérő $0,005 < D_m < 0,1$ mm közé esik.

Ilyenkor a szádfalakkal biztosított alapgödört víz alatti kotrással a kívánt mélységig kiemeljük és vagy víz alatti betonozást alkalmazunk, vagy vízzáró szádfalakat kell építeni és ezt olyan mélységre levetni, hogy a víz útjának növekedése miatt a talajszemcsék elmozdulásának veszélye elhárítható legyen.

Elő vízfolyásokba építendő pillérek és hídfők alapozásánál a felszíni vizet járszolgáttal tartjuk távol, az alapgödört pedig nyíltvíztartással vízteleníthetjük (2.62-58. ábra).

A víztelenítés egyéb módjaira az erdei utak műtárgyainak alapozásánál nem kerülhet sor.

Alapteretek. A műtárgy teljes terhelését az alapteret adja át a talajnak. Méretei szerint háromféle alapterestről beszélünk.

Talp- vagy pilléralap koncentrált terhelések (oszlopok) felvételére szolgál. Anyaga betonba ágyazott terméskő, beton, vasbeton.

Sávalap egyirányú folytonos fal vagy sorozatos koncentrált terhelések esetén (szalagalap) használatos. Készülhet terméskőből, betontól vagy vasbetontól.

Lemezalapra akkor van szükség, ha puha és inhomogén talajon a felmenő falak, oszlopok stb. különböző mértékű süllyedését akarjuk elkerülni. Vasbeton lemez, bordáslemez, fordított boltozat vagy héjszerkezetként épül. Erdei utak műtárgyainál szinte kizárólag az előbbi két alak fordul elő (2.62-59. ábra).

b) Mélyalapozások

Ha a síkalapozást valamely ok kizárja (2.47. fejezet), akkor mélyalapozást építünk. Erdei utak hídjainál néha szükség lehet cölöp- és kútalapozásra. Mélyalapozásoknál az építmény terhelését közvetítő elemekkel (cölöp, kút) a mélyebben fekvő teherbíró rétegre adjuk át.

Cölöpalapozás. Cölöpalapozást akkor tervezünk, ha síkalapozásnál a puha, ill. nem teherbíró talaj miatt a várható süllyedések nagyok vagy egyenlőtlenek lennének és ezt el akarjuk kerülni. Ilyen talajviszonyok között néha más megoldásról nem is lehet szó.

A támaszkodó vagy álló cölöp teherbíró talajrétegre támaszkodik, ezért teherbírása a csúcsellenállástól függ, a köpenysúrlódást elhanyagolhatjuk.

A lebegő cölöp esetében a mélyebben fekvő talajrétegeknek sincs lényegesen nagyobb teherbírása, s így a terhelés egyrészt a köpenysúrlódás révén a közbelső rétegeknek, másrészt a csúcsellenállás révén a mélyebben fekvő rétegeknek adódik át.

Cölöpalapozás tervezésénél, dr. Széchy Károly szerint, a következő tényezőket kell figyelembe venni:

A támaszkodó cölöpök tervezésénél: 1. meg kell vizsgálni, hogy a cölöp csúcsának síkjában fellépő átlagos igénybevétel nem nagyobb-e, mint az erre a rétegre síkalapozás esetén megengedett érték; 2. lineáris feszültség-szétterjedés alapján ellenőrizni kell, hogy egy esetleges mélyebben fekvő puha rétegben nem keletkezik-e a megengedettnél nagyobb feszültség; 3. a felső, alappal érintkező rétegek teherviselése nem vehető figyelembe; 4. a támaszkodó cölöpöket kihajlásra méretezni nem kell; 5. a közbelső, konszolidálatlan, laza rétegek utólagos konszolidációjából keletkező negatív köpenysúrlódást mint többletterhelést figyelembe kell venni.

Lebegő cölöpök tervezésénél viszont figyelembe kell venni, hogy: 1. puha agyagtalajban lebegő cölöpöt alkalmazni nem szabad és a lebegő cölöp csúcsa legalább 1,5 m-rel az első puha agyagréteg fölött maradjon; 2. az építmény szélességénél rövidebb lebegő cölöp nem nyújt előnyt a síkalapozással szemben; 3. a még nem konszolidálódott talajrétegekbe vert lebegő cölöpök utólag szintén negatív köpenysúrlódásból származó többletterhelést kaphatnak; 4. a nagyobb feszültségi tartomány és a cölöpök egymásrahatása következtében egy n számú lebegő cölöpből álló cölöpcsoport teherbírása kevesebb lesz, mint egy cölöp teherbírásának n -szerese.

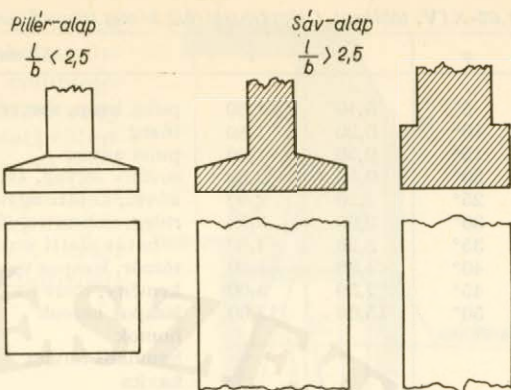
A cölöpök teherbírását verési vagy statikus képletekkel, illetve próbaterheléssel határozhatjuk meg. Az MSZ 15 004 R szabvány szerint egy cölöp teherbírása előzetesen a következő képlettel határozható meg:

$$P = 1,25(\sigma_m \cdot F + f \cdot U \cdot l),$$

ahol $\sigma_m = a \cdot l \cdot \gamma + b \cdot c$.

Itt a a kohézió, a , b és f értéke pedig a talaj minőségének és súrlódási szögének (φ) függvényében a 2.62-XIV. táblázatból vehető ki.

Cölöpcsoportoknál a cölöpök távolsága támaszkodó cölöpnél $t \geq 3D$, lebegő



2.62-59. ábra. Pillér és sáv alap

φ	a	b	A talaj megnevezése	$f = \text{Mp/m}^2$
5°	0,10	1,30	puha iszap, szerves iszap	0,06–0,66
10°	0,30	1,60	tőzeg	0,10–0,20
15°	0,50	1,80	puha agyag	0,25–0,75
20°	0,85	2,30	sovány agyag, képlékeny állapotban	0,25–1,25
25°	1,30	2,90	köves, kötött agyag (nem sodorható)	0,60–1,10
30°	2,00	3,50	rideg, nehezen gyúrható agyag (plasztikus határ alatti víztartalommal)	0,85–1,10
35°	3,20	4,50	tömör, iszapos agyag	1,10–1,90
40°	4,80	5,60	kemény, merev agyag	1,10–1,90
45°	7,30	8,00	iszapos homok	0,75–1,25
50°	15,00	12,50	homok	0,85–2,10
			homokos kavics	1,25–3,75
			kavics	1,90–4,40

cölöpnél pedig a $4D, \frac{l}{10}$ és $\sqrt{l \cdot D}$ értékek közül a legnagyobbnál nagyobb. Itt t a cölöpök tengelytávolsága, D a cölöp átmérője, l a hossza.

Chellis szerint a csoportban álló cölöp hatásfoka az egyedülálló cölöphöz képest a következő:

$$\eta = 1 - \psi \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{50 \cdot m \cdot n} \right],$$

ahol $\psi = \frac{D}{t}$, n az egy sorban levő cölöpök száma, m pedig a sorok száma.

Centrikus terhelésnél a cölöpkiosztás egyenletes, excentrikus terhelésnél pedig a 2.62-60. ábra szerint járunk el. A feszültségi trapéz oldalainak metszése kimetszi a félkör átmérőjének másik végét, ahonnan a félkör megrajzolása után meghúzzuk az ívet. A szerkesztés további menete az ábrából kivehető. Az ábra egyúttal példa arra is, hogy a vízszintes erőkre ferde cölöpöket kell tervezni, mert ilyen erők felvételére a függőleges cölöpök nem alkalmasak.

Az egy sorban levő cölöpöket járomgerenda, a többsorosakat vasbeton lemez fogja egybe. Az utóbbi biztosítja a cölöpök együttműködését és az alaptest elhelyezése is szolgál (2.62-61. ábra).

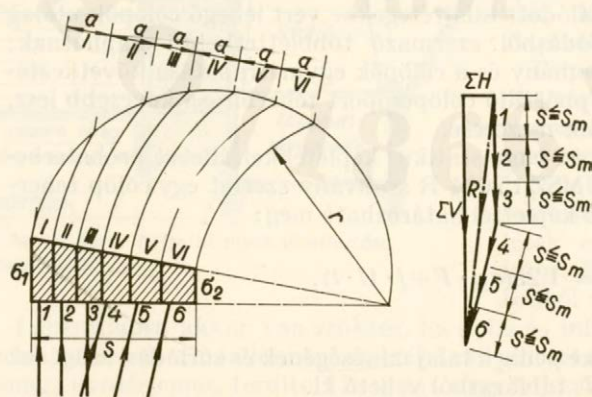
Cölöpalapozás céljára fa- vagy vasbeton cölöpöket (pilóta) használunk.

Facölöpöket végleges létesítményekhez csak akkor használhatunk, ha azok teljes hosszukban a talajvízszint alatt állnak. Hosszuk 5–15 m. Anyaguk sűrű szövetű luc vagy vörösfenyő. A facölöpök csúcsát acélsaruval védjük, fejét

pedig a széthasadás ellen acélgyűrűvel fogjuk össze (2.62-62. ábra).

Az előregyártott vasbeton cölöpök leggyakoribb szelvénye a négyzet, de van három-, hat- és nyolcszögű is. Csúcsuk acélsaruval védett. A hosszirányú vasbetétek kampó nélkül végződnek és felettük legalább 5 cm beton takarás van (2.62-63. ábra).

A cölöpöket cölöpverő kossal verik be. A kisebb



munkáknál használt szerkezeteknél a kost kézi erővel húzzák a magasba, ahol az önműködően kikapcsolódik és a cölöpfejre zuhan. Nagybobb munkáknál gőzzel vagy robbanó gázkeverékkel működtetett cölöpverőket használnak. A cölöpverésről jegyzőkönyvet kell vezetni, feljegyezve az egyes ütessorozatoknál végzett munkát [mkp] és a hozzátartozó behatolást. Az így nyert adatokból a cölöp teherbírását ellenőrizhetjük.

A kos szükséges súlya:

$$B = \frac{l+5h}{k} M_p,$$

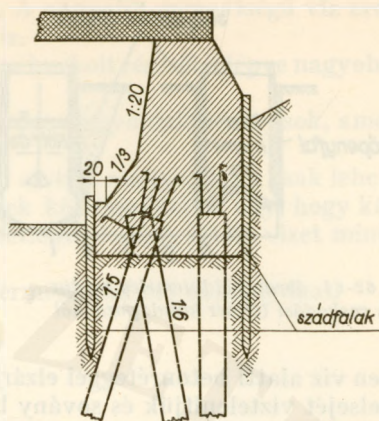
ahol l a cölöp hossza m-ben, h a verési mélység m-ben, k pedig a talajtényező, könnyű talajoknál $k=50$, nehéz talajoknál $k=30$.

Kútalpozásnál közvetlenül a térszínen vagy a talajvízszint közelében fokozatosan egy gyűrű alakú falat (2.62-64. ábra) építünk fel, miközben belsejéből és vágóélnek kiképzett pereme alól a talajt eltávolítjuk. Ennek következtében a gyűrű lassan le-süllyed a teherbíró rétegre. Kb. 4–8 m mélységig alkalmazzuk.

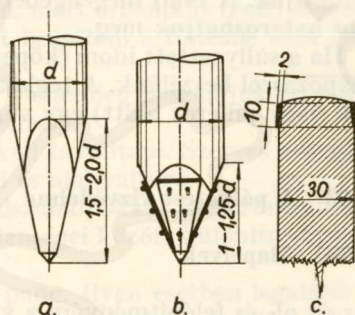
A betonköpeny vastagsága:

$$v = 0,10 + 0,1d \text{ [m]},$$

ahol d a kút átmérője méterben.



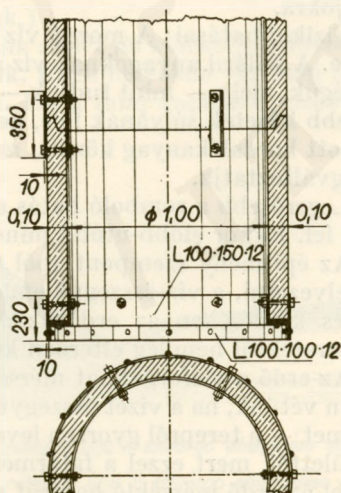
2.62-61. ábra. Hidőfalpozás cölöppráccsal



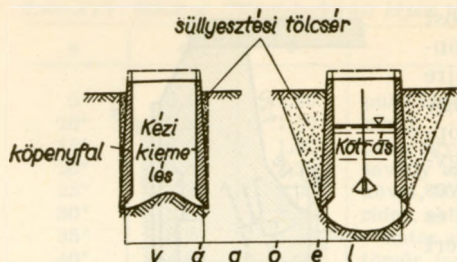
2.62-62. ábra. Facölöpök kiképzése



2.62-63. ábra. Vasbeton cölöp



2.62-64. ábra. Vágóélnel ellátott beton kútgyűrű



2.62-65. ábra. Földkiemelés módja és roskadási tölcser kútalapozásnál

ben víz alatti betonréteggel elzárjuk. A zárórteg megszilárdulása után a kút belsejét víztelenítjük és sovány betonnal (B 50 – B 70) kitöltjük.

Hídfők és pillérek alapozásánál több kút süllyesztünk és ezek fölé teherelosztó vasbeton lemezt helyezünk, melyet a kút kitöltő betontestbe vasakal behorgonyozunk.

A talajnak átadott terhelést a kút vagy kutak felfekvési területe alapján számítjuk. A talaj megengedett feszültségét pedig az ismert töröképlet alapján határozhatjuk meg.

Ha a süllyesztett idom (köpeny) az alaptest alakját követi, akkor szekrény-alapozásról beszélünk. A téglalap alaprajzú nyitott szekrényalapot (pl. hídfők vagy pillérek alatt) egy vagy több keresztfallal építjük.

2.63 A pályatest vízvédelme

2.631 Alapelvek

Az út al- és felépítményére a víz kémiai és fizikailag gyakorol hatást.

Kémiai hatásai: Kilúgozza a kőzetek klór-kötéseit, megtámadja a kénsavas sókat (gipsz), meszet és dolomitot. A levegőtartalmú, ún. savtartalmú víz megtámadja a beépített fémeket. A cement érzékeny a zsírokra és növényi olajokra.

Fizikai hatásai: A mozgó víz mechanikai munkája és a fagyott víz kiterjedése. A szilárd anyagoknak víz által történő szállítását megkönnyíti súlyvesztésük, mely – mint tudjuk – egyenlő a kiszorított víz súlyával. Ez a könnyebb kőzetek súlyának fele, nehezebbeknek egyharmada lehet. A víz a mozgott hordalékanyag között, mint kenőanyag lép fel, és a talajok állapotát is megváltoztatja.

Legerősebb a romboló hatás akkor, ha a fizikai és a kémiai befolyás együtt lép fel. Ekkor előbb-utóbb minden anyag lebomlik.

Az építmény szempontjából nemkívánatos vizet tehát össze kell gyűjteni és elvezetni, a víz-összegyülemleket pedig meg kell akadályozni. A vízelvezetés kérdésében az erdőgazdálkodás szempontjából az általános útéptési ismeretektől némileg eltérően kell állást foglalnunk.

Az erdő a vízforgalmat mérsékeli, arra kiegyenlítőleg hat. Ez ellen a hatás ellen vétünk, ha a vizet összegyűjtve, azt – mint az erdő számára is ellenséges elemet – a terepről gyorsan levezetjük. Nem szabad a vizet elvonni a tenyészterülettől, mert ezzel a fatermelés ellen vétünk, sem gyorsan elvezetni, mert ezzel az erdő mérséklő hatását romboljuk.

Ezért káros a nagyméretű árkok és csatornák tervezése, ahol nagy mennyiségű víz gyülemlik össze. A víz hosszú úton az útpálya mellett halad és az al-

talajba való szivárgás intenzitása növekszik. A nagyobb mennyiségű víz erodáló hatása is nagyobb és szétosztása is nehéz.

A burkolt árokban a víz sebessége megnő és a burkolt részről lelépve nagyobb rombolást okoz.

Az erdő vízháztartása szempontjából károsak a hegyoldali bevágások, amelyek a bevágás feletti erdőrészt víztelenítik.

Alapelv legyen az útépítő erdész előtt, hogy a vizet amilyen soká csak lehet, az erdőtalajon tartsa, és ne vonja el a növények körforgalmától úgy, hogy káros vízduzzasztást ne okozzon. Az elkerülhetetlenül összegyűjtött vizet minél előbb szét kell osztani a terepen.

A lefolyások megfékezésére használjunk természetű élő akadályokat.

2.632 Általános vízvédelem

A víz károsítása az utak altalajában, alépítményében, pályaszerkezetében és melléklétesítményeiben egyaránt jelentkezik.

Az altalajban káros vízszivárgások, az altalaj felázása csökkentik teherbíró képességét. A víz hatására egyes talajnemek erős alakváltozást szenvednek.

Töltések alól a termőréteget el kell távolítani, mert organikus részei lebomlanak, a töltés megrokkban. Organikus részeket beépíteni a töltésbe nem szabad.

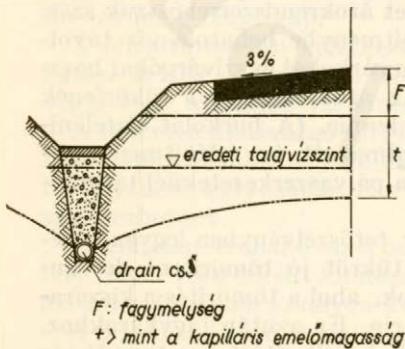
(Az eltávolított termőréteget, az „élő talajt” lehetőleg használjuk fel vagy a rézsűk leborításánál, vagy más meliorációs célra.)

A gyökér- és cserjetuskókat a töltés alól el kell távolítani. Szerves anyagot tartalmazó talaj a víz hatására jobban duzzad és alakváltozó.

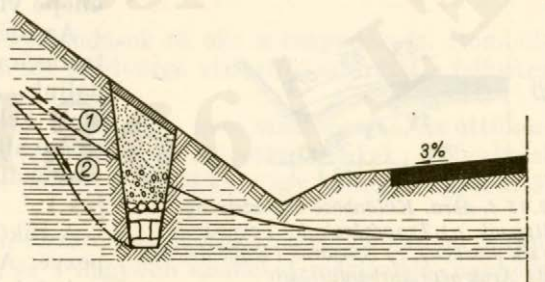
A talajelmozdulások jó része egyszerű rendszabályokkal megszüntethető, ha azokat víz okozza. A hegyes és sík vidék jelenségei között különbséget kell tenni.

A síkságon gyakran nincs lefolyás és a víz pang. Ilyen esetben legalább a fagyzónából le kell sülyeszteni. A lesüllyesztés alagsóvel (drain) történhet, melyet a víz befogadására alkalmas árokrendszerbe vezetünk (Recipiens, 2.63-1. ábra). (A draincső 25–33 cm hosszú, 4–20 cm átmérőjű égetett, de máz nélküli agyagcső, melyet általánosságban a kultúrtechnikában vizes területek bizonyos fokú kiszáritására használnak.)

A víztelenítés érdekében a sík vidéken az utak szélét jól kiárkoljuk, illetőleg az árokból kiemelt anyaggal töltéseket építünk. Ilyen helyeken vigyázni kell, hogy az árkoknak kellő lefolyást biztosítsunk. Ha a talaj kapilláris vízemelő

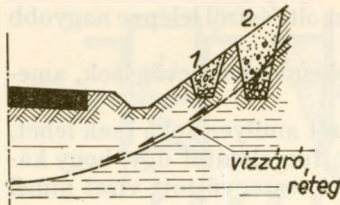


2.63-1. ábra. Vízzint-süllyesztés alagsóvellel



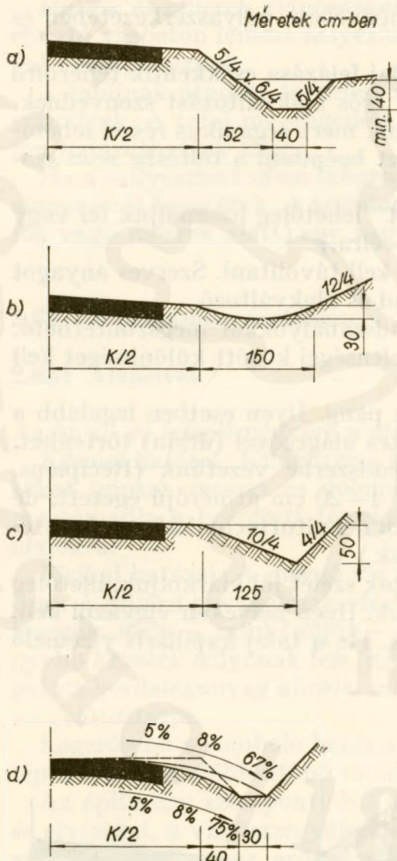
- ① rétegvíz útja a szivárgó elhelyezése előtt
② rétegvíz útja a szivárgó elhelyezése után

2.63-2. ábra. Rétegvíz jelfogása szivárgókkal



1. hatástalan övárók
2. helyesen tervezett, hatásos övárók

2.63-3. ábra. Rétegvíz felfogása övárokkal



2.63-4. ábra. Különböző árokszelvény típusok. a) Trapézárók. b) Teknőárók (sík vidéken). c) Szögárók (hegyvidéken). d) Árok gépi karbantartásra

képessége nagy, a pályaszerkezet alatt talajcsertét végzünk, amely a kapillárisokat megszakítja és az altalajból a víz szivárgását meggátolja.

Hegyvidéken a hegyoldalból a vízzáró rétegen szivárgó vizet vagy szivárgórendszerrel, vagy megfelelő, ún. övárokkal gyűjtjük össze (2.63-2. és 2.63-3. ábrák).

Ha az A_2 ároknak a vízzáró anyagba érő része kicsire van méretezve, a kiadós eső vagy hóolvadás esetén a víz kilép belőle és azonnal csúszást idéz elő, mivel a vízzáró réteg felszínét mintegy elszápanosítja.

A felszíni nyílt árok helyébe szivárgó vagy drainső is tervezhető. A drainső meszes talajban nem hosszú életű, és csak akkor tervezhető, ha szerepét növényzet veszi lassanként át.

A rétegvíz elvezetésének másik módja, hogy a vízzáró réteget az építménytől 10–15 m távolságra robbantásokkal összezúzzuk és így utat nyitunk a víz alsóbb rétegekbe való szivárgásának.

Az alépitmény anyagában a víz állapotváltozásokat okozhat, aminek eredménye az állékonyság csökkenése.

A vízlefolyásoknak a pálya alatt való átvezetését lehetőleg erőszakolt megoldás nélkül oldjuk meg. Az útnak is, a víznek is folytonos futást kell biztosítani, és a talajjal összefüggő — nem mesterkéltnél — megoldású műtárgyakat kell építeni.

Az átteresztők kilépőnyílását szélesítjük, ezáltal a víz sebessége csökken, erodáló hatása kisebb lesz. Az átteresztő bejáratát kis fenékgáttal biztosítsuk, a kilépő vizet árokrendszerrel osszuk szét.

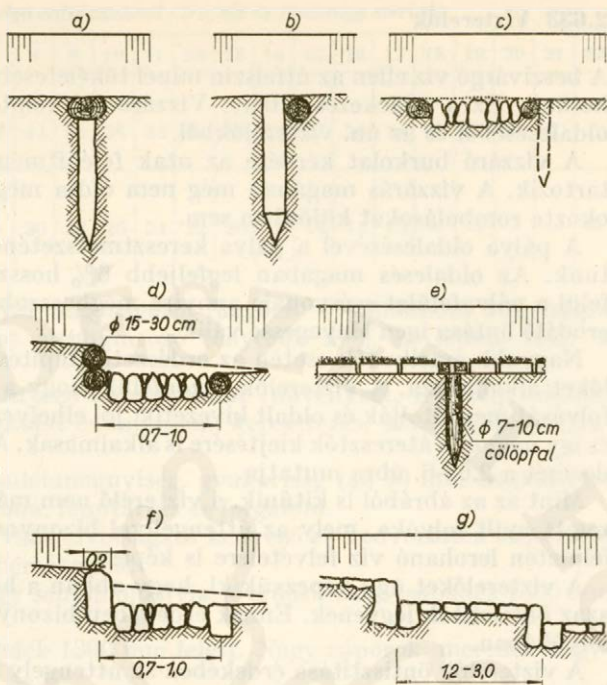
Az alépitményeket behatoló víz távolytartására az árkokat és szivárgókat használjuk. Az árkokfenéknek a tükörfenék alatt kell lennie. (A burkolat víztelenítésére alkalmazott, ún. felépitményi szivárgókat a pályaszerkezeteknél tárgyaljuk.)

A tükör tetőszelvényben legyen kiképezve. A tükört jó tömöríteni, de vannak talajok, ahol a tömörítés a kiszáradást zavarja. Ez azután fagykárokhöz,

feltöréshez stb. vezet. A tömörítés továbbemeli a kapillaritást és a tapadó víz megtartóképességét növeli. A tükör víztelenítése különösen fontos, ha a burkolatot szegélykő zárja le.

A felületi vizek elvezetését megfelelő esésű árokrendszerrel biztosítjuk. Az árok a vízlevezetést csak akkor oldja meg, ha megfelelő esése van az árokvízet befogadó vízfolyásig, vagy gondoskodás történik a terepre való vezetéséről, ahol a víz már többé kárt nem okoz. Rosszul tervezett árok vízpangásokat, ebből következőleg beázásokat okoz, melynek következménye a felfagyás.

A nyílt vízlevezető árok néhány típusát a 2.63-4. ábrán mutatjuk be. Az *a* ábrán látható trapéz-szelvényű árok a szükséghez mérten 0,30 – 0,40 m fenékszélességgel készül. A *b* és *c* ábrán látható ároktípusokat a



2.63-5. ábra. Árokfenék-védelmi rendszabályok

padkával együtt burkolni szokás. Ezeket aztán a járművek kitérésnél a forgalmi sáv kiegészítésére is igénybe vehetik.

A nyílt árokakat az erózió ellen burkolni szokás vagy, ami még jobb, az árokfenéket lépcsőzzük (2.63-5a – g ábra).

A fenékgátak kiképzésénél azt az irányelvet kell szem előtt tartani, hogy a víz mindig a gátkorona normálisának irányában fog átbukni, tehát a fenékgátak elhelyezésével a vizet bizonyos mértékig irányítani tudjuk. 7%-os árokfenék lejtésén túl az erózió veszélye igen nagy.

E keresztgátak elkészítésénél gondos munkára van szükség, ha helyes hatást kívánunk vele elérni. Ha a víz mélysége nagyobb, mint a bukómagasság, nem tanácsos a fenékgát használata (a folyási sebesség növekszik). Az árkot lássuk el gyepporítással, ha rövid ideig szolgál vízlevezetésre, és akkor is úgy, ha hosszú ideig fényt kap.

A felépítményben keletkező károsodások fő oka a csapadékvíz. Romboló hatása kétféle: Egyrészt a felületen átszivárgó vizlazító, másrészt a felületen végig vagy átrohánó víz kimosó hatása.

A felületen átszivárgó víz, ha az alépítmény nem vízáttöltő, az úttükörben összegyülemlik és a földművet fellazítja. Következmények: A burkolat besüllyedése, kátyúsodás. Ellene padkaszivárgókkal vagy homokos ágyazattal védekezhetünk.

A felületen lerohanó víz a nem vízzáró burkolatok (főleg a makadám burkolat) finom részecskéit kimosza, és a nagyobb szemeket meglazítja, úgyhogy azokat a forgalom könnyen kimozdítja.

A 8% körüli esésben épült pályaszakaszokon ez a kimosás jelentős mértékű lehet. A meredek szakaszokon összegyülemelő víz azután az alattuk levő enyhébb lejtésű szakaszra rohan és ott növeli az átszivárgás veszélyét és a kátyúsodást.

A beszivárgó víz ellen az útfelszín minél tökéletesebb víztelenítésével védekezhetünk. Ez a védekezés állhat: Vízáró burkolatból, a pálya jól kiképzett oldaleséséből és az ún. vízterelőkből.

A vízáró burkolat kérdése az utak felépítményével foglalkozó fejezetbe tartozik. A vízárás magában még nem oldja meg teljesen az erodáló hatás okozta rombolásokat különben sem.

A pálya oldalesésével a pálya keresztmetszetének kialakításánál találkozunk. Az oldalesés magában legfeljebb 6% hosszúságig hatásos, mert ezen felül a pályafelület esésvonala annyira meghosszabbodik, hogy a csapadékvíz erodáló hatása igen lényegessé válik.

Nagyobb emelkedők esetén az erdészeti útépitési gyakorlat az ún. vízterelőket alkalmazza. A vízterelő, azonfelül, hogy a felületi vizek hosszirányú folyását meggátolják és oldalt kivezetik, jól elhelyezve az árokvíz átvezetésére és így nagyobb áteresztők kiejtésére is alkalmasak. A vízterelő általános elrendezését a 2.63-6. ábra mutatja.

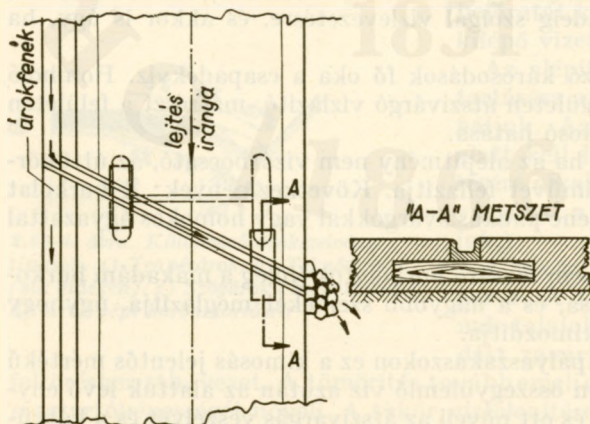
Mint az az ábrából is kitűnik, a vízterelő nem más, mint a burkolaton átvezetett nyílt folyóka, mely az úttengellyel bizonyos szöveget zár be, és a pálya felületén lerohanó víz felvételére is képes.

A vízterelőket úgy képezzük ki, hogy abban a hordalék ne rakódhassék le, azaz öntisztítók legyenek. Ennek érdekében bizonyos vízsebesség kívánatos a folyókában.

A vízterelő öntisztítása érdekében az úttengely normálisával bezárt szöveget 40° -nál ne vegyük nagyobbra. Ezen felül ugyanis a vízterelő hossza annyira megnövekszik, hogy az az előállítási költségekre is lényeges hatással van. A vízsebesség megnövelésére a terelő hossz-szelvényét kónikusán képezzük ki. Teljes öntisztítás nehezen érhető el. Az öntisztítás attól is függ, hogy milyen anyaggal van eltömődve a vízterelő. Legnagyobb gondot a homok okozza. A járművek kerekén fellépő erőhatások a zúzalékot a vízterelőbe sodorják, ezzel a lefolyást eltömik. A vízterelő fenékesése legalább 4–5% legyen.

Az öntisztítás mértékadó tényezői: A víz lökőereje (vízmennyiség, vízsebesség), a csatorna súrlódási tényezője, az átfolyási profil alakja, a használható keresztmetszet, a számba jöhető hordalékanyag, és végezetül a karbantartás.

Be- és kifolyás. A vízterelő a hegy felőli árokban kezdődik és a külső részüig tart. A befolyást ne lépje át a víz. Ezért a befolyás az árokfenéknél mélyebb legyen.



Átfolyási szelvény. A 12 cm-nél nagyobb szélességű vízterelő a gyorsabban közlekedő járműveknél érezhető lökést ad, ilyen helyeken 6–8 cm-nél nagyobb szélességű nyílást ne készítsünk. A 8–10 cm nyílásnál a lovak patája nem szorul be, tehát ezek a fogatos szállítás követelményeinek is megfelelnek. A csatorna mélysége általában 12–15 cm-re választható.

A vízterelőket az út

2.63-I. táblázat. Vízterelők távolsága erdei utaknál (Hafner és Hedenigg szerint)

Pályaesés:	%	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Kedvező eset [m]	72	56	48	44	40	36	34	32	30	28	27	26	24	23	22	21	20	19	
Kedvezőtlen eset [m]	—	—	—	30	28	26	24	22	20	18	16	14	13	—	—	—	—	—	—

lejtős szakaszain — a lejtő nagyságától függően — különböző távolságra helyezzük el. A távolságot meghatározó tényezők a %-os lejtőn felül a következők:

Állandó tényezők: A környező terepalakulat (növényzet, lejtőszög, sziklák, földcsúsztatók stb.), útburkolat és talajnem, keresztezés, útszélesség, pászta-szélesség.

Változó tényezők: Csapadékmennyiség, gyakoriság (az 50 mm csapadékon felüli napok száma), útkorona, fenntartás és forgalom.

A vízterelők egymástól való távolságára kedvező és kedvezőtlen esetekben a 2.63-I. táblázat adatai mértékadók.

Kedvező eset: Kevés vagy semmi oldalvíz, jó erdősültség, csapadék 1300 mm alatt, csekély zápor.

Kedvezőtlen eset: Csapadék 1300 mm felett. Nagy záporok, meredek hegyoldal, sok oldalsó víz.

Igen kedvező esetben az értékeket még 10%-kal emelni lehet.

A vizsgálatok azt mutatják, hogy az út szélességének a vízterelők egymástól való távolságára befolyása nincs.

Ezen elvek alapján kiosztott vízterelőkön kívül még a következő helyeken alkalmazunk vízterelőket:

1. Kissugarú ívekben a túlemelés előtt és után. A fordulókban nem egymás fölé, hanem váltakozva.

2. Kis terepráncok és teknők alatt, ha azok nem sok vizet gyűjtenek össze.

3. Oldalutak betorkollásánál, az oldalútra, a főút tengelyével párhuzamosan.

4. Olyan terep alatt, ahol a csapadék a felületen folyik le (sziklás, rétekek borított terep).

5. Csúszós rézsűnél, hogy az oldaleróziók által az árokból kiszoruló vizet elvezesse.

6. Ott, ahol épület esőcsatornája a pályára csorog.

7. A hidak ellenfala előtt.

8. Hosszirányú teknőben, ahol a pályáról mindkét oldalról csorog a víz.

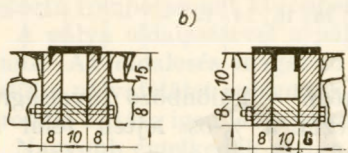
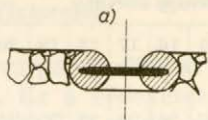
9. Meredek földcsúszdák, vontató-, közelítőnyomok becsatlakozásánál.

Ezek az utalások a 6%-nál kisebb esésű pályákra is érvényesek, mivel a nagyobb mennyiségű, oldalról folyó víz ezeket is tudja erodálni.

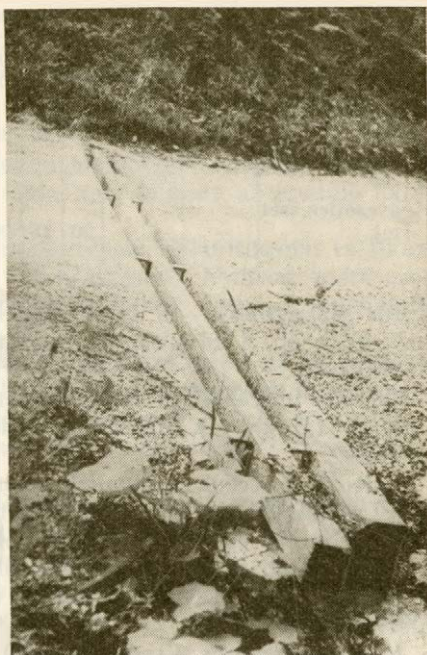
A vízterelők kivitele

A régebbi típusú vízterelőket faragott fából, vagy rúdanyagból készítették. Ezek élettartama 5–10 évnél nem nagyobb. Részben a forgalom szétforgácsoló hatása, részben a különböző farontó gombák pusztítják el. A forgalom ellen a faragott fa vízterelőket vaslemez rápántolásával szokták védeni.

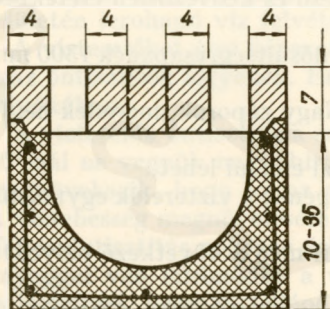
A korszerű vízterelők betonból, vasbetonból vagy hengerelt vaslemezről készülnek.



2.63-7. ábra. Fából készült vízterelő. a) Egyszerű jenyő rúdjaból. b) és c) Pallóból kovacsoltvas összekötő elemekkel

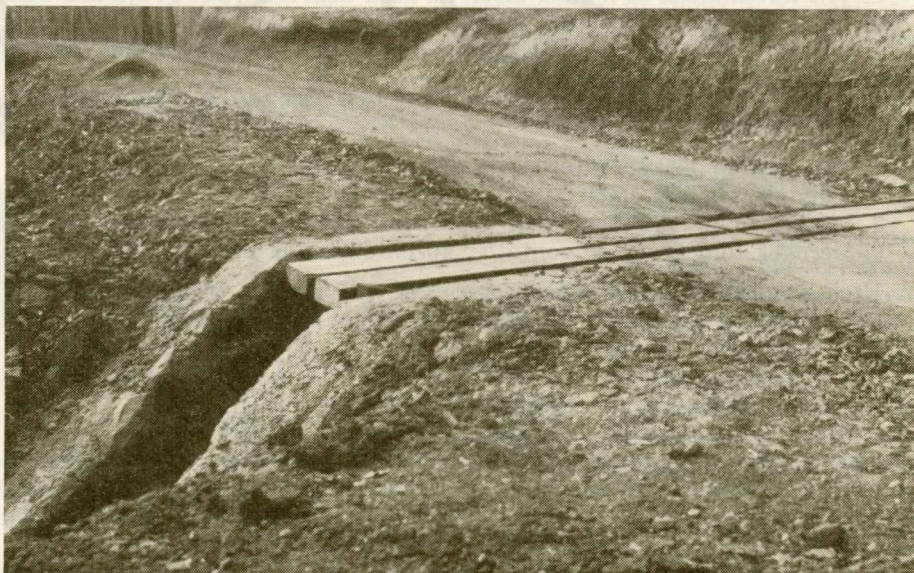


c)



a)

2.63-8. ábra. Beton vízterelő. a) Áteresztőt helyettesítő vízterelő. b) Beton vízterelő pallórácscsal



b)

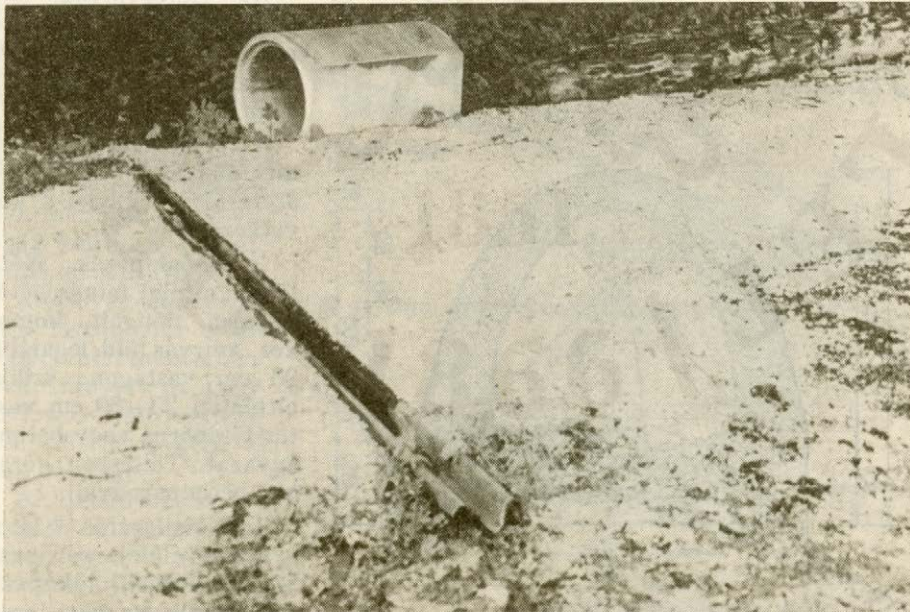
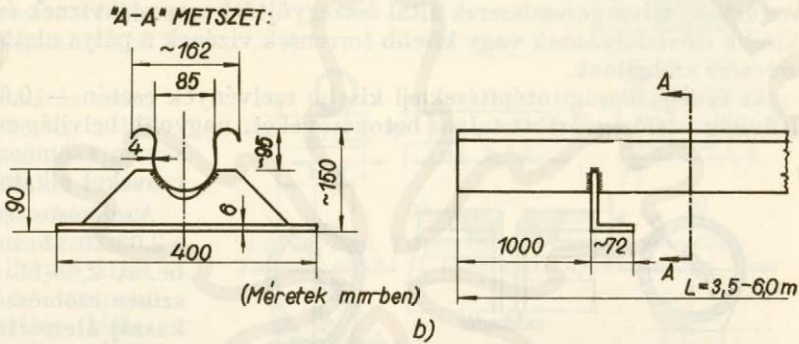
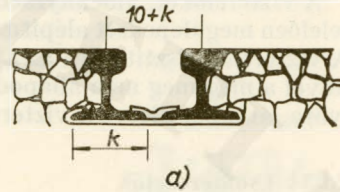
A fából készült vízterelőket (2.63-7. ábra) ácskapcsokkal vagy kovácsoltvas összekötőelemekkel, esetleg keményfaszeggel erősítik össze.

Szokás a farészeket összecsavarozni és távolságukat egy csődarabbal merevíteni.

A fából készült terelőknél a jobb felfekvés biztosítására, a víz súrlódásának csökkentésére talpdeszkát alkalmazunk. Ezzel a csatornának a forgalmi terheléssel szembeni ellenállása is növekszik.

Készülnek előregyártott beton elemekből is vízterelők, esetleg fa borítással kombinálva. Megfelelő méret esetén áteresztőként is használhatók ott, ahol a betoncsöveket költséges elhelyezni (2.63–8a, b ábra).

2.63-9. ábra. Vasból készült vízterelő. a) Kisvasúti sínekből (USA). b) Hengerelt lemezprofil
c) Hengerelt lemezprofil beépítve



c)

Újabbán mind nagyobb tért hódítanak a vasból készült vízterelő. Ezeknek őse az erdei vasúti sínekből összeállított vízterelő (2.63-9a ábra). A korszerű formák megfelelő profilra hengerelt lemezből állanak, melyek 3,50 és 6,00 méteres darabokban készülnek és rozsdálló mázzal vannak befestve (2.63-9b, c ábra).

Sima felületük az öntisztítást biztosítja. Rugalmasak, elhelyezésük 2–3 munkaóra.

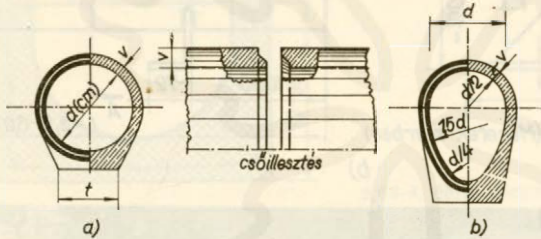
A vízterelőket alapozni szokás. Élettartamuk sok tekintetben a jó alapozás függvénye. Döngölt zúzottkő alap, esetleg cementhabarcs borítással a legjobb felfekvést biztosítja.

A vízterelőket, amennyiben végleges kivitelben készülnek, csak a már megfelelően megüledett alépítményre és a konszolidált burkolatba helyezzzük el. A vízterelő tisztítására az új építésű utaknál nagyobb gondot kell fordítani, mivel a még meg nem állapodott bevágási rézsűkről sok anyag kerül az útpályára, árokba, illetve a vízterelőbe.

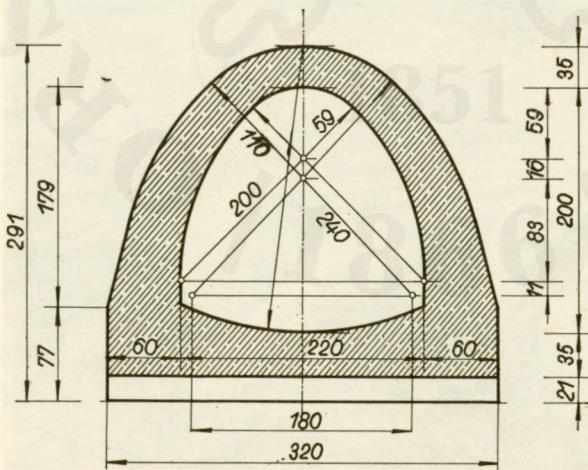
2.634 Csőáteresztők

Az árkok, szivárgórendszerek által összegyűjtött csapadékvíznek és ritkábban kisebb élővízfolyásnak vagy kisebb torrensek vízének a pálya alatt való átvezetésére szolgálnak.

Az erdőgazdasági útépitéseknél kisebb szelvények esetén – 0,60–0,80 m belvilág – előregyártott talpas betonsöveket, nagyobb belvilág esetén helyszínen csömöszölt betonsöveket alkalmaznak.



2.63-10. ábra. Előregyártott talpas betonső szelvények.
a) Körszelvény. b) Tojás-szelvény



2.63-11. ábra. 2,00 m nyílású békaszáj áteresztő.
(Közutaknál használt típus)

A szokásos szelvényeket a 2.63-10. ábrán mutatjuk be. A 2.63-11. ábra helyszínen csömöszölt, ún. békaszáj áteresztőt ábrázol.

Az előregyártott elemekre jellemző a belső méret (átmérő), a falvastagság, talpszélesség, az elem hossza és súlya.

Az előregyártott elemekből készült betonső-áteresztő fő részei a következők:

1. Csőalapozás. Nőtt földön a talaj minőségétől függően, döngölt, homokos, murvás föld, legalább 20 cm vastagon; szikla altalajon 20–30 cm vastag földpárna vagy betonagyazat. Töltésben koraikat betonpárnával.

2. Csőfejlezárás. Előregyártott előfej, párhuzamos homlokkal földkúpokkal, merőleges vagy ferde szárnyfal.

Cső átm. <i>d</i>	Kőbeton alaptest						Terméskő akna				Csőfal vtgs. mm	1 fm cső súlya kp
	<i>t</i>	<i>v</i> ₁	<i>v</i> ₂	<i>sz</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>f</i>	<i>t</i>	<i>m</i>	<i>k</i>		
	m											
0,40	0,32	0,40	0,15	0,70	0,30	0,70	0,20	0,60	0,30	1,00	42 – 50	155 – 196
0,60	0,45	0,60	0,20	0,90	0,40	0,90	0,25	0,80	0,40	1,30	55 – 65	300 – 335

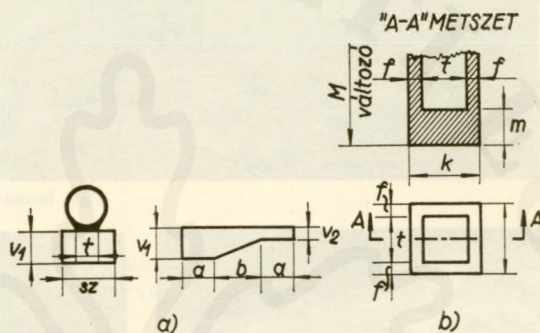
Az előfej és a hozzátartozó csődarab alá, valamint egyéb lezárásoknál a csatlakozó cső alá beton vagy kőbeton alaptestet helyezünk el.

3. Akna. Vegyes szelvényben elhelyezett csöveknél a hegy felőli oldalra terméskő aknát építünk. Az akna mélységi méretei a cső elhelyezésétől függenek. A csövek legkisebb takarása, az útburkolatot is beleszámítva, legalább 0,60 m legyen.

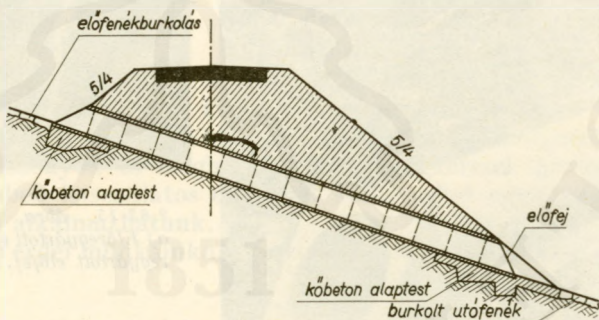
A csőfejlezárás után, ha a vízsebesség a 1,5 m/sec-ot meghaladja, a kifolyási oldalon utófenéket vagy rézsűburkolást szokás készíteni, mely a kifolyó vizet szétteríti a terepen, vagy az esetleg kialakult mederbe tereli. 2,5 m/sec vízsebesség felett pedig csillapító medencét tervezünk. Az erdőgazdaságban használatos körszelvényű betoncső terméskő aknáinak és alaptestjeinek méreteit a 2.63-12. ábra szerint a 2.63-II. táblázat mutatja.

A csövek elhelyezésére legtöbbször a terepalakulat ad útmutatást. Irányelv az, hogy az árkok vizét legalább 250–300 m-enként el kell vezetni.

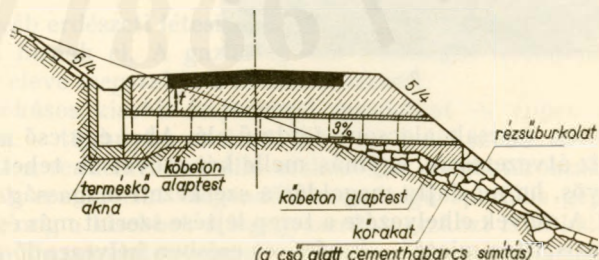
Általában 0,60 m átmérőjű csöveket tervezünk, mert a 0,40-es tisztítása nehéz. Ezeket csak kis hosszúságig alkalmazzuk és



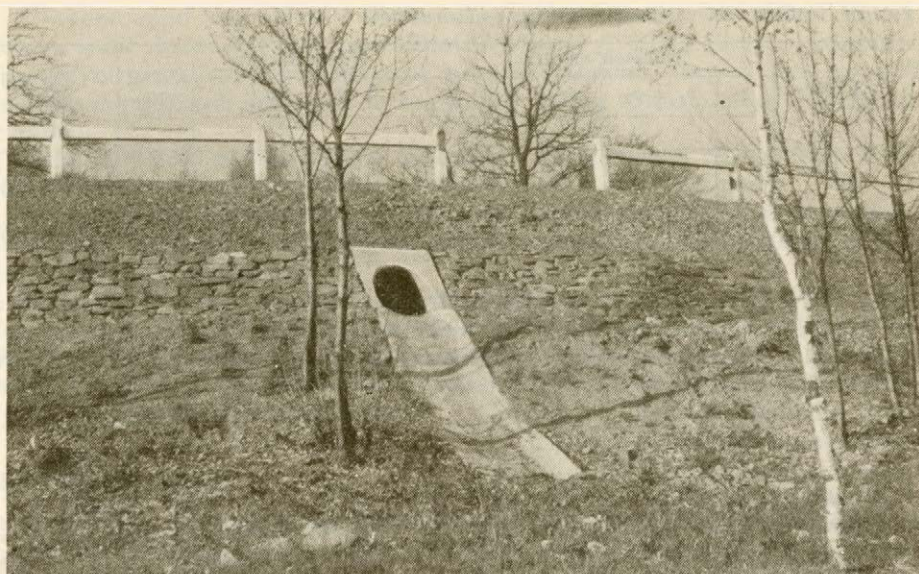
2.63-12. ábra. Talpas betonső áteresztő tartozékai. (méretek a 2.63-II. táblázaton). a) Alaptest. b) Akna



2.63-13. ábra. Tereppel egyenlő lejtésben fektetett betonső



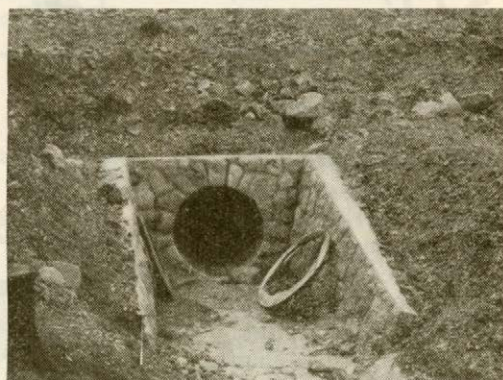
2.63-14. ábra. Betonső áteresztő terméskő aknával



a



b

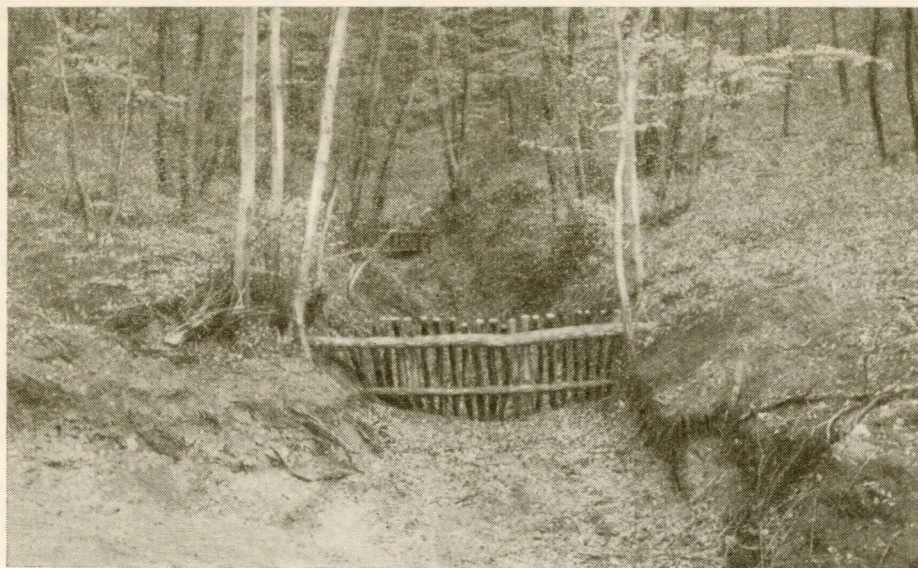


c

2.63-15. ábra. Különböző előfej kiképzések.
a) Előregyártott előfej burkolt utófenékkal. b) Előregyártott előfej. c) Természkő előfej.

akkor is csak alacsony földmű alá. Ahol egy cső nem látszik elégségesnek a víz átvezetésére, egymás mellé két csövet is tehetünk be. Ez különösen előnyös, ha másfajta megoldás a szerkezeti magasság miatt nem helyezhető el.

A csövek elhelyezése a terep lejtése szerint más és más. A csőszerkezet — az öntisztítás miatt — 2–5%-os esésben helyezendő el. Ennél nagyobb, esetleg



2.63-16. ábra. Rácsos hordalékfogó betoneső előtt

a tereppel egyező esésű csövek különleges alapot kívánnak és a betonanyaguk is nagyobb igénybevételnek van kitéve. Ilyen esetben a csőfej-lezárást gondosan alapozni kell.

2.7 Erdei útépitések alépitményi munkáinak kivitelezése

2.71 Általános tudnivalók

Az utak vonalas jellegű építmények, azaz szélességük hosszúságukhoz viszonyítva jelentéktelen. Az erdei utaknál ez különösen hangsúlyozott, mivel a szélességi méreteik a közutaknál általában kisebbek. A közutaknál kedvezőtlenebb terep- és építési viszonyok és meghatározott költségkeretek között épülnek, ezért az útépitésben használatos eljárások közül sokat egyáltalán nem, vagy csak módosítva alkalmazhatunk.

Mint az általában egyéb erdei munkáinknál is szokásos, magát a munkát a felvonulás előzi meg.

Felvonulásnak nevezzük a munkát elvégzéséhez szükséges dolgozók, gépek, anyagok, segédanyagok stb. kellő időben és mennyiségben való biztosítására szolgáló előzetes intézkedéseket és munkákat.

Nemcsak az utak, de egyéb erdészeti létesítmények is kis terjedelműek, így költséges felvonulást nem bírnak el. A gazdaságosan lehetséges felvonulás mértéke igen gyakran már eleve megszabja a munkamódszert.

Az erdőgazdaságban szokásos kisebb terjedelmű munkákat – éppen a munka terjedelménél fogva – többnyire az üzem keretein belül szokás elvégezni, tehát a technológiát a rendelkezésre álló eszközök is meghatározzák. A nagyobb erdőgazdaságok rendszerint elegendő mennyiségű speciális gépi felszereléssel rendelkeznek, míg a kisebbek a legegyszerűbb eszközt is ki kell, hogy használják. Különösen jó szolgálatot tesznek a saját rezsiben végrehajtott építkezéseknél a többcélú vontatók, melyeknek adapterei közül nem marad-

hatnak ki az útépités és karbantartás eszközei sem. Ilyen módon viszont az útépitési munkák hozzájárulnak az erdőgazdasági alapgépek kihasználásához.

Az útépités a felvonulással kezdődik, az előkészítő munkákkal, majd a földmunkával folytatódik.

2.72 Előkészítő munkák

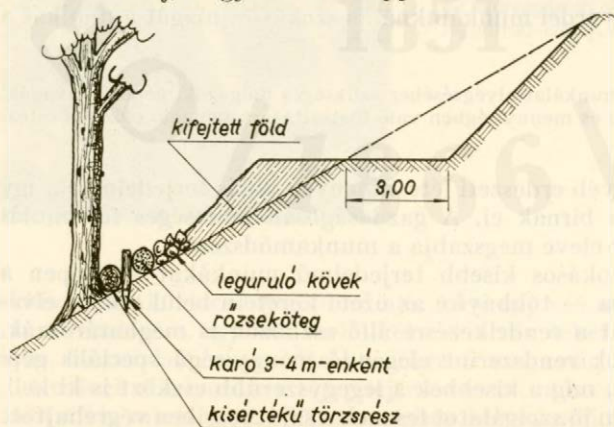
A munkahely előkészítése az útpálya nyomjelzésénél elhelyezett mérési jelek felkeresésével, az időközben megsemmisült jelek pótlásával kezdődik meg. Ezt a műveletet reambulálásnak nevezzük.

A kitűzési állandósítások kibiztosítására a 2.336 pontban mondottak irányadók.

A földmunka helyén a lábönálló faállomány eltávolítása még a munka kijelölése előtt meg kell történnék. Az állományt nem szabad nagyobb szélességben eltávolítani, mint amennyire feltétlenül szükséges. Általános szokás, hogy a részü szélétől 1–1 méter szabad sávot hagyunk, hacsak ennek bővítésére egyéb okok (övérok stb.) nem készítetnek. A bevágási részü felett álló olyan nagyobb törzseket, melyeknek gyökérzetét a földmű építése során erősen megbontottunk, el kell távolítani.

A szükséges pásztaszélességet a keresztaszelvények alapján a még megmaradó fák befestésével gondosan ki kell jelölni. Szembe kell szállni annak az elvnek túlzott érvényesítésével, amely a földmű kiszáritását széles pászta nyitásával kívánja elérni. A száraz földművet jó víztelenítéssel, megfelelő tervezéssel és gondos építéssel kell biztosítani.

A pászta kitermelése rendszerint motorfűrésszel, az erdészeti munkák szabályai szerint történik. A kitermelt anyagot, amennyiben az nem romlandó, vagy olyan időszakról van szó, hogy romlástól nem kell tartani, a kitermelt pászta felső szélére, a leendő földmű fölé gyűjtjük össze és ott úgy rakásoljuk, hogy majd a kész földművön kerülhet leszállításra. Amennyiben ez nem lehetséges, a faanyagot a szokásos eljárások egyikével leszállítjuk. A hegyvidéki erdeinkben vegyes szelvényben épülő utainknál bizonyos terelejtészőn felül a töltési részbe kerülő anyag egy része legördül és az út alatt levő állományrészekben sokszor helyrehozhatatlan károsodást okoz. 60%-os terephajlásig, ha a bevágási földanyag porhanyó, homokos vagy murvás, nem kell számolni károsodással. Más a helyzet azonban, ha a fejtés közben nagyobb tömbökben marad a talaj, vagy különösképpen, ha sziklás, köves talajban dolgozunk.



A legördülő tömbök már kisebb terephajlás esetén is károsodást okoznak. Az értékesebb állományok védelmére ilyenkor megfelelő rendszabályok szükségesek (2.72-1. ábra), mert a kő okozta sérülések, különösen vékonykergű fafajtánál gombafertőzés forrásai és a törzsrész elértéktelenedését okozzák.

Az óvórendszabályok költsége sokszo-

rosan megtérül, ezért azokat már az előkészítő munkák során ajánlatos megtervezni.

Az előkészítő munkák közé tartozik a gyökértuskók és a szerves anyagokat tartalmazó erdőtalaj eltávolítása a földműből.

Gyökértuskók eltávolítása. A töltés alatti részből a gyökértuskókat még a munka megkezdése előtt el kell távolítani, míg a bevágásból a fejtés során is kiemelhetők.

Kézi munkák esetén a tuskókat egyszerűen ki szokás ásni, vagy a gyökerek elvágása után csőrölével kihúzni. Ha a földmunkát buldózerrel végezzük, a vékonyabb tuskókat géppel kifordítjuk (20 cm alatti átmérő). A tuskóirtást mind a kézi, mind a gépi munkánál megkönnyíti a tuskórobbantás.

Gépi földmunkánál elegendő, ha a tuskókat kisebb töltettel szétrobbantjuk és a meglasztott tuskót a tolólemezzel (buldózer) kitoljuk. Teljes kirobbantás sok robbanóanyagot vesz igénybe, a tuskó szanaszét repül és összegyűjtése, további hasznosítása lehetetlen.

A tuskók helyét a teherviselő töltések alatt gondosan tömöríteni kell, mert ellenkező esetben víz összegyülemlésére, veszélyes felfagyásokra stb. ad okot, különösen alacsony töltések esetében.

Magasabb töltések alatt a töltési anyag megtámasztására a tuskók bennmaradhatnak a talajban. Ilyenkor a tuskó közepét megfúrjuk és impregnáló anyaggal töltjük meg.

Termőtalaj eltávolítása. A szerves anyagot tartalmazó erdőtalajt az építés megkezdése előtt el kell távolítani, oldalt deponálni vagy meliorációs célra elszállítani. Az útépitések kivitelezése során eddig sok értékes erdőtalaj került felhasználatlanul deponálásra, megfontolandó, hogy csemetekertek talajának javítására, kopárfásításokhoz nem célszerű-e elszállítani. A termőtalaj eltávolítása a szükséges mértékben enyhé vagy sík terepen legcélszerűbben gréderrel történhet. Meredek hegyoldalban a töltést rendszerint alapozni kell és a termőréteg eltávolítása ennek során a legcélszerűbb.

A földmunka útjába eső létesítményeket le kell bontani és a bontási anyagot a földművön kívül deponálni. Ha a töltések tömörítése nem géppel történik és annak ülepedésével kell számolnunk, a szükséges szélességi és magassági túlméreteket a földmű építésénél figyelembe kell venni.

2.73 Föld fejtése, szállítása és töltések építése

2.731 Általános tudnivalók

A földmunka fejtésből, szállításból és a töltések építéséből áll. Fejtésen a bevágások vagy a töltési hiányok pótlására létesített anyagnyerőhelyek földanyagának meglasztását, és szállításra alkalmas darabokra való széttörését értjük. A fejtéshez szokás sorolni a földanyagok szállítóeszközre való rakását is.

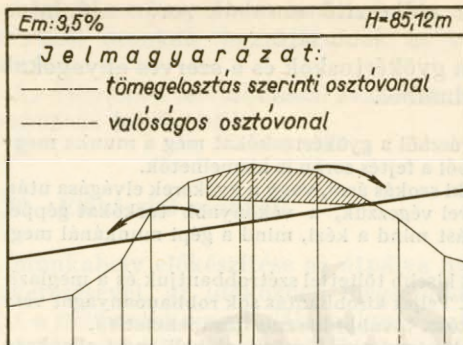
A bevágások, anyaggyödrök földanyagát töltésekbe vagy deponiába kell szállítani. A pálya tengelyére keresztben végzett földmozgatást kereszt-, a pálya tengelyirányában végzett szállítást hossz-szállításnak nevezzük. A földanyagának kézi erővel végzett átlapátolása az ún. karolás. Egy karolás legnagyobb vízszintes távolsága 4 m, függőleges távolsága 2 m. A távolság és magasság összefüggése a normák alapján a következő:

Távolság (m)	–	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
Magasság (m)	2,00	2,00	1,80	1,45	1,10	0,70	0,35	–

Mint tudjuk, a talajokat a fejtési szempontból osztályozni kell és a fejtési osztályok már a földtömegelosztásnál elkülönítendőek.

A fagyott vagy kiszáradt talajok fejtési osztályát a mindenkori talajállapot dönti el. A gyökerekkel átszótt, valamint nedves és szerszámhoz tapadó talaj külön elbírálás alá esik.

A földmunka megszervezése, a fejtési mód és fejtési eszköz megválasztása előtt – a talajmechanikában tanultak figyelembevételével – meg kell hatá-



2.73-1. ábra. Lejtőben végzett hossz-szállítás elosztása

d) A talaj átmeneti és maradandó lazulása mekkora a tervezett fejtési, illetve tömörítési technológia mellett.

A földmunkát általában gépi erővel végezzük. A karos munkát a gépi munka kifinomítására, kisebb terjedelmű földmozgatásra (pl. műtárgyak alapozásánál az alapgödör kiemelésére) használjuk csak fel.

Az erdei útépítés gépeinek kiválasztásánál két szempont irányadó:

Lehetőleg olyan gépeket használjunk, melyek az erdőgazdaságban alkalmazott erőgépekre szerelhetők, vagy azokkal vontathatók. (Egyes esetekben felhasználhatjuk az egyéb erdőgazdasági munkáknál alkalmazott eszközöket is.)

A gépeket és eszközöket a talaj minőségének és a földmozgatás nagyságának megfelelően válasszuk ki, illetve szerezzük be.

Mivel az erdőgazdasági utak keskeny vonalas létesítmények, melyek sokszor meredek hegyoldalon és a magasabb talajosztályokban épülnek, olyan gépek alkalmazása, melyek mozgásához, megfordulásához nagyobb terület szükséges, vagy amelyek kevésbé mozgékonyak, tehát gazdaságos beállításukhoz egy helyen nagyobb földtömeg szükséges, már eleve nem kerülhet számításba.

Az áteresztőket, hidakat és támfalakat a földmunka odaérkezése előtt el kell helyezni, míg a belésfalak és rézsűbiztosítások, valamint szivárgórendszerek csak a földmunka során kerülnek beépítésre.

Deponiák kiképzésénél a tömörítéstől eltekintünk. A bevágások készítésénél fontos szempont, hogy munka közben a csapadék ne állhasson meg a bevágás egyes részeiben. Anyagárkok nyitásánál is ügyeljünk a víztelenítésre, valamint arra, hogy túl nagy és az erdőterületet megzavaró anyagárkot ne létesítsünk. A hiányzó földet inkább a bevágási rézsű laposabb ledolgozásával pótoljuk. Elkerülhetetlen esetekben az anyagárkot szakaszosan képezzük ki.

Erősebb lejtben végzett hossz-szállítás esetén a fejtést a 2.73-1. ábra szerint hajtsuk végre. Ezzel nemcsak az esővíz összegyűlését kerülhetjük el, hanem a felfelé való szállítást is.

rozni a talaj műszaki tulajdonságait. Ha a talajok feltárására a tervezéskor nem került sor, azt legalább a földmunkagépek felvonulása előtt megnyugtatóan el kell végezni.

A talajok műszaki tulajdonságainak elbírálására a következők az irányadók:

a) A talaj mennyire alkalmas töltés építésére és a tervezett bevágások készítésére.

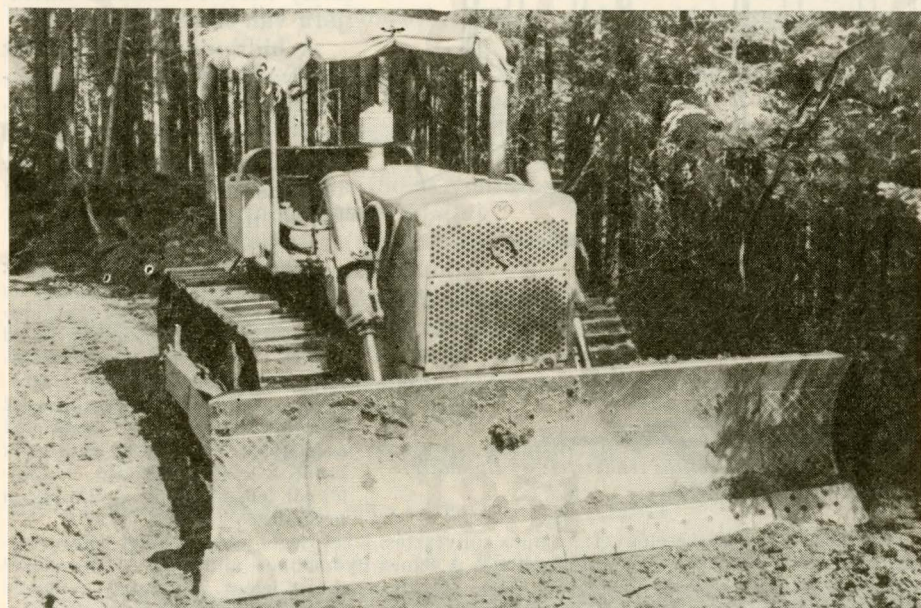
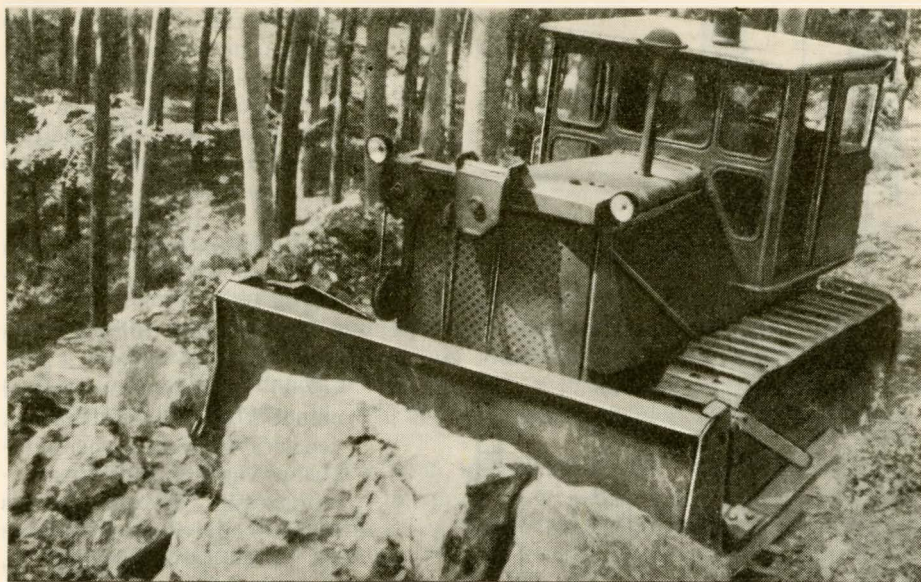
b) Teherbíróképessége megfelelő-e?

c) A talaj elbírálása fejtési szempontból.

2.732 A földmunkagépek és az építés végrehajtása

Az ismertett szempontok figyelembevételével az erdei útépítésnél a következő munkagépeket alkalmazzuk:

Tolólemezés gép vagy bulldózer, útgyalu vagy gréder, rakodólapatok, kőzetfúró és -fejtő berendezések és tömörítő gépek. Ezenfelül alkalmazunk különféle szállítóeszközöket, főleg billenőteknős tehergépkocsikat és dömpereket.



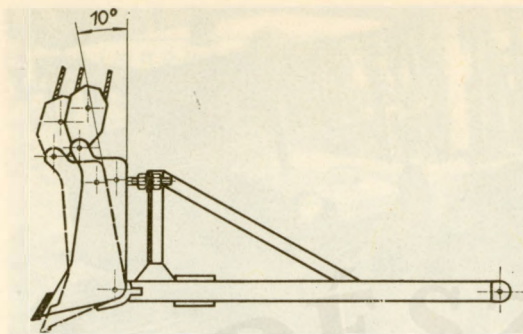
2.73-2. ábra. Tolólemezes gép munka közben. a) Mechanikus vezérléssel (D-157). b) Hidraulikus vezérléssel (Caterpillár D-6)

A következőkben az egyes gépeket és alkalmazásukat a munka sorrendjében ismertetjük.

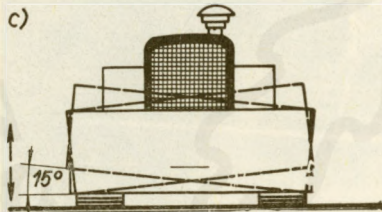
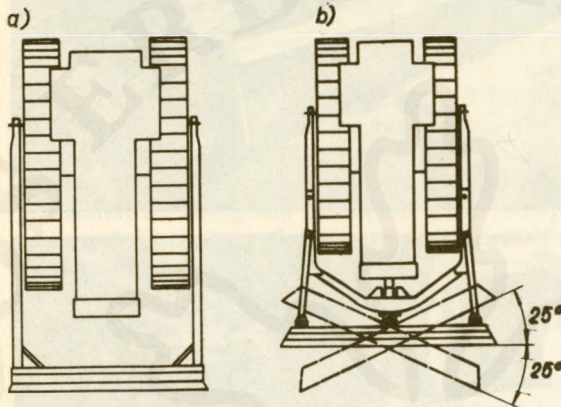
a) Tolólemezes gépek (bulldózerek)

A tolólemezes gép lánc talpas traktorra szerelt lemezből áll, mely gyaluszerű mozgással fejt, majd maga előtt tolja a földet. A gyakorlatban erőgép céljaira 3 Mp-től 11 Mp önsúlyú traktorok kerülnek alkalmazásra, míg a rászertelt

305



2.73-3. ábra. Tolólemez vágásszögállítása



2.73-4. ábra. Lemezbeállítás rendszerei: a) Bulldózer, b) Angledózer, c) Tildózer

A mechanikus vezérlés előnyei: A lemez süllyesztési lehetőségei jobbak, ezért tuskóirtásnál, kötömbök kiemelésénél alkalmasabbak. A lemez gyorsabban állítható. A berendezés kevésbé érzékeny. A hátul elhelyezett csörlő súlykiegyenlítést jelent. Hátránya: A lemez csak önsúlya által hat. A kezelés kevésbé pontos, ha a vezetőknek nincs nagy gyakorlata, hogy a kötelet mindig feszítve tartsa. Fennáll annak a veszélye, hogy az akadályokat átugorja, a kötél elhasználódása gyakran nagyfokú.

A kés vágásszöge a legtöbb gépnél csavarral állítható, amely a különböző kötöttségű talajok szempontjából fontos (2.73-3. ábra).

A kés másik főmozgása a keresztirányú mozgás. Aszerint, hogy a kés keresztirányban mozgatható-e vagy fixen, merőlegesen áll a gép hossz tengelyére, megkülönböztetjük a tolólemez gépek két nagy csoportját: az angledózereket (ferde tolólemez gép) és a bulldózereket (2.73-4a, b ábra).

Egyes gépeknél a kést ezenfelül a földmű oldalesésének megfelelően is be lehet állítani (2.73-4c ábra).

tolólemezrel együtt 4–14 Mp súlyt érnek el. A traktorok üzeme minden esetben diesel. A lemez által felfogható föld mennyisége az I–III. fejtési osztályú talajoknál 1,2–1,5 m³, a magasabb talajosztályoknál 1–1,3 m³.

A tolólemez gépet munka közben a 2.73-2. ábrán mutatjuk be.

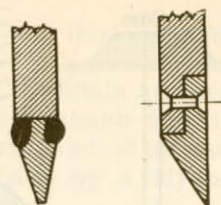
A tolólemez főmozgása a felle mozgás, melyet a gépkezelő vezérlőberendezéssel menet közben irányíthat. A vezérlés történhet mechanikusan vagy hidraulikus berendezéssel. A mechanikus vezérlés egy csigasorból és az azt működtető csörlőből áll, mely utóbbi a traktor hátuljára van szerelve.

A hidraulikus vezérléshez a folyadéknyomást egy fogaskerékszivattyú adja, melynek üzemi nyomása 20–30 atm. A vezető megfelelő váltórendszerrel irányíthatja a lemez mozgását.

A hidraulikus vezérlés előnyei: A traktor súlyának jelentős része átadható a tolólemezre. A vezetőknek nem kell különös gyakorlattal rendelkeznie, a lemez jól rögzíthető és szabályozható. Hátrányok: A hidraulika korlátozott mozgása miatt a lemez magassági és mélységi értelemben csak szűk határok között állítható. A tömlőknél fellépő hibák gyakoriak, a berendezés kényes.

2.73-I. táblázat. D-157-es bulldózer teljesítménye

Szállítási távolság		m	10	20	30	40	50
Fejtett és szállított föld, ha a talajoszt.	II-III	m ³ /óra	70	54	40	28	20
	IV-V		44	36	24	18	15



2.73-5. ábra. Tolólemez vágóélek kialakítása

körevolvens metszetű. A lemez magassága 70–100 cm, szélessége 2,00–3,80 m. Az angledózereknél szélesebb lemez szükséges, mert ferde állásban (20°–30°) is el kell fednie a gép legszélső pontját is. A levágott hant vastagsága 15–20 cm. Tolás közben a földrészek hengermozgást, míg oldalozásnál spirálmozgást végeznek.

A vágóéleket különleges acélból készült, a lemez alsó szélébe süllyesztett cserélhető darab alkotja (2.73-5. ábra). A vágóél legnagyobb igénybevétele a széleken mutatkozik.

A tológép munkája a következő műveletekből áll: Nyelés, tehermenet (előre), kirakás, egyengetés, visszamenet és a sebességváltáshoz szükséges állásidők. A nyelés és tehermenet a nagy tolóerő-igénye következtében csak alacsony sebességgel, a visszamenet pedig hátrameneti sebességváltó állással történhet. Az összes időből jelentős rész esik a visszamenetre. Fontos tehát, hogy a tológép céljaira alkalmazott vontató két fokozatú hátrameneti sebességgel bírjon.

A gépek teljesítményét a talaj fejtési osztálya, a megmunkált pálya emelkedője, a vezető rátermettsége és az időjárás befolyásolják. A motorra hatással bíró tengerszint feletti magasság a mi viszonyaink között nem jön számításba.

Hazai méréseink alapján a (80-as vontatóra szerelt) D-157 bulldózer teljesítményét a 2.73-I. táblázatban találjuk.

Az angledózerek teljesítményére hazai méréseink nincsenek, ezért a 2.73-II. táblázatban osztrák adatokat közlünk.

Az angledózert 15%-os lejtőn felül alkalmazni nem ajánlatos, mert a lemezre ható keresztirányú erők következtében a vezetőgörgők leléphetnek a hernyótalpról.

Az emelkedő okozta teljesítménycsökkenés nagysága a terhelt tológép súlyának pálya irányú összetevője, azaz

$$T[kp] = (G [Mp] + F [Mp]) \cdot \sin \alpha \cdot 1000.$$

Mivel kis szögekről van szó, $\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha = \frac{e[\%]}{100}$, tehát

$$T[kp] = (G + F) \cdot 10 \cdot e[\%]$$

Példa: D-157-es tológép súlya $G = 14,2$ Mp, legyen a lemez befogadóképessége tömör földből $F = 1,2$ m³, a talaj térfogatsúlya 2200 kp, $F = 2640$ kp = 2,64 Mp; $e = 10\%$, mekkora az emelkedő okozta veszteség?

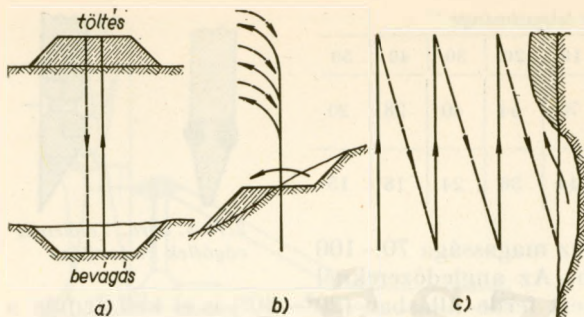
2.73-II. táblázat. Angledózer teljesítménye (Hajner-Heddenigg után)

Talajnem	Talajosztály	Tolólemez gép súlya	
		7800 kp	11 400 kp
Könnyű talaj	I-III	73	92
Nehéz talaj	IV.	53	69
Agyagpala	V.	38	53
Hordalék vagy robantott szikla	VI.	27	38

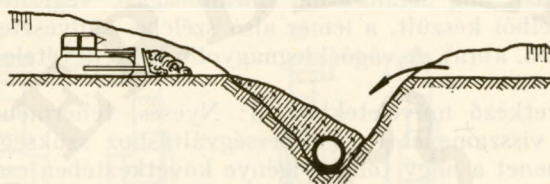
$$T[kp] = (14,2 + 2,64) \cdot 10 \cdot 10 = 1648 \text{ kp.}$$

Mivel a legnagyobb tolóerő 8800 kp, ez 19,2 %-os veszteséget jelent.

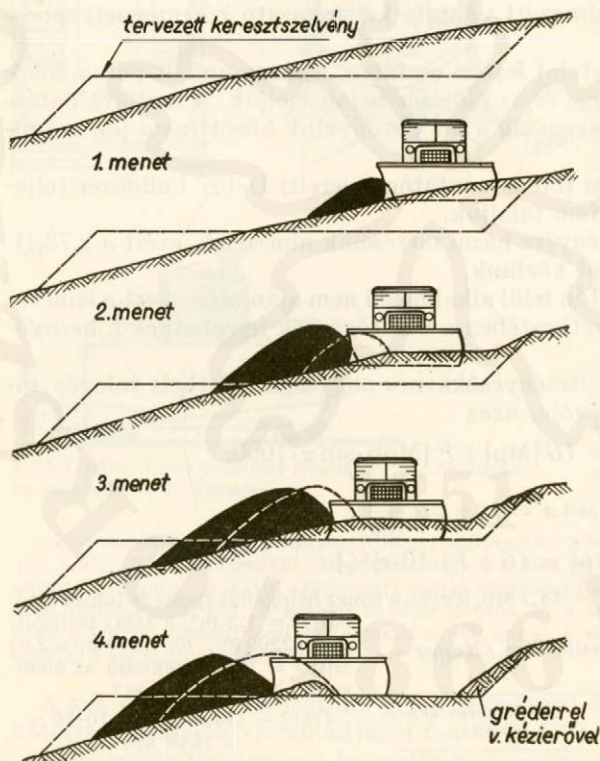
Ezért különösen magasabb talajosztályok esetében a munkát úgy szervezzük meg, hogy a tológép felülről lefelé dolgozzék. Ebben az esetben a tolóerő hasonló módon növekszik.



2.73-6. ábra. A tologép alapműveletei



2.73-7. ábra. Árok betöltés tologéppel



2.73-8. ábra. Heggyoldali út kialakítása négy menetben

amint azt az ábrán jelölt keresztmetszvény is mutatja. Állítható lemezeknél (angledózer) ezt a műveletet folyamatos mozgással végezhetjük (2.73-8. ábra).

Síkvidéki útjainknál, ahol az útpályát a környező terepből víztelenítési okokból kívánatos kiemelni, a c típusú művelet használatos. Az előbbi műve-

A teljesítményt az időjárás is befolyásolja. Agyagos, löszös talajoknál nagyobb eső után dolgozni nem lehet. A lánc talpak mély nyomokat hagynak a felázott talajon és a gép alsó részén felfekszik, valamint a lemezre tapadó föld a kiürítést megnehezíti.

Szólni kell még a vezető rátermettségéről is. Mivel az erdei útépítés vezérgépe a tolólemez gép, az egész munkateljesítmény ennek működésétől függ. Azért a vezetőt a teljesítmény növelésére anyagilag is érdekeltté kell tenni. A mechanikus kézvezérlés a vezetőt erősen igénybeveszi, figyelmére állandóan nagy szükség van, ezért ezt bérésekénél is komolyan tekintetbe kell venni.

Magasabb talajosztályoknál előrobbantást alkalmazunk.

Munkamódszerek. A bulldózerrel az erdei útépítésben a következő három típusművelet végezhető el (2.73-6a, b, c ábrák).

Az a típusú műveletnél a gép ingamozgást végez, ugyanazon a pályán halad előre és hátra, miközben az egyik helyen fejtett földet a másik alacsonyabban fekvő helyre tolja. Ezt alkalmazzuk akkor, ha bevágás után mélyebb árkot kívánunk betölteni, mint azt a 2.73-7. ábrán is látjuk.

A b típusú műveletet domboldalban készítenünk utaknál alkalmazzuk,

letekkel ellentétben, melyeknél a tologép a pálya tengelyének irányában dolgozott, itt a pályatengelyre haránt végzi munkáját.

A tologép általában durva, előnagyoított munkát végez. Az általa készített földművet gréderrel kell finomítani. Sík felületek lesimítását kisebb-nagyobb mértékben a gép maga is elvégezheti úgy, hogy hátramenetben a kést ún. úszó helyzetben hagyják, tehát nyomás vagy felfüggesztés nélkül, így a súlyánál fogva bizonyos mértékű simítást végez.

A növekvő szállítási távolsággal a tolólemezes gép teljesítménye csökken. A mérési adatok arra mutatnak, hogy erdei útépítésben a bulldózeres földmozgatás távolságának felső határa 30 m.

b) Földgyaluk vagy gréderek

Kétféle földgyalut ismerünk, a vontatott és önjáró földgyalut (motorgréder). Az erdei útépítéseknél jelenleg főleg a vontatott földgyalut alkalmazzuk, mivel a kieső időben erdőgépeinket vele hasznosíthatjuk. Motorgréder alkalmazása főleg a kiterjedt úthálózattal rendelkező gazdaságoknál kifizetődő.

A vontatott gréderek általános felépítését a 2.73-9. ábra mutatja. A gréder kése a két tengely közé van elhelyezve, ennek következtében a talaj egyenetlenségeit, amelyek a kerekre hatnak, csak csökkentett mértékben veszi át. A hátsó kerek a kívánt irányba dönthető. A vontatás általában a vonóhorogról közvetlenül történik, amennyiben azonban árok készítésénél a gép külső kerekeinek a már előnagyoított árokban kell haladniuk, és így a vontató egyik nyoma az árokba esne, a vontatást hosszabb vonókötéllel oldjuk meg. Erre az alkalomra a vonórúd 30°-os szöghatárig állítható.

Erdőgazdaságainkban jelenleg használt vontatott gréder műszaki jellemzői:

Típus: D-241 (2.73-10 ábra)	
Gyalukés hossza	3,00 m
Nyesési mélység	0,30 m
Vezérlés (késállítás) mechanikus	
Üzemi súly	3,00 t
Vontatáshoz szükséges motorteljesítmény	50–60 LE
Munkasebesség	max. 10 km/ó
Utazó (szállítási) sebesség	15–18 km/ó

A motorgrédernek két típusa van, a háromtengelyes és a kéttengelyes. Az előbbinek két hátsó kereke hajtott és az első kormányhozható, az utóbbi összkerék meghajtással és kormányzással épül.

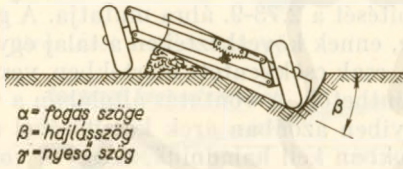
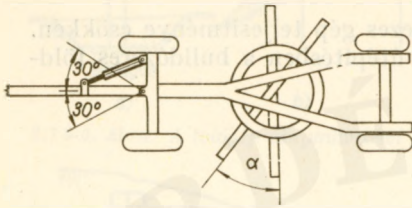
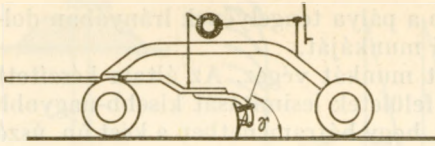
Mindkét típus fel van szerelve talajszaggatóval és legtöbbször a lazított anyag mozgatására szolgáló tolólemezzel is (2.73-11. ábra).

A motorgréder első kerekei rendszerint dönthetőek. A motorgréder 60–120 LE-s dieselmotorral épülnek. Súlyuk 4–12 Mp között mozog. Munkasebességük 4 km/óra-tól kezdődik. A kés hossza 3,00–3,60 m, szélessége 400–600 mm.

A különböző rézsűjű földfelületek kialakítása, valamint a lenyesett föld áttolása érdekében a gréder kése különféleképpen állítható. Az állítás történhet rudazatos áttételek segítségével, kézi erővel, illetve szervomotorral (mechanikus) vagy hidraulikus úton. Vontatott grédernél a mechanikus vezérlés kerül előtérbe, mivel a hidraulikus hengerek működéséhez szükséges olajszivattyú csak az erőgépen helyezhető el, és átvezetése körülményes.

A kés beállítására a 2.73-9. ábra szerinti három adat irányadó.

a) A fogás szöge vagy oldalszög a késél vízszintes vetületének a gréder hossz tengelyével bezárt szöge (α).



2.73-9. ábra. Vontatott gréder elrendezése

talajrészek teljes pályája a kés felületének vezetése által kialakított csavarvonal, melynek emelkedésétől (m) függ, milyen messze tolódik el a talaj a fejtés helyétől. Ez a nyeseőszög csökkentésével növelhető (2.73-13. ábra).

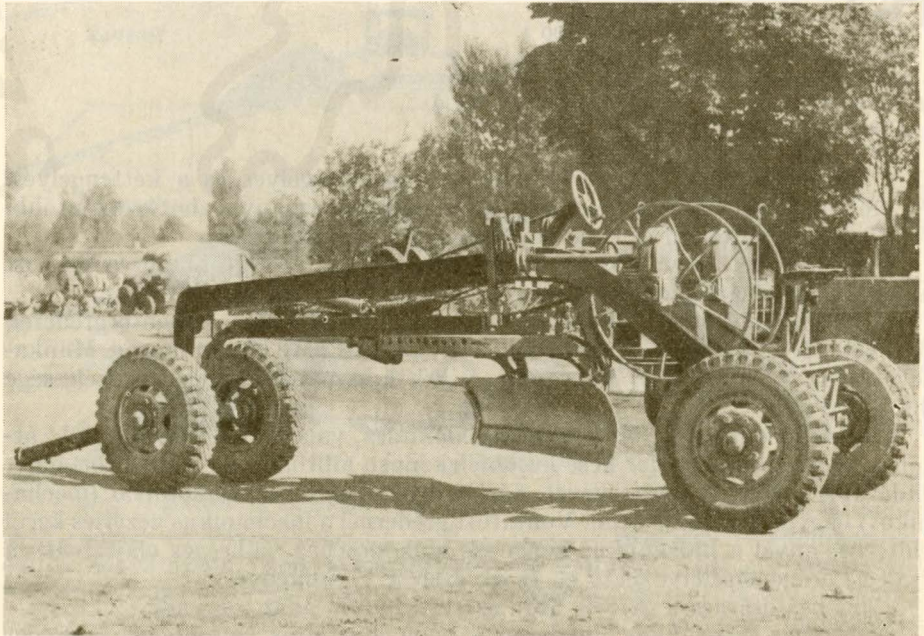
b) Nyeseő szög vagy vágásszög a kés élének függőleges metszetén át húzott érintő és a vízszintes felület közötti szög (γ).

c) Hajlásszög vagy rézsűszög a kés élének a vízszintessel bezárt szöge (β).

A gréderrel végzett különböző műveleteknél a talajnem és a műveletek szerint más-más késbeállítási szöveket alkalmazunk (2.73-III. táblázat).

Egyes motorgréder-típusoknál a kés teljesen oldalt fordítható, mely a grédert alkalmassá teszi merdek rézsűfalak megmunkálására (2.73-12. ábra). A D-241-es típusú gép késére egy rézsűvágó toldat szerelhető fel, mely nem túl magas rézsűk kialakítására alkalmas. A vontatott gréder előnye, hogy kerekei különböző szintekbe állíthatók, ami a ferde felületeken való haladást biztosítja.

Ha a kés fogásszöge kisebb a derékszögnél, a késsel fellazított



310 2.73-10. ábra. D-241 típusú vontatott gréder



2.73-11. ábra. Motorgrédert tolólemezzel és szaggatóval

A grédert kialakíthatjuk az egyes gumibroncsos vontatók eszközeként is (2.73-14. ábra). Így egyszerű motorgrédert nyerünk. A vontatót emellett szaggatóval is szokás felszerelni.

2.73-III. táblázat. Gréder késbeállítási szögei műveletek szerint

A művelet neve		Fogás szög (α)	Nyeső szög (γ)	Hajlás szög (β)
Földmunka	laza talaj	40 – 45	40	15
	középkötött talaj	35 – 40	45	13
Talaj egyengetés	száraz talaj	35 – 45	45	18
	nedves talaj	40 – 50	40	15
Anyagterítés		45 – 55	45	18
Simítás		60 – 65	40	45
Talaj keverés	szárazon	35	45	3
	cement és aszfaltstabilizáció	35 – 40	45	2
Humuszleszedés		40 – 50	50	1 – 3



2.73-12. ábra. Bevágási részsű kialakítása a vonókeret hidraulikus kitolásával

A grédert az erdei útépitéseknél a következő műveletek elvégzésére használhatjuk fel:

1. A földmunka megkezdése előtt a termőtalaj lehántása.
2. Sík vagy enyhe terepen a földművek kialakítása, elhanyagolt, természetes utak profiljának kialakítása. Ennek a műveletnek lényege, hogy a kés a földet felnyesi, a felnyesett földet a haladás irányával párhuzamosan eltolja, akár szalagszerű tárolás, akár végleges elhelyezés céljából. A cél elérésére a lemezt úgy állítjuk be, hogy a kitermelt földet a kitermelés helyéről a kívánt helyre, egy vagy ha kell, több fogással eltávolítsa.

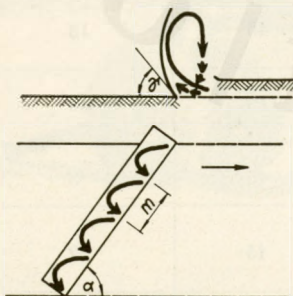
A 2.73-15. ábrán egy egyszerű út szelvényének kialakítását látjuk négy fogásban.

I. menet: A lemez a gép hossz tengelyével 35° -os szöget zár be és $2\ 1/2:1$ lejtőre állítja kiemeli az árokból a földet, szalagszerű prizmbában lerakja az árok szélére.

II. menet: A lemez a gép hossz tengelyével 45° -ot zár be és vízszintesre állítva az úttest közepére csúsztatja az első menetben kiképzett szalagprizmát. A IIa-val jelzett ábra a két menet utáni helyzetet ábrázolja.

III. menet: A lemez a gép hossz tengelyével 35° -os szöget zár be és $1\ 1/2:1$ arányú lejtésre állítva kimélyíti és szélesíti az árkot a tervezett kereszt szelvényre. Ugyanekkor a kitermelt földet egy új szalagprizmában tároljuk az úttest síkján. A III. kereszt szelvény ezen I–III. menetek utáni állapotot mutatja.

IV. menet: A lemez a hossz tengelyhez mintegy 50° -os szögbe és vízszintesre állítva elsímtja és kiegyengeti a földet, helyreállítva a végleges kereszt szelvényt.



2.73-13. ábra. A talajrészecskék mozgása a gréder késfelületén

Ha olyan földművet kívánunk előállítani, amelyhez az árokból és a környezetben alakított anyagárokából nyerhető föld nem elegendő, és az anyagot távolabbról hozza, ezt még az árok kialakítása előtt kell az útszegélyen elhelyezni.

3. A részsű kiegyengetése a részsűvágó késsel vagy ha ez lehetséges, a penge oldaltállításával történik. Amennyiben egyszerű szögárkot képe-

zünk ki, a rézsű közvetlenül az árok külső éléből indul. Más árokszelvény esetében először a rézsút készítjük el és az árok vágása később történik. Az árokból kikerülő anyagot egy újabb menettel távolítjuk el.

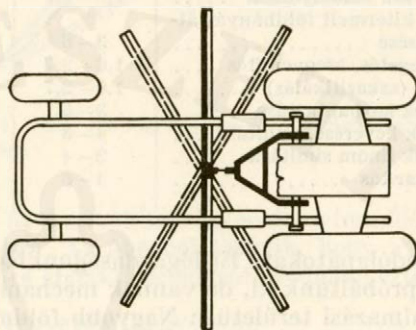
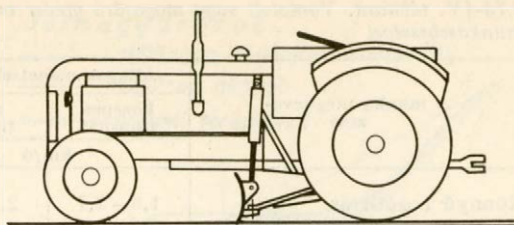
4. Tükör készítése. Sikeresen alkalmazzuk a grédert a pályaszerkezetek elhelyezésére szolgáló tükör készítésére is.

5. A stabilizált útburkolatok készítésénél a gréder nélkülözhetetlen eszköz. A kihordott anyag elterítése, sőt esetleges elkeverése, majd profilba hozására kiterjedten alkalmazzuk. A keverésnél a kész olyan fogási szögre (α) állítjuk, hogy a kés által eltolt anyag a kés hengerfelületén a már ismertetett gördülő mozgásba jöjjön, miáltal az anyagszemcsék tökéletesen el tudnak keveredni. Ilyen esetben célszerű a nyesőszöget is meredekre állítani, hogy a henger felületén visszagördülő szemcsék a magasból visszahullva biztosan keveredjenek. A keverés több fogással érhető el, miközben az anyag a pályán keresztirányban is eltolódik, ami a keverést még jobbá teszi.

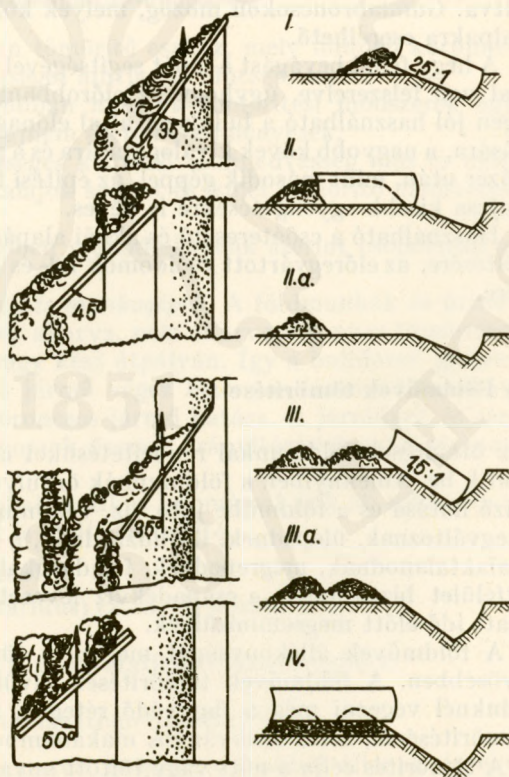
6. Földutak és mechanikailag stabilizált utak karbantartása leggazdaságosabban gréderrel történik. Ennél a műveletnél leggyakrabban az útszegélyre már előzetesen felhalmozott – billenőkocsikkal kihordott – anyag szétosztását, elterítését kell elvégezni. A fogás szöge $70-80^\circ$. A széttergetés előtt a talaj felszínét egy-két járattal lesimítjuk, ha a felület túl kemény, szaggatóval meglazítjuk.

A nem hengerelt földutak karbantartását lehetőleg kisebb esők után kell elvégezni, amikor a talaj még nedves, könnyen alakítható, de nem sáros.

A vontatott gréder jó munkája a vontató és a gréder vezetőjének összhangján múlik.



2.73-14. ábra. Útgyalu mint szokványos vontató adaptere



2.73-15. ábra. Útkorona kialakítása gréderrel négy fogásban

A munka megnevezése	Átlagos menetsebesség	
	közepes típusnál	nehéz típusnál
	km/ó	
Könnyű bozótirtás	1,6–2,7	2,5–4,3
Humusz sekély felületű hántása	1,6–2,7	2,5–3,0
Árok készítés, töltés előállítása	1,6–2,7	2,5–4,0
Töltésrészsű szabályozása	1,6–2,7	2,5–4,0
Frissen kitermelt földhányás át-helyezése	3–6	3–6
Földteregetés, kiegyenlítés	1,6–2,7	2,5–4
Feltörés (szkarifikálás)	1,6–2,7	2,5–6
Felületek karbantartása	3–6	3–6
Anyagok keverése, puhítása	4–8	4–8
Felületek finom simítása	2–4	2–4
Hóeltakarítás	4–8	8–16

Nagy előnye, hogy a kerekeit a rézsű hajlásának megfelelően dönteni lehet. Ez a motoros grédernél nem lehetséges.

A vontatott és motoros gréderek célszerű munkasebességét a 2.73-IV. táblázatban találjuk.

e) Rakodólapátok

A tolólemezes gép és a gréder mellett jó eredménnyel használhatjuk

a rakodólapátokat. Erdőgazdaságunkban hidraulikusan működő rakodólapátot próbáltunk ki, de vannak mechanikus berendezések is.

Alkalmazási területük: Nagyobb földmunkáinknál a rézsű kialakítása, műtárgyak alapárkainak kiemelése, burkolati, stabilizációs anyag felterhelése, elterítése.

Az eszköz egy cserélhető rakodóedénnyel és egy planírozó pajzzsal van ellátva. Gumiabroncsokon mozog, melyek közül az első egyes típusoknál láncfalakra cserélhető.

A hegy felőli bevágást a lapát segítségével végzi. A vágóél erre a célra fogakkal van felszerelve, úgyhogy az előrobbantott tuskók kiemelésére is képes. Igen jól használható a bulldózer által előnagyoított földmunka további kidolgozására, a nagyobb kövek kiválogatására és a gyökértuskók kiemelésére. A bulldózer után, mint második géppel, az építési teljesítmény fokozható. Planírozó pajzsa kisebb egyengetésekre is képes.

Használható a csőáteresztő és aknáli alapárkának kiemelésére, a föld visszatöltésére, az előregyártott csőidomok fel- és leterhelésére, valamint elhelyezésére.

d) Földművek tömörítése

Az útépitések földmunkái rendeltetésüket csak bizonyos állékonyság mellett töltik be. Amennyiben a földmunkák önsúlyuk, a rájuk ható forgalmi terhelés rázó hatása és a földműbe jutó víz, valamint a fagy hatása alatt alakjukban megváltoznak, ülepednek, ill. duzzadnak, a rájuk helyezett pályaszerkezetek elalaktalanodnak, megrepednek, feladatukat, azaz az egyenletes és teherbíró útfelület biztosítását, a csapadékvíz levezetését nem töltik be, és a forgalom alatt idő előtt megsemmisülnek.

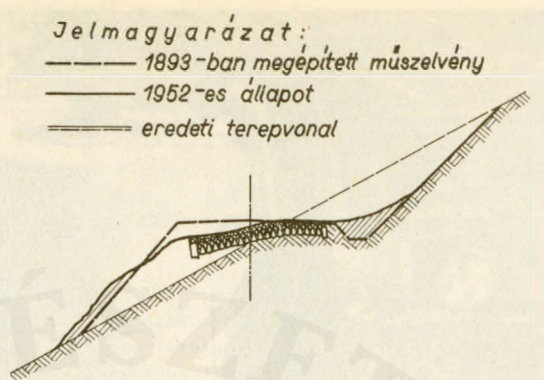
A földművek állékonyságát megfelelő tömörítéssel biztosíthatjuk legelőnyösebben. A földművek tömörítésén kívül tömörítő munkát kell útépitéseinknél végezni még a fagyvédő rétegek, talajcserék, stabilizációs rétegek tömörítésénél, sőt a szokványos makadámurkolatok elkészítésénél is.

A tömörítés célja a nőtt vagy töltött anyag útépités technikailag nem kívánatos hézagterefogatát műszaki rendszabályokkal megszüntetni és a kohéziót a lehető leggazdaságosabb módon emelni.

Minden tömörítési eljárás abból indul ki, hogyan lehet egy adott szemeloszlású talaj kezdeti tömörségét a legnagyobb lehető száraz térfogatsúly elméletileg elérhető határára tömöríteni.

A tömörítés fontosságát nem tudjuk eléggé hangsúlyozni. Útépítéseink hibái, az útburkolatok korai romlása igen gyakran a hiányos tömörítésre vezethetők vissza. A víztelenítés mellett a jó tömörítés a legfontosabb rendszabály az utak állékonyságának biztosítására.

A 2.73-16. ábra egy domboldali út keresztmetszvényének deformálódását mutatja be 1893–1952. közötti időben. Az ábrából kiténik, hogy a töltési réz megrokkánása az útburkolat teljes elaktalanodását eredményezte.



2.73-16. Ábra. 1893-as építésű út keresztmetszvénye 1952-ben

Az elérhető tömörség a következő tényezők függvénye:

1. A tömörítendő anyag szemszerkezete.
2. A talaj nedvességtartalma tömörítéskor.
3. A tömörítő eszköz és alkalmazásának intenzitása.

Meg kell jegyeznünk, hogy olyan tömörítő eszköz, mely minden körülmények között a legkedvezőbb tömörséget állítja elő nincsen, mert:

1. Az egyes tömörítő gépek, jobban mondva tömörítési módszerek egy bizonyos talajnem, mások más talajnem esetén eredményesek,
2. Az egyes módszerekhez szükséges kedvező talajnedvesség más és más.
3. Ezek a nedvességcsoportok talajok szerint és ismét tömörítő módszerek szerint is eltérnek.

A tömörítő gépeket a következőben működési elvük szerint csoportosítva tárgyaljuk.

Építkezésnél alkalmazott járművek és munkagépek. A földmunkák és útburkolatok építésére alkalmazott gépek akarva, nem akarva bizonyos tömörítést végeznek a nőtt földön, töltésen vagy kész útpályán. Így a bulldózer, gréder, rakodólapát, billenőteknős szállító jármű végez bizonyos tömörítő munkát. Más a lánctalpas és más a gumibroncsos jármű hatása. A járművek és eszközök tömörítő hatását a járatnyomok ésszerű irányításával gazdaságosan kihasználhatjuk.

A hengerek. Fő tömörítő hatásukat statikus nyomással érik el, egyes típusoknak emellett dagasztó hatásuk is említésre méltó.

A használatos típusok a következők:

Sima henger (tömörítő hatása statikus) (2.73-17. ábra)

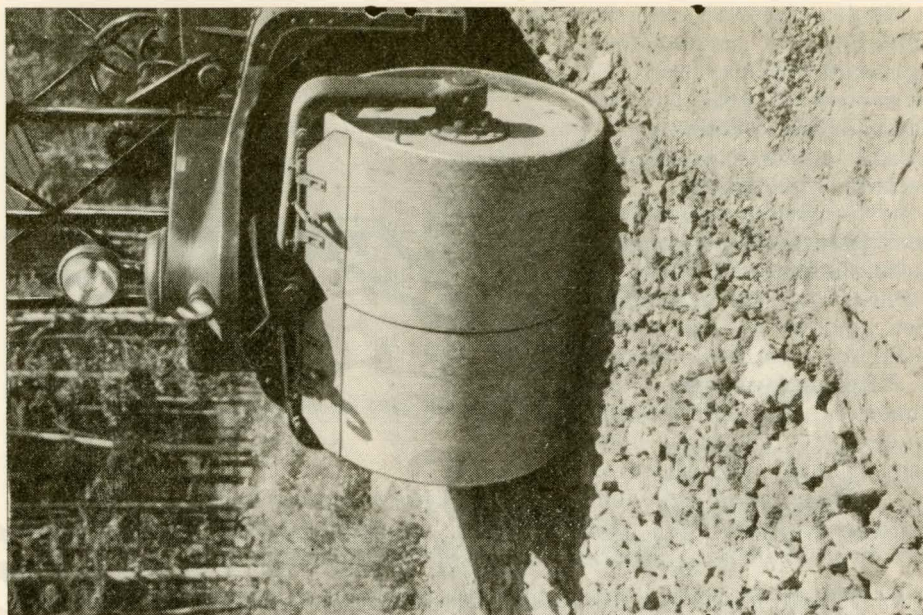
Öves henger.

Juhlábhenger, dagasztó hatásuk is van a statikus nyomás mellett.

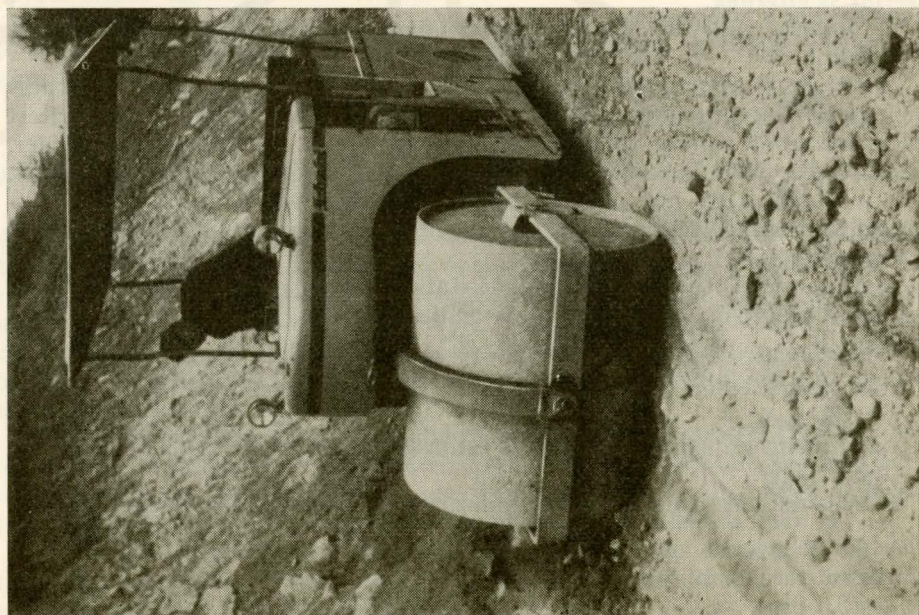
Gumihenger.

A hengerek jellemzőit a 2.73-V. táblázatban foglaltuk össze.

A gumihengerek egymás mellé szerelt gumibroncsokból állanak és egy súlyokkal terhelhető szekrény van fölējük a járművekhez hasonlóan szerelve (2.73-18. ábra).



2.73-17. ábra. Szokványos ítéhengerek (Sima henger)



A henger neve	Felületi nyomás	A tömörített réteg vtg.	A megköze- lítő áthala- dási szám	2–3 hen ger teljesítmé nye megköze- lítőleg m ² /mun- kanap
	kp/cm ²	m		
5 Mp sima henger	1–1,5	0,10–0,15	6–10	800–1000
5 Mp tárcsás henger	3,5–5,5	0,15–0,20	5–9	1200–1500
D-130 juhláb henger	5–10	0,25–0,30	5–8	1200–2000

Vontatásukat szokványos erőgépeink végzik. Súlyuk 10–70 Mp. Munkasebességük 2–4 km/ó, teljesítményük 600–1000 m²/ó. Az alkalmazott gumibroncsok számát és méretét úgy kell megválasztani, hogy a fajlagos nyomás 3–11 kp/cm² legyen. A tömörítéshez 6–12 menet szükséges. Vannak vontott és önjáró gumihengerek.

A tömörítési vastagság kisebb típusoknál 10–15 cm, a nagyobbaknál 60 cm is lehet.

A kézidöngölő öntöttvasból készült, fanyelű, 10 kg súlyú szerszám. Ma már csak ott használatos, ahol tömörítő gépek felvonultatása a földmunka csekély terjedelme miatt nem gazdaságos, valamint műtárgyaknál, kis földmennyiségek beékelésére.

Tömörítő békák, melyeket felrobbanó benzingázkeverék működtet. A visszaeső békatest súlya végzi a tömörítést. Különböző súllyal készülnek, műszaki adataikat a 2.73-VI. táblázat tünteti fel.

A tömörítő békákat kisebb feladatok esetén alkalmazzuk.



2.73-18. ábra. Erdei gumihenger

Műszaki adat megnevezése	10	500	1000
	kp súlyú béka		
Tömörítési vastagság (cm) .	20–25	30–40	40–50
Teljesítmény (m ² /ó)	20	50	70
Üzemanyagfogyasztás (1/óra)	0,4	2–3	4–5

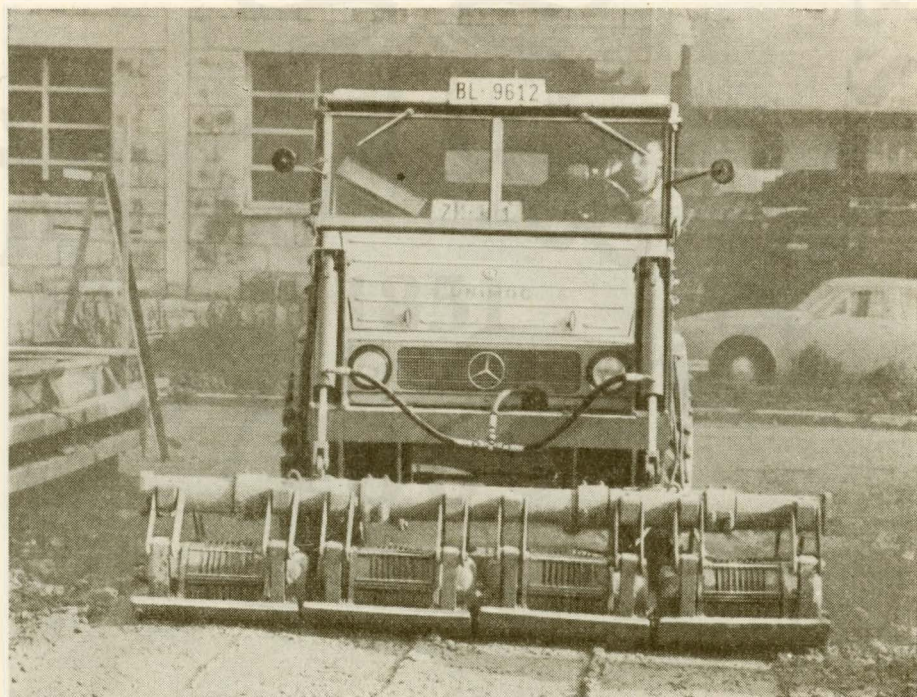
Döngölő lapok kis esési magasságból gyors ütésekkel tömörítenek (400–600 ütés/perc). 25, 50 és 150 kg-os kivitelben készülnek. Jól tömöríti a laza talajokat, de eredményes a vályogtalajoknál is.

A *vibrátorok*. Lapok vagy hengerek formájában kerülnek alkalmazásra. Magas rezgésszámmal dolgoznak. A rezgést átveszik a talajszemcsék és belső súrlódásuk csökken, az eszköz rezgő tömege pedig önsúlyának többszörösét kitevő ütésekkel mér a talajra. A két hatás eredményeképpen jelentős tömörödés következik be. Csak kohézió nélküli vagy kis kohéziójú talajokon hatásosak. Kohéziós talajokon csak a nagy önsúlyú eszközök alkalmazhatók, mert a kohézió miatt a rezgés hatására a talajszemcsék elrendeződése nem következik be, tehát csak az önsúly, illetve a rezgő tömeg üttöhatása érvényesül.

A 40 Hz-nél (2400/perc) kisebb rezgésszámmú eszközök elsősorban a nagyobb mélységben (0,3–0,6 m) fekvő rétegeket tömörítik, míg a felszín felállítását. Több rétegben épülő töltéseknél alkalmazhatók, mert a felállított felszín a következő réteg tömörítésénél fog tömörödni. Ilyenkor az utolsó réteg felszínének tömörítéséről külön kell gondoskodni.

A 40 Hz-nél nagyobb rezgésszámú eszközök tömörítő hatása a felszíntől lefelé csökken, a felszín tömörsége a legnagyobb.

A *vibrátorlap*. Rezgése szabályozható frekvenciájú, aszerint, hogy a tömörítendő talaj milyent kíván. Az 1,5 Mp-s nehezebb vibrátorlapoknál az ütőerő



eléri a 20 Mp-ot is. Maga a lap igen kicsit emelkedik a talaj fölé (2.73-19. ábra).

A *vibrációs henger*. Ennél vas hengerköpeny közvetíti a rezgést. Igen jól felhasználható kavics vagy zúzottkőreteg tömörítésénél.

A vibrátoroknál a rezgést excentrikusan elhelyezett forgó tömegek ébresztik (2.73-20. ábra).

Általában kimondható, hogy minél kötöttebb egy talaj, annál nehezebben tömöríthető. A továbbiakban a tömörítési munkát kötött és szemcsés talajokra elválasztva tárgyaljuk:

a) *Kötött talajok*. Nagyobb rögökből és kisebb szemcsékből állanak. A nagyobb rögök széttörésével bizonyos tömörség már eleve elérhető, de a finom részek közötti vizet és levegőt nehéz kisajtolni. A talajszemcséket sem lehet gömbölyűnek tekinteni, mert azok alakja jórészt lapult. Ezeket a szemcséket a víz filmszerűen veszi körül. Ezeknél a finom szemcséknél a tömörség elérésére magas és hosszantartó statikai nyomás szükséges. A mechanikai tömörítések, amelyeknek hatása rövid, nem adnak tökéletes megoldást.

b) *Szemcsés talajok*. Minél érdesebbek a szemcsék, annál kevésbé hatásos a felületi statikai nyomás. Ha a szemcsék kapcsolata fellazul, röviden ható, aránylag nem nagy nyomás is elegendő. A rázó tömörítés ezeknél a talajoknál igen hatásos.

A *tömörítő eszközök bírálata*: A szemcsés talajoknál legjobb a vibrátor, főképpen a kohézió nélküli talajoknál.

A juhlábhenger tömörítő hatása az alsóbb rétegekben jobb, felfelé csökken. Az erőteljes gyúró hatás igen megfelel annak, hogy a kötött talajokból a vizet és levegőt kihajtsa.

A simahenger hatása a felső rétegekre terjed és onnan rohamosan csökken. Elsősorban zúzottkőreteg tömörítésére alkalmas, talajnemű anyagoknál csak vékony réteget tömörít.

A gumihenger kis vonóerő-szükséglete és nagy felületi teljesítménye miatt előnyös, kohéziós és kohézió nélküli talajoknál egyformán alkalmazható.

A *talajnedvesség és elérhető száraz tömörség*. Minél kisebb a talaj kohéziója, annál kevésbé függ a belső nyírófeszültsége a nedvességtartalomtól. Ezért a kötöttebb talajok aránytalanul magasabb nedvességtartalmat kívánnak, hogy a részecskék elmozdulása lehetővé váljék. Így azonban a hézagok nagy része vízzel telítődik, ami viszont a tömörítő munkának ellenáll.

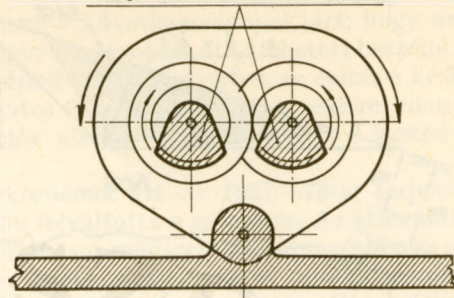
Minél nagyobb a tömörítő erő, a tömörítéshez annál kevesebb nedvesség szükséges, és annál nagyobb a tömörítési hatás. A juhlábhenger 12–38 kg/cm²-es nyomása (nehezebb kivitelnél 100 kg/cm²) 15%-os víztartalomnál hat a legkedvezőbben. Ha emelkedik a nedvesség, pl. 25%-ra, a hatás csökken.

A vibrólapp 17%-os, a gumihenger 25%-os víztartalomnál ér el legnagyobb tömörséget nehéz agyag esetén.

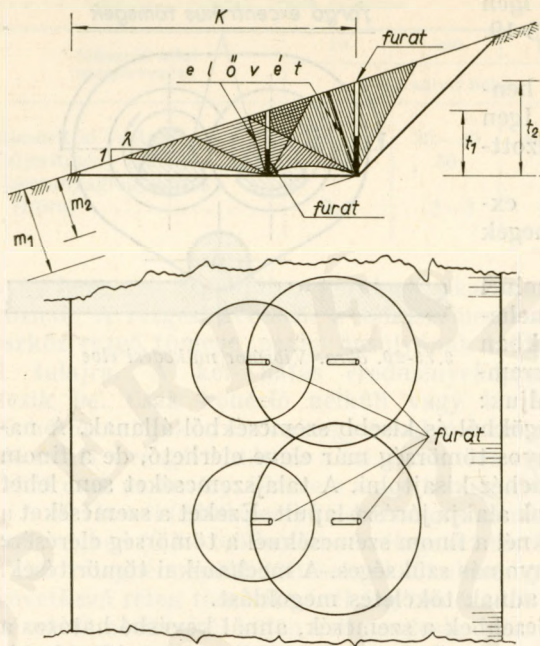
Ahol lehetséges, a gumihenger előtt juhlábhengeres tömörítést is alkalmazunk. A burkolatokat ezenfelül előnyös egy év után ráhelyezni a földre, hogy időközben a forgalom tömörítő hatása is javítsa a földművet. Az így szabadon hagyott földmű profilját ajánlatos időnként gréderrel megigazítani.

A kedvező víztartalmat öntözéssel szokás biztosítani, melyhez megfelelő öntözőkocsiról gondoskodjunk. Az öntözővíz befogadására célszerű a felületet forgókapával megdolgozni.

forgó excentrikus tömegek



2.73-20. ábra. Vibrátor működési elve



2.73-21. ábra. Töltetek telepítése föld robbantásánál

a robbanóanyag kihasználása. Ha ennél nagyobb a csússzög, a fajlagos robbanóanyagfogyasztás nő, ezalatt a robbanóanyag emelő hatása hiányos.

Nagyobb felület kirobbantásánál több töltetet kell telepíteni. A robbanóanyag céljára *Paxit-3*-at használunk elektromos gyújtással. Ha a töltet egy részét késleltetjük, az előbb kirobbantott kráterek törmelékét ezek újra kiemelik.

Az erdei utak földműveinél a 2.73-21. ábra szerinti telepítést alkalmazhatjuk.

A töltet nagyságát a 2.523 fejezetben ismertetett négyzetes képlettel szokás számolni.

A bulldózer teljesítményének növelésére ún. előrobbantást alkalmazunk. Ennél elegendő az összefüggő, szilárd részek fellazítása. A gyakorlati tapasztalat szerint az egyes töltetre eső robbanóanyag-mennyiség ebben az esetben a következő képlettel számítható:

$$T[kp] = 2,5 \sim 3 m$$

2.733 Munkaszervezési szempontok

A gépesítés nagyobb mértékű elterjedéséig az alépítményi munkák jelentős részét kézzel, illetve a földmozgatást kordéval végezték. A kézi földmunka jellemzőit az erdei útépítésben a következőkben határozhatjuk meg:

A földfejtés magas költségei miatt még nagyobb hosszszállítás árán is tömegkiegyenlítésre törekedtek.

A magas fejtési költségek miatt sok esetben az üzemelési és fenntartási szempontokat kevésbé vették figyelembe.

A nagyobb földmozgatást méreatesebb műtárgyakkal, áthidalásokkal, támfalakkal takarították meg.

e) A robbantás a földmunkáknál

A VI. és VII. csoportba tartozó talajok fejtését főleg robbantással végezzük. A robbantások végrehajtására a szilárd kőzetek bányászásánál előadottak mértékadóak.

A legújabb kísérletek azt mutatják, hogy a robbantás jól alkalmazható alacsonyabb talajosztályok nagytömegű fejtésénél is. (*Ecsedy* vizsgálatai.)

A robbanóanyag hatása radiálisan terjed és a legnagyobb hatást a töltetből a felszínre bocsátott merőleges (elővétel) dőléspontjában kapjuk.

Arra kell törekedni, hogy a kivetődési kúp csússzöge közel 90° legyen, mert ebben az esetben a legkedvezőbb

A tömegkiegyenlítés és a fejtéssel való takarékoság elérésére kimerítő pontosságú terműveletek készültek.

A megfelelő tömörítőgépek hiánya azzal a következménnyel járt, hogy az útburkolat ráhelyezéséről legfeljebb az egyéves ülepedés után lehetett beszélni.

Ebben a korszakban főleg völgyutak épültek. A völgyekben az építés a kézi munka részére kedvezőbb és a régi fogatos közelítési technika részére, mely teljes egészében a természetes gravitáción alapul, ez mutatkozott a legkedvezőbbnek.

A csákánynak, talicskának és lovaskordénak ezt az 1947–48-ig terjedő korszakát 1949–1956 között fokozatosan felváltotta a gépesítés. Az átmeneti korszakra jellemző, hogy a kézi munka szokásos módszereit a tervezésben és a munkaorganizációban megtartották és a gépeket főleg a kézi munka helyettesítőjeként használták, a kivitelezési technológia és a tervezés változtatása nélkül.

A gépesített földmunka az egyes műveletek közötti költségárányok eltolódásában jelentkezett elsősorban.

Másik hatása az volt, hogy a kivitelezési költségek csökkenése követelte a tervezési költségek arányos csökkenését, és a magas gépköltség a mérnök-építésvezető tevékenységét kihangsúlyozta.

A földmunka gépesítésének hatása a következőkben jelentkezik:

- a) Általános vonalvezetés.
- b) Munkahely előkészítése és kitakarítása.
- c) Útszélesség.
- d) A bevágás és töltés közötti arány, illetve általános tömegelosztás.
- e) A műtárgyak és nagyobb arányú földmozgatás közötti választás.
- f) Hidak száma és hossza.
- g) Kanyarulat-sugár megválasztása.

a) A földmunkák költségeinek csökkenése és általában a nagyobb méretű földfejtés lehetősége nagyobb vonalú vonalvezetést tesz lehetővé. Bár a terep-
hez való simulás továbbra is követelmény marad, de ezt a követelményt a horizontális vonalvezetés javítására bővíteni lehet.

A völgyutak helyett előnyösebbek a hegyoldali utak. Természetesen a következő pontoknak csaknem mindegyike összefügg az általános vonalvezetés terén kialakított irányelvekkel.

b) A munkahely előkészítése és kiürítése a munka folytonossága szempontjából sokkal nagyobb súllyal esik latba, mint a kézi munkánál. A kiürítés és előkészítés műveleténél – a tereptől függően – gépi eszközöket kell alkalmazni (motorfűrész, csörlő, kompresszor).

Mivel a földmunka viszonylag gyorsan halad, a kitermelt faanyagot már a kész földművön szállíthatjuk le, mely kézi munkánál a legkritikább esetben történhet meg.

Az előkészítő munkához tartozik a műtárgyak előkészítése is, melynek a földmunkát hasonlóképpen meg kell előznie.

c) Amennyiben a 30, ill. a szélső esetben az 50 m földmozgatási távolságot betartjuk, a munka jól van megszervezve, és a megfelelő tapasztalattal rendelkeznek a gépkezelők, a földmozgatási költségekben 3–5-szörös olcsóbbodást érhetünk el a kézi munkával szemben. Az így nyert megtakarítás megengedi, hogy mind a pályaszélesség, mind a kanyarulati sugár tekintetében nagyvonalúban járjunk el.

A D-157-es bulldózer kés-szélessége 3 m, amely a legkisebb pályaszélességet eleve meghatározza. Ha a forgalmi sáv szélességét 3 m-ben állapítjuk meg, és a

hegy felőli árokkal nem számolunk, annak a követelménynek figyelembevételével, hogy a pálya $2/3$ -a nőtt földön fekdjön, 1 m széles töltés adódik. A 2 m nőtt földön nyugvó pályához tartozó bevágás tehát a pálya hosszában földfelesleget okoz, melyet az 1 m szükséges töltésen túl kell deponálnunk, azaz 3 m-es forgalmi sáv figyelembevételével is már legalább 4 m-es pálya keletkezik. Az így adódó felületet azután rakodók, gyűjtőhelyek, kitérők céljaira használhatjuk fel. Ez a szélesség-többlet hegyoldali árok alkalmazása esetén jelentősen növekszik.

d) A földtömeg-elosztást a tolólemezes gép természetéhez kell tervezni. Mivel gazdaságosan csak igen kis földszállítási távolsággal számolhatunk, mint már mondtuk, az utat vegyes szelvényben vesszük. Az árok, patak-meder áthidalásánál elkerülhetetlen töltések anyagát legfeljebb 30 m távolságról toljuk el. Jelentősebb földfelesleget 40–50 m szállítási távolságon túl legjobb deponálni és a hiányt a helyszínen újra fejteni. A fejtési költségek még mindig alul maradnak az 50 m-en felüli szállítási költségeknek. Ennek az elvnek legfeljebb esztétikai szempontok mondanak ellent.

e) A földfejtési költségek csökkenése lehetővé teszi, hogy az egyre költségesebbé váló műtárgyak, támfalak, hidak helyett esetleg nagyobb földmozgatással járó vonalvezetést válasszunk. Eddigi tapasztalataink azt bizonyítják, hogy a támfalak anyagának költségével, a falazatok nagy munkaigényével szemben jelentkező nagyobb földmozgatás még mindig kisebb költséget emészt fel.

f) Hidakat csak ott tervezzünk, ahol a nyílás szükségességét a lezúduló víztömeg követeli meg. Egyéb áthidalásokat gazdaságosabb betölteni. A víz átbotcsátására többnyire elegendő az előregyártott 60 cm átmérőjű betoncső átresztő.

g) A nagyobb földmozgatás lehetősége módot ad – mint már említettük – a nagyobb kanyarulatú sugarak alkalmazására. A motoros szállítás szempontjából ez jelentős, mivel köztudomású, hogy a motoros járművek viszonylag érzékenyebbek a horizontális, mint a vertikális vonalvezetéssel szemben.

A gépi munka a termőműveletek pontosságai követelményeire is hat.

A gépi földmozgatás feleslegessé teszi a túlzott pontosságú földtömegszámítást. A folyópálya köbtartalmának sokszor károsan pontos kiszámítása a kézi földmunkát végző dolgozó elszámolása miatt szükséges. A pontos elszámolás lehetővé tette a költségek csökkentése érdekében szükséges részletes tömegkiegyenlítést. Minderre az előnagyovalva készülő földmunka és a mindenütt jelentkező általános földfelesleg miatt szükség nincs. A földtömegszámítás és elosztás pontosságával szemben támasztott követelmények csökkentése sok terepi és rajzi munka elkészítését feleslegessé teszi.

A felvonulás különleges költségeket nem igényel. A gépek átirányítása a legtöbb esetben üzemen belül történik. A nagy súlyú (14 Mp) tolólemezes gép mozgatását az üzemen belül is legcélszerűbb trélerrel végezni. Egyes erdőgazdasági üzemek már el vannak látva ilyenekkel. Ezeknek a vontatására egy légfékkel ellátott közepes vontató (Zetor-Super) vagy Unimog is elegendő. A többi munkagép vagy tehergépkocsira terhelve, vagy „saját lábán” kerül a munkahelyre.

A gépkezelő személyzet elhelyezését legtöbb esetben lakókocsikban szokás biztosítani. Az üzemanyag kiszállítását az erdőszet saját járművével alkalomszerűen végzi el.

A legnagyobb gondot a robbanóanyagoknak hatósági előírás szerinti kezelése okozza. Erre jó előre elő kell készülni, mert a munka megkezdése előrobbantás nélkül a legtöbb helyen elképzelhetetlen.

A pályaszerkezetnek a kész földműre való ráhelyezése előtt a következő munkákat kell elvégezni:

Megvizsgálandó, hogy a földmű víztelenítése kielégítő-e, nem mutatkozik-e fagyveszély. Ehhez képest a meglévő víztelenítő berendezéseket ki kell egészíteni, a fagyveszélyt előldéző okot meg kell szüntetni.

A pályatengelyt a kész földművön ajánlatos kitűzni és a vonalvezetést a kitűzés szerint esetenként módosítani.

A földmű tömörségét ellenőrizni és a tömörítési hiányosságokat pótolni kell.

2.734 Balesetelhárítás a földmunkánál

a) A munkahely veszélyes szakaszán figyelmeztető feliratokat helyezünk el. A dolgozókat a szabályokra oktassuk ki és az előírásos felszereléssel (védőszemüveg, tenyérvédő stb.) lássuk el.

b) Földfejtést alávájással még szilárd talaj esetén se végeztessünk. Alapárkok dúcolását előírás szerűen végeztessük el. Megkezdett földmunkát csak abban az esetben hagyjunk abba, ha a földmozgást megakadályoztuk. Hegyoldali utak építésénél, ha legördülő, leomló talajrészekkel számolunk, az út alatti állományokban mindennemű munkát szüneteltetni kell.

c) Fagyos földben vagy átázott, csúszós talajban vigyázni kell a dolgozók elcsúszására. + 4 C° alatt melegedő helyiségről kell gondoskodni.

d) A földmunkagépeket biztonságtechnikai szempontból naponta vizsgáljuk át. Meg kell állapítani azt a körletet, melyen belül a földmunkagépkezelőn kívül senki nem tartózkodhat munka közben.

e) A balesetek elhárításáért a munkahely vezetője felelős.

f) A robbantási munkáknál szükséges védelmi intézkedéseket a 2.5 fejezetben találjuk.

2.8 Erdei útpályák

Erdei utak pályáját kiképezhetjük közönséges földútként, vagy pályaszerkezetet építhetünk. A pályaszerkezet vagy útfelépítmény, mint az utak kereszt-szelvényének része, már ismeretes az előző fejezetekből. Ez a fejezet az erdőmérnök számára szükséges részletes ismereteket tartalmazza.

Az útépités összköltségében tekintélyes hányadot képvisel a pályaszerkezet építési költsége. Pl. domb és középhegységi viszonyok között a 3,0 m széles pályaszerkezettel épülő erdei utaknál az építési költség 60–85%-a esik a pályaszerkezetre. Ez a szám önmagában is indokolja, hogy a pályaszerkezettel kellő részletességgel foglalkozzunk.

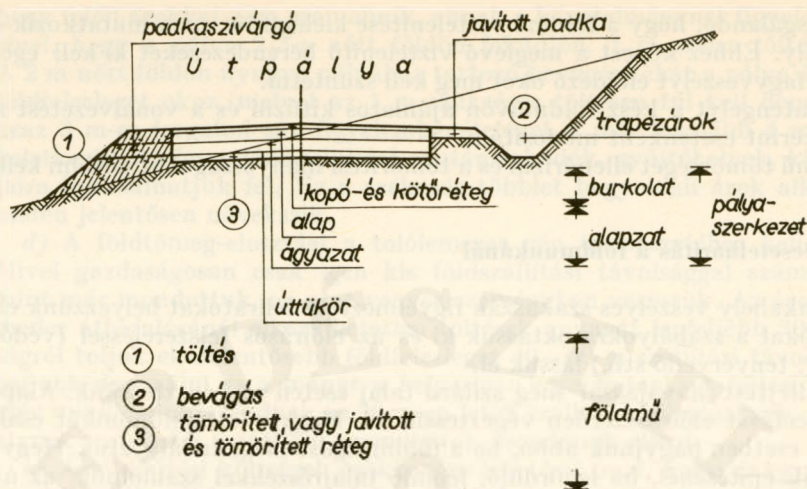
A pályaszerkezet részeit és az elnevezéseket a 2.8-1. ábra tünteti fel. A rétegek száma és vastagsága a helyi körülményektől függ. Szélsőséges esetben a kopórétre redukálható.

A kopórét szerepe általában az, hogy a forgalomnak megfelelő simaságú és minőségű felületet biztosítson és a forgalom alatt elhasználódva a pályaszerkezet többi részét megvédje. Karbantartás és felújítás során gondoskodunk arról, hogy szerepét be tudja tölteni és az alatta levő rétegek ne rongálódjanak.

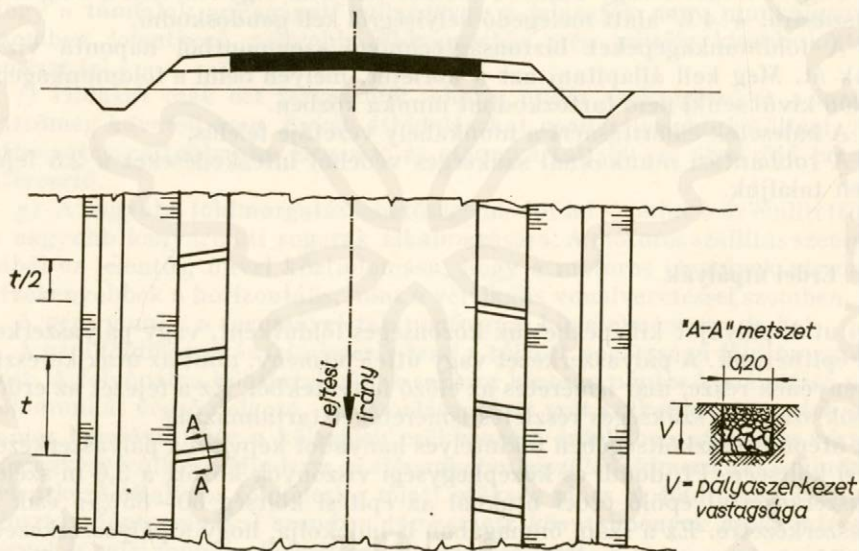
Kötőréteg építésére aszfaltburkolatoknál kerül sor, ahol a kopórét és az alap közötti kapcsolatot biztosítja.

Az alap vagy teherviselő réteg veszi fel a terhelés zömét, ez a pályaszerkezet fő tartó eleme. Ennek megfelelően vastagsága is rendszerint a legnagyobb.

Ágyazatra általában a kevésbé teherbíró, puha, kötött talajokon van szükség. Feladata a teherelosztás és víztelenítés, ezért szemcsés – de nem túl nagy szemcséjű – jó vízáteresztő talajból készül. Minden esetre legyen érzéketlen



2.8-1. ábra. A földmű és a pályaszerkezet felépítése



2.8-2. ábra. Padkaszivárgó

a víztartalom változására. Sor kerülhet az építésére talajmechanikai okból is (pl. fagyveszélyes és erősen térfogatváltozó talajokon).

A bevágás, ill. a földmű tömörített felszíne a tükör. Néha szükség lehet arra, hogy a földmű felső 15–20 cm vastag rétegének tulajdonságait megjavítsuk.

A padkaszivárgó a pályaszerkezet víztelenítésére szolgál. Elhelyezését és keresztmetszetét a 2.8-2. ábra mutatja.

Egyes esetekben a padka szemeloszlását a jobb teherviselés érdekében megjavítják, amikor javított padkáról beszélünk.

Az előbbi, hazánkban is szabványosított elnevezések még nem váltak általánossá, így nálunk is előfordul, hogy a pályaszerkezet fogalmát a burkolat szóval jelölik.

A pályaszerkezeteket osztályozhatjuk legjellegzetesebb rétegük anyaga szerint, és a rajtuk lebonyolódó forgalom szerint. Az előbbi esetben megkülön-

bőztetünk makadám, aszfalt, beton, cementstabilizáció stb. pályaszerkezeteket, az utóbbi szerint pedig beszélhetünk könnyű, közepes és nehéz burkolatról aszerint, hogy a burkolat milyen forgalom elviselésére alkalmas. A forgalom osztályozása a tengelynyomás, gumibroncsnyomás és a járművek osztályozása alapján történik és általában országonként eltérő normák alapján végzik. A mi erdei útjaink forgalma azonban mindig a könnyű forgalmú utak közé sorolható.

2.81 Erdei utak pályaszerkezetének kialakítására ható tényezők

Elsősorban számba kell vennünk mindazokat a tényezőket, amelyek az erdei utak pályaszerkezetének kialakítására hatnak, és amelyeket mindig szem előtt kell tartanunk, az erdei utak bármely részletkérdéséről legyen is szó.

2.811 Erdőgazdasági tényezők

a) Az erdőgazdasági, ill. általában a gazdasági (pl. mezőgazdasági) utakra jellemző, hogy csak saját járművek közlekednek rajtuk, vagy lehetőségünk van előírni azt, hogy milyen járművek közlekedhetnek az úton (pl. csak a 3,5 Mp-os tehergépkocsik vagy ennél könnyebb járművek). Közutakon az ilyen lehetőségek korlátozottak. Fordítva: a tehergépkocsik beszerzésénél a szállításszervezési szempontok mellett figyelembe vehetjük útjaink teherbíróképességét, azokhoz alkalmazkodhatunk.

b) A forgalom nagyságát az üzemtervek és a rendelkezésre álló szállítási kapacitás alapján hosszabb időszakra előre pontosan meghatározhatjuk. Közutaknál ez csak becsülhető, mert a népgazdaság fejlődése során bekövetkező növekedést nehéz pontosan megállapítani.

c) A forgalmi csúcs erdei utakon mindig tavasszal van. Figyelembe kell venni, hogy a fülledékeny anyag szállítását nem lehet későbbre halasztani.

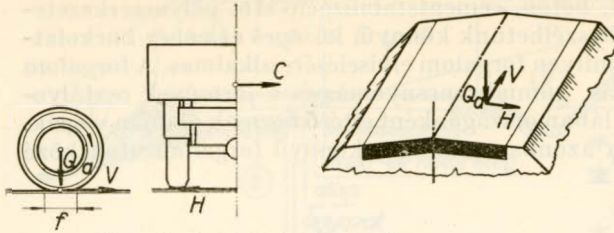
d) A fülledékeny anyag miatti megkötöttségtől eltekintve a szállítás szervezését az üzem úgy szabályozhatja, hogy szükség esetén biztosítsa az út kíméletét és azt, hogy a forgalom ne növekedjék a megengedett mérték fölé.

e) Az erdőgazdálkodás minden költsége a fát terheli és a fa önköltségében tükröződik. Az útépitésből származó előnyök is közvetlenül és azonnal jelentkeznek. Így az útépitésre, ezen belül a pályaszerkezet építésére fordított minden beruházás közvetlenül hat a gazdálkodás jövedelmezőségére, vele szoros kapcsolatban áll. Emiatt erdei utaknál az építési költségeket sokkal inkább figyelembe veszik, mint közutaknál, ahol az útépitésből származó előnyök a népgazdaság különböző ágaiban összegeződve jelentkeznek más tényezőkből származó előnyökkel és pontos kimutatásuk alig lehetséges.

f) Nem lebecsülendő szerepe van az előbbieken túlmenően az építési és karbantartási költségek egymáshoz való viszonyának, ezek arányának más erdőfeltárási jellegű beruházásokhoz (szállító gépek és eszközök), a közelítés költségeihez stb. Röviden a költségek egészséges szerkezetének kialakítása is visszahathat, és kell is, hogy visszahasson, a pályaszerkezet építésére.

g) Az erdőgazdálkodás sajátos munkaszervezési problémái is jelentős szerepet játszhatnak. Pl. erőgépeink jobb kihasználása érdekében adaptereket alkalmazunk, melyeknek teljesítőképessége megszabhatja az építési technológiát és rétegvastagságot. Az állandó munkásgárdát egész évi jobb foglalkoztatása érdekében más ágazatokban (művelés, használat) is foglalkoztathatjuk. Az útépitési munkákra való beosztásuk időpontja és időtartama is hathat a pályaszerkezet építésére.

2.812 Forgalom



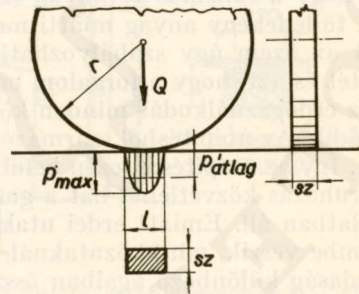
2.81-1. ábra. Az út felületére ható erők

A statikus hatások felbonthatók az út síkjában és arra merőlegesen támadó erőkre. Az út síkjában ható erő lehet a pálya irányába eső és arra merőleges. A pálya irányába eső hosszirányú erő tulajdonképpen a jármű továbbításával vagy megállításával kapcsolatban kifejtett húzó (hajtó) vagy fékezőerővel, ill. erőhatással van összefüggésben. A pálya irányára merőleges erő ívekben lép fel és a centrifugális erő okozza. A keresztaszvélvny oldalesése miatt is keletkezik ilyen erő. A pálya síkjára merőleges erő a jármű súlyából származik. Az út felületére ható erőket a 2.81-1. ábra mutatja be.

A merev vasabroncsos kerék hatását és a fajlagos igénybevételeket a 2.81-2. ábra és a 2.81-I. táblázat tünteti fel. A vasabroncsos kerék alatt keletkező fajlagos nyomás nagysága attól függ, hogy a kerék alatt rugalmas vagy maradós alakváltozás keletkezik-e, ill. mekkora területen érintkezik a kerék és az út-felület.

Más a helyzet a légtömplős gumibroncsnál, amelynek mindig meghatározott belső nyomása van. Ezt a belső nyomást az üzemi előírások szerint 0,1–0,2 atmoszféra eltéréssel tartani kell. Abszolút rugalmas gumibroncs esetén az útfelület fajlagos terhelése azonos lenne a belső nyomással. A gumibroncs merevsége miatt azonban a fajlagos terhelés a belső nyomásnál 5–10%-kal nagyobb. Eszerint magasnyomású gumibroncs alatt 4,4–7,4, alacsony nyomású gumibroncs alatt pedig 1,1–1,4 kp/cm² fajlagos terhelés keletkezik. A vasabroncsos és gumibroncsos járművek fajlagos terhelésében mutatkozó lényeges különbséget úgy használjuk, hogy a gumibroncsos forgalom számára kisebb törőszilárdságú anyagból tervezhetjük a pályaszerkezetet, mint vasabroncsos forgalomnál.

Vizsgáljuk meg most a terhelés következtében ebredő feszültségek eloszlását a pályatestben. A vasabroncs alatti feszültségeloszlást a 2.81-2. ábrán már láttuk. A maximális feszültség elérheti a fajlagos feszültség kétszeresét. A feszültség mélységben eloszlására vonatkozóan tudjuk, hogy ez a talajmechanika törvényei szerint a terhelő felület szélességétől függ. Ezért, bár a vasabroncsnak nagy a fajlagos terhelése, a belőle származó igénybevétel viszonylag kis mélységre terjed ki. A vasabroncs tehát vékony, de nagy szilárdságú anyagból készülő pályaszerkezetet kíván.

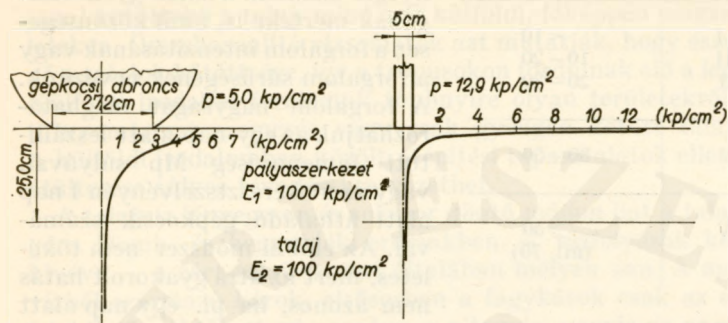


2.81-2. ábra. Feszültségeloszlás merev abroncs alatt

2.81-I. táblázat. A burkolatra ható fajlagos nyomás merev abroncsosáznál

Burkolat	Átlagos	Leg-nagyobb
	fajlagos nyomás kp/cm ²	
1	2	3
Gránitkocka	66,6	133,2
Hengerelt aszfalt	38,0	76,0
Jó makadám	15,1	30,2

2.81-3. ábra. Feszültségeloszlás gumiabroncs alatt



2.81-4. ábra. Feszültségeloszlás gumiabroncs és vasabroncs alatt a terhelő felület tengelyvonalában

A 2.81-3. ábra szerint a gumiabroncs alatt egyenletesebb feszültségeloszlással számolhatunk. Ez a feszültség viszonylag nagy mélységre hat le, mivel a terhelő felület nagy. Ezért a gumiabroncs vastag pályaszerkezetet kíván. Az alacsony fajlagos terhelés miatt azonban kisebb szilárdságú anyagokat alkalmazhatunk.

A gyorsan mozgó járművek kerekei alatt dinamikus hatások is keletkeznek. A dinamikus hatásból származó többlet vasabroncsnál a statikus terhelés 410%-át is elérheti, míg magasnyomású gumiabroncs esetén csak 40%-os, alacsonynyomású (ballon) gumiabroncsnál pedig csak 15%-os a túlterhelés. Ezek a számok különösen kiemelik a gumiabroncs előnyeit.

A légtömlesztés gumiabroncsnak van azonban egy olyan hátrányos tulajdonsága is, amit a pályaszerkezetek tervezésénél nem lehet figyelmen kívül hagyni. Tovagördülés közben szívóhatást fejt ki az út felületére, amely hatás elsősorban a kohézió nélküli szemeses anyagokból készült burkolatokra — pl. makadámburkolatra — káros, megbontja és így hamar tönkreteszi az ilyen burkolatokat. A fajlagos szívóerőt 0,5 kp/cm² értékkel szokás számításba venni. Erdei makadámútjaink gyors romlásának egyik fő okozója ez a jelenség. Különösen gyors a romlás, ha erősen vegyes a forgalom, mert a szívóhatással meglazított köveket a patkó kifordítja.

Ugyancsak romboló hatást fejt ki egyes burkolatokon a patkósarok. A patkósarok a kis területen jelentkező nagy fajlagos terhelés (50–60 kp/cm²) miatt behatol a pálya felületébe és megbontja. Csak a kőmű burkolat áll ellen ennek a hatásnak (kockakő, beton).

A pálya síkjába eső erők húzó, hajtó vagy fékezőerőkből, centrifugális erőből és a felszín oldaleséséből származnak.

Állati vontatásnál a pálya síkjába eső igénybevétel elsősorban a vontató állatok patkójánál lép fel. Kb. 10 kg nagyságrendű vízszintes erővel számolhatunk a patkósaroknál, ami 1 cm² keresztmetszetű patkósaroknál ugyanakkora fajlagos igénybevételt jelent. A centrifugális erőt állati vontatásnál elhanyagolhatjuk.

Gépi vontatásnál a gumiabroncsok felületén tekintélyes erő adódik át az út felületére, amely nyírásra van igénybe véve. Az út felületén keletkező vízszintes nyíróerő 1,0–3,5 kp/cm² között mozog. A fékezés és gyorsítás az előbbi igénybevételt kb. 0,5–1,1 kp/cm²-rel növeli.

Tervezési osztályozás	Terhelési osztály	Egységgépkocsi forgalom db/nap
1	2	3
III	I	< 10
	II	10 – 20
	III	20 – 30
II	IV	30 – 50
I	V	> 50 (átl. 70)

70 Mp-ot 35 db 2 Mp teherbírású pótkocsival, vagy 10 db 7 Mp teherbírású gépkocsival szállítunk, mert a nehéz 7 Mp-os tehergépkocsi alatt nyilván nagyobb lesz az igénybevétel. Ha az egy nap alatt áthaladó gépkocsi száma a mértékünk, akkor az előbbi okok miatt ebben az esetben is valamilyen összehasonlítási alagra van szükség, hogy a különböző nagyságú és súlyú, különböző abroncsnyomású gépkocsiknak a hatását közös nevezőre hozzuk. Erre szolgál az egységgépkocsi fogalma, amely kb. a 3,5 Mp-os Csepel tehergépkocsinak felel meg. Az utak forgalmi osztályozását a 2.81-II. táblázat tünteti fel. Az erdei utak forgalma általában erősen elmarad a közutak forgalmától és a közutak forgalma ott kezdődik, ahol az erdei utak forgalma végződik. A terhelési osztály nagyságát mindig a tavaszi csúcsforgalom határozza meg, amely attól függ, hogy a leszállítandó fatömeg hányadrésze fülledékeny, másodsorban függ a rendelkezésre álló szállítási kapacitástól és a szállítás szervezésétől. Emiatt meghatározása csak konkrét esetben lehetséges.

A lökészerű forgalom nagyon hátrányos tulajdonsága az erdei utaknak, mert olyan erős pályaszerkezet építését kívánja, amely egyrészt az év nagy részében nincs kihasználva, másrészt a lökészerű forgalmi terhelés, az ún. rönkzúdulás ideje éppen akkor van, amikor az út a legnagyobb kíméletre szorulna, a tavaszi hóolvadás utáni, felázott, felpuhult altalaj miatt.

2.813 Talajviszonyok

A forgalmat alkotó járművek terhelését végső soron a talaj hordozza, a forgalom és a talaj milyenségétől függően különböző erősségű pályaszerkezetre van szükség. A pályaszerkezet tervezése tehát nem más, mint a forgalom és a talaj közötti ellentmondás vizsgálata. A talaj pályaszerkezet alatti viselkedésének megítéléséhez ismernünk kell a talaj víztartalmát, szemeloszlását, plasztikus indexét, a hézagtenyézőt, a száraz térfogatsúlyt, a nyomó- és húzószilárdságot, a nyírószilárdságot és a rugalmassági (alakváltozási) moduluszt. Érdekelhet még bennünket a lineáris zsugorodás, a vízáteresztő képesség és nem utolsósorban a kapilláris emelkedés.

A talaj technikai értékelésénél tehát igen sok tényezőt kell számításba venni, mert heterogén anyagról van szó. Egyszerű pályaszerkezeteknél azonban, amilyenek az erdei utak is, elegendő a szemeloszlás, a plasztikus index és a száraz térfogatsúly ismerete. Természetesen nagyon fontos, hogy ismerjük a talaj és rétegvíz helyét, valamint mozgásának irányát is. Általában azt mondhatjuk, hogy az alapítményt képező talajfeleségnek a technikai viselkedését

mindig gondosan mérlegelni kell. Vonatkozik ez elsősorban a vízzel szembeni ellenállásra.

Erdeinkben zömmel erősen kötött talajok fordulnak elő. Kivételt képez néhány jellegzetesen szemcsés talajú terület, mint amilyen a nyugat-magyarországi gödörkavics vagy a dél-somogyi homok stb. Középhegységeinkben is jóval kötöttebb a talaj, mint más külföldi, főképpen magashegységi erdőterületeken. Összehasonlító vizsgálatok azt mutatják, hogy északról délre haladva nő a talajok kötöttsége, így a trópusokon fordulnak elő a legkötöttebb talajok. Külföldi irodalmi forrásaink többnyire olyan területekről származnak, ahol túlnyomórészt szemcsés vagy csak gyengén kötött talajok fordulnak elő. A külföldi irodalomban közölt útépítési tapasztalatok ellenőrzés nélküli hazai átültetése súlyos tévedésekre vezethet.

A talajvíz lényegesen és sokszor döntő módon hat a talaj teherbíróképességére. Domb- és hegyvidéki erdeinkben – vízfolyások közvetlen környékét kivéve – a zárt talajvízszint általában mélyen van. A magasan fekvő talajvízből származó károk, elsősorban a fagykárok csak az elhatárolt területen fordulnak elő. Gyakori azonban a rétegvíz, vagyis az az eset, amikor a talaj feltárásakor zárt talajvízszintet nem találunk, de a vízzáróbb rétegek felett a réteg esésvonalának mentén szivárog a víz. Jól láthatók ezek a szivárgó rétegvizek a bevágási rézsűkön. Ilyen helyeken vízkedvelő növények telepednek meg, esetleg vízszivárgás, ill. vízcsurgás is jelentkezik. A rétegvizeket az előzetes talajvizsgálat is csak nehezen tudja meghatározni. Még nehezebbé teszi felismerésüket, hogy a rétegvizek gyakran csak időszakosak, tehát a száraz időben végzett talajfeltárásakor nem is észlelhetők. Kizárólag emiatt helyes, ha az alépítményre csak 1 év múlva építjük rá a burkolatot. Ez alatt az idő alatt – a felszíni vizek elvezetését feltételezve – biztosan megmutatkoznak azok a szakaszok, amelyeket a rétegvizek időszakosan vagy állandóan felpuhítanak. A rétegvizek jelenlétére következtethetünk a növényzetből is. A talajjellemző növények igen jó útmutatást adhatnak.

A talajjellemző növények ismertetésére és jelenlétükből levonható következtetésekre – pl. pangó vizeket vagy áramló talajvizet jelző növények – itt nem térek ki, mert az erdőmérnökhallgatók képzése során ezt másutt sokkal alaposabban és részletesebben tárgyalják, mint ahogy erre itt mód nyílna.

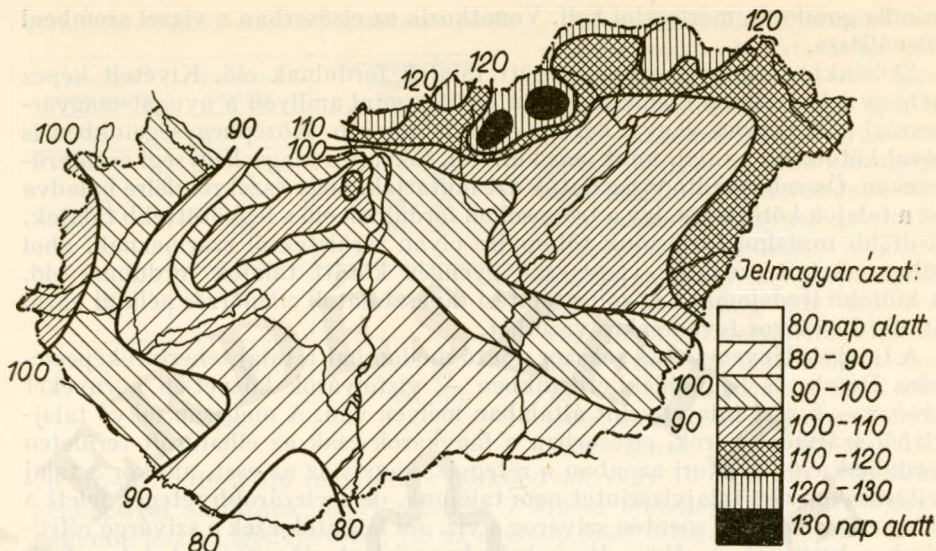
Mivel a talajviszonyok a pályaszerkezet tervezésénél döntő szerepet játszanak, azért feltétlenül fontos, hogy talajvizsgálatot végezzünk. Enélkül gazdaságos és állékony pályaszerkezet tervezése elképzelhetetlen.

2.814 Éghajlat

Az éghajlatnak nagy hatása van a pályaszerkezetre, hiszen a legszűkebb értelemben vett környezetehoz tartozik. Az éghajlati elemek hatása elsősorban a talajon keresztül érvényesül. A hőmérséklet és ingadozása, a csapadék mennyisége és eloszlása, valamint a párolgás azok a tényezők, amelyek az erdei utak pályaszerkezetének tervezésénél fontos szerepet játszanak.

A hőmérséklet évi menete erdőkben is éppen olyan, mint másutt, de az ingadozás szélsőségei kisebbek, az erdő éghajlata mérsékelt, ezért kisebb a fagybehatolás mélysége is. Az utakat azonban legtöbbször kivágott pászttában építik, ahol ez a mérséklő hatás kevésbé érvényesül, sőt hőmérsékleti szélsőségek is alakulhatnak ki (fagyzug). Általában azonban azt mondhatjuk, hogy a hőmérséklet évi menetével és szélsőségeivel kapcsolatban semmi olyan mozzanat nincs, amely a pályaszerkezet építésénél betartandó általános szabályoktól eltérő eljárást kívánna erdei utakon.

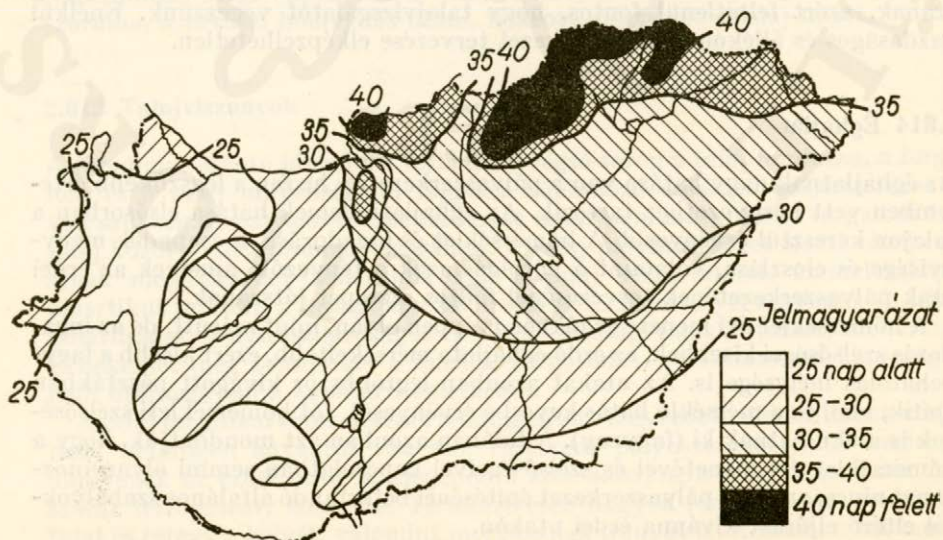
A hőmérséklet ingadozásával kapcsolatban különösen érdekel bennünket a



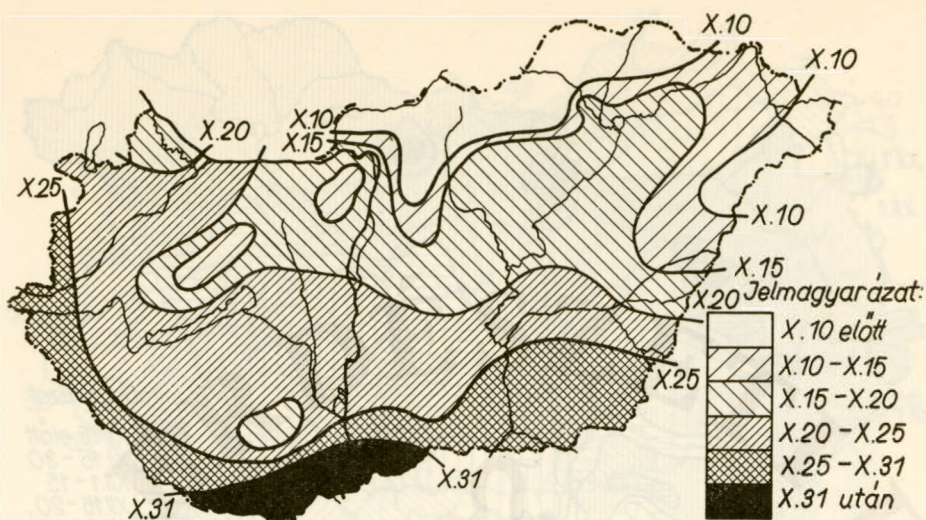
2.81-5. ábra. Fagyos napok száma. 50 éves átlagok

0 C° alatti hőmérséklet időtartama, állandósága, az olvadás bekövetkezése és folyamata. *Bacsó – Kakas – Takács*: Magyarország éghajlata c. munkájukban megadják a fagyos napok számát ($t_{\min} < 0\text{ C}^\circ$) és a téli napok számát ($t_{\max} < 0\text{ C}^\circ$), valamint az első és utolsó fagyos napot (2.81-5, 6, 7. és 8. ábrák). Ezek az adatok elsősorban a földutak szempontjából érdekelnek bennünket, de azért is fontosak, mert a földutak mérlegelése alapján döntjük el, hogy szükség van-e pályaszerkezet építésére.

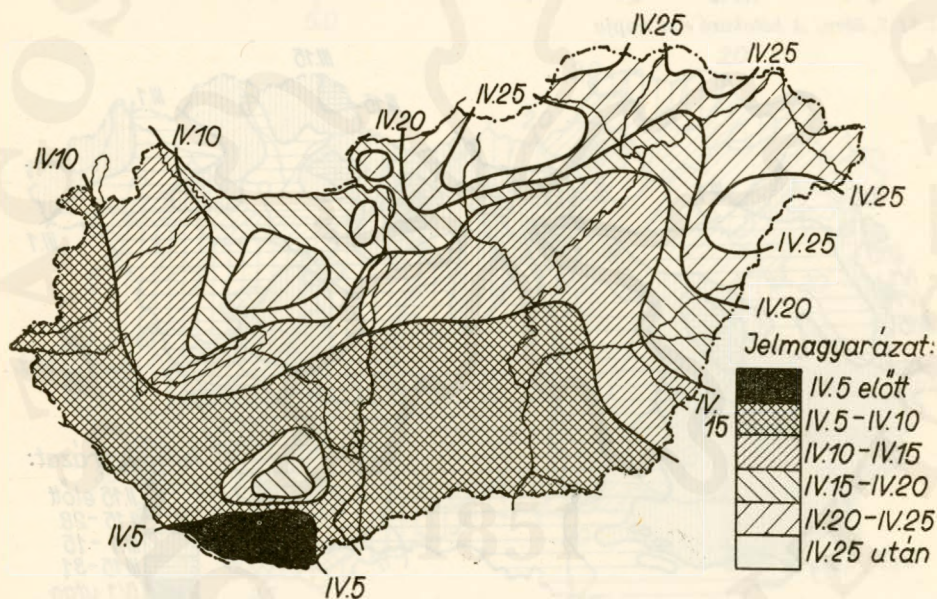
Az idézett munkából származó 2.81-9. ábra megadja a hótakaró első, a 2.81-10. ábra az utolsó napját. Különös jelentősége van az utóbbinak, amely a hóolvadás végét jelzi. A havazás tulajdonképpen csapadék, azonban a hónál nem annyira a mennyisége és eloszlása, hanem inkább az olvadása érdekel bennünket. A hó olvadásakor a víz lefolyása még akadályozva van, ezért a



330 2.81-6. ábra. Téli napok száma. 50 éves átlagok



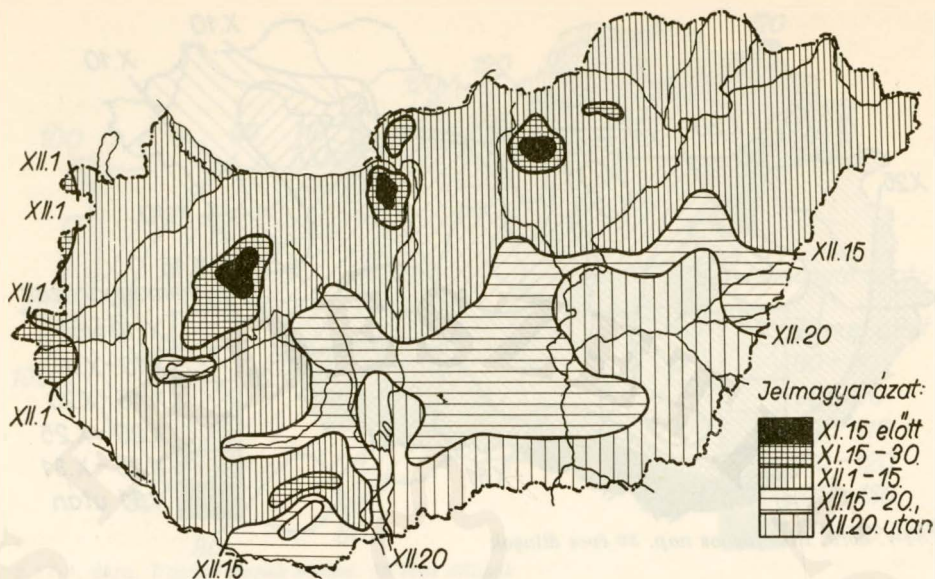
2.81-7. ábra. Első fagyos nap. 30 éves átlagok



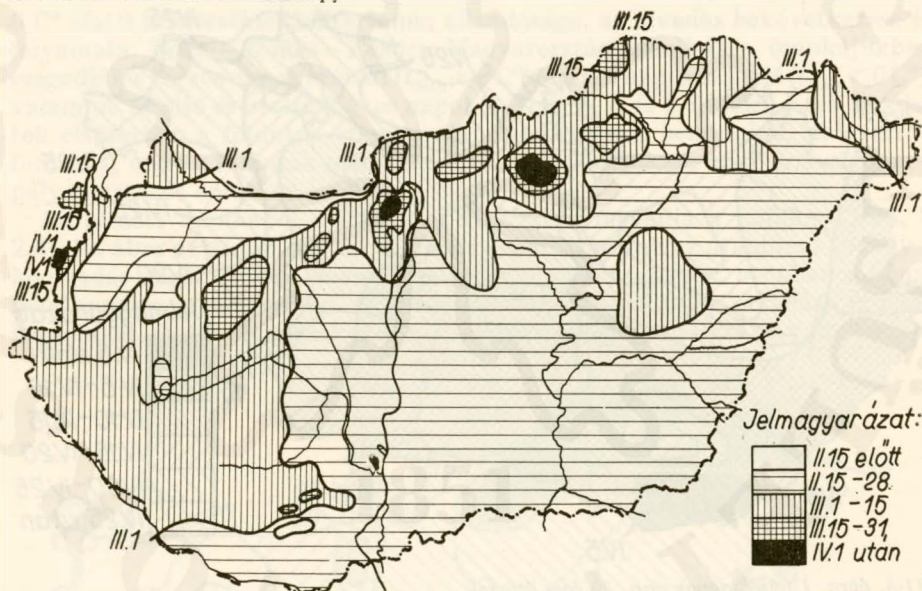
2.81-8. ábra. Utolsó fagyos nap. 30 éves átlagok

hólé jelentős része a talajba szivárog. Ha olyan tulajdonságú talajunk van, amely az olvadó hóleveget gyorsan felszívja, akkor számíthatunk arra, hogy a tavaszi időszakban még a legjobb víztelenítés esetén is fel fog puhulni az alépítmény.

A csapadékból származó víz kétféleképpen fejtheti ki káros hatását. Elsősorban a felszínen folyva mechanikusan hat, amit közönségesen erózióknak nevezünk, másodsorban a talajba szivárogva megtölti a talaj hézagait, közben a kötött talajok egyrészt a víztartalom növekedésével fordított exponenciális arányban veszítik el teherbíróképességüket, másrészt térfogatukat változtatják.



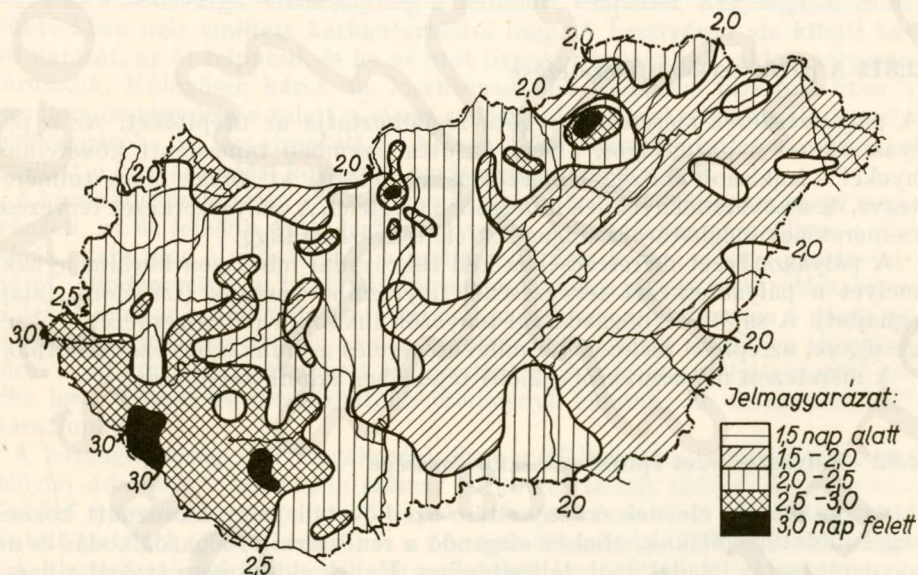
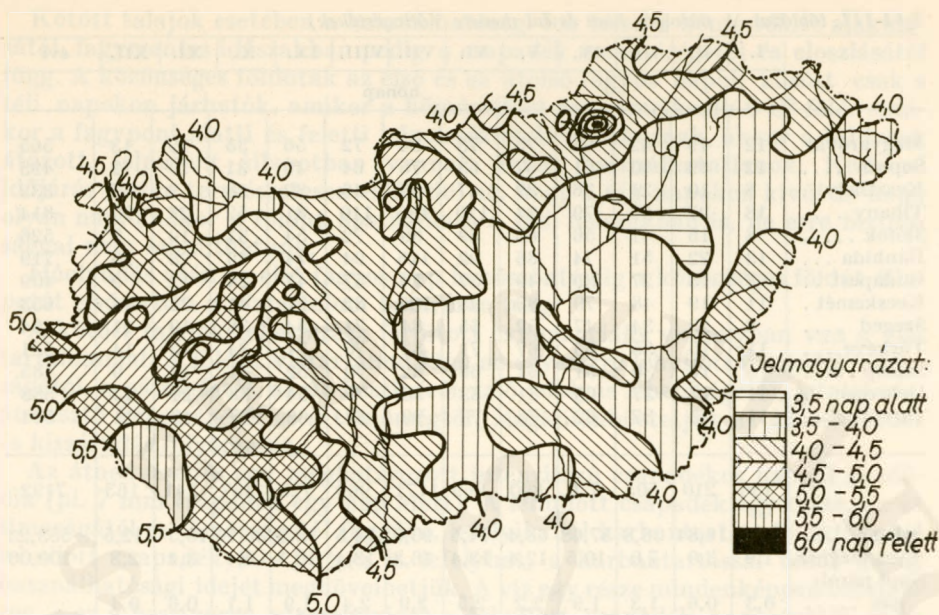
2.81-9. ábra. A hótakaró első napja



2.81-10. ábra. A hótakaró utolsó napja

A csapadék évi mennyisége jellemző ugyan, de ennél fontosabb számunkra a csapadék eloszlásának ismerete. Rendelkezésünkre állnak olyan térképek, amelyekről havi eloszlásban leolvashatjuk az 1 mm, ill. annál kisebb, az 1 és 5 mm közötti, az 5–10 mm közötti és annál nagyobb csapadékkal bíró napok számát (2.81-11. ábra).

A lehulló csapadék részben elpárolog, részben lefolyik és csak részben szivárog be a talajba. Ez a folyamat minden csapadékhullásnál megismétlődik, ezért fontos számunkra a különböző intenzitású csapadékos napok számának ismerete, és ezért mond kevesebbet az évi csapadék mennyisége. Bármilyen legyen is azonban a lefolyó és a talajba beszivárgó víz aránya, mindenképpen



2.81-11. ábra. A csapadékos napok száma május hónapban, amikor a csapadék ≥ 5 mm-rel, ill. ≥ 10 mm-rel. 1901–40. évek átlaga

jelentős a párolgás szerepe a csapadék káros következményének megszűnése szempontjából.

A párolgás nagysága függ a levegő hőmérsékletétől, páratartalmától, a nap-sütéstől és igen erősen a szélről. A párolgás helyi abszolút értéke emiatt igen változó és valamely vidékről jobb tájékoztatást kapunk, ha átlagértékekkel számolunk (2.81-III. táblázat).

A kevésbé intenzív párolgás azt jelenti, hogy útjaink alépitménye nehezebben szárad ki, ami vastagabb pályaszerkezetet tesz szükségessé és építés közben súlyos nehézségeket támaszt.

2.81-III. táblázat. A párolgás havi és évi menete (átlagértékek)

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	évi
	hónap												
Magyaróvár	12	19	42	65	75	73	84	72	56	35	19	13	565
Sopron	12	19	40	51	57	63	76	64	49	31	19	12	493
Keszthely ..	8	10	24	36	39	47	56	46	32	18	9	7	332
Tihany	18	27	59	79	94	110	136	110	81	52	28	20	814
Siófok	8	16	41	56	65	69	88	72	54	31	19	9	526
Bánhida ...	13	22	51	74	86	92	116	94	74	49	28	20	719
Budapest ..	7	13	27	39	49	57	74	57	41	24	12	9	409
Kecskemét ..	11	19	48	70	86	95	103	82	61	41	23	14	653
Szeged	8	13	34	47	52	65	84	71	54	36	19	11	494
Túrkeve ...	11	15	35	55	67	71	83	70	51	34	15	14	521
Szerep	6	14	30	51	61	66	82	70	52	31	13	9	485
Debrecen ..	11	17	37	65	81	83	90	77	54	38	21	14	588
Tarcal	11	15	37	62	78	78	99	84	63	37	18	11	594
	136	210	505	750	890	969	1171	969	722	457	241	163	7192
Átlag	10,5	16,84	38,8	57,68	68,4	74,5	90,0	74,5	55,5	35,15	18,5	12,5	553,23
%-os megosz.	1,9	3,0	7,0	10,5	12,4	13,4	16,3	13,4	10,1	6,4	3,4	2,3	100,00
Napi párolgás	0,3	0,6	1,3	1,9	2,2	2,5	2,9	2,4	1,9	1,1	0,6	0,4	

2.815 A pályaszerkezet méretezése

A pályaszerkezet méretezése régóta foglalkoztatja az útépítőket. Az a pályaszerkezet a gazdaságos, amely az úttal szemben támasztott követelményeket a legkisebb költség felhasználásával elégíti ki, tehát nincs túlméretezve, de a követelményeknek mindenben megfelel. A pályaszerkezet tervezése és méretének meghatározása igen sokféle tényezőtől függ.

A pályaszerkezet méretezésében kell tükröződni mindazon körülménynek, melyet a pályaszerkezet tervezésénél figyelembe veszünk (forgalom, talaj, éghajlat). A sajátos erdőgazdasági tényezők inkább a pályaszerkezet szükségességére, az építési technológia milyenségére és a munkaszervezésre hatnak.

A méretezési módszerekről a 2.891 fejezetben adunk áttekintést.

2.82 Pályaszerkezet építésének szükségessége

A gazdaságosság elvének érvényesítése azt követeli, hogy mindenütt közönséges földutat építsünk, ahol ez elegendő a rendszeres erdőgazdálkodás és az anyagmozgatás feladatainak teljesítéséhez. Ennek eldöntésére szolgál a használhatósági fok.

Valamely földút használhatósági fokán azt a törtszámot értjük, melynek számlálója megadja azoknak a napoknak a számát, amelyekben az utat a termelési idény megindulásától május 1-ig nagyobb károsodás nélkül használhatjuk, nevezője pedig az egész évre adja meg az út üzemelésére alkalmas napok számát. A probléma megoldása különböző aszerint, hogy szemcsés (kavics, homok) vagy kötött (iszap, agyag) talajjal van dolgunk.

A homoktalajok kisebb problémát jelentenek, mert egyszerű az ország erdőterületének csak igen kis részén található, másrészt köztudomású, hogy nedvesen járhatóak a látszólagos kohézió miatt. Az erdészeti szállítás szempontjából kritikus téli-tavaszi időben, tehát a kohézió nélküli homoktalajok nem okoznak nehézséget.

Kötött talajok esetében a használhatósági fok télen a hőmérséklet alakulásától, fagymentes időszakban pedig a csapadék mennyiségétől és eloszlásától függ. A közönséges földutak az első és az utolsó fagyos napok között csak a téli napokon járhatók, amikor a hőmérséklet nem emelkedik 0 C° fölé. Amikor a fagypont alatti és feletti hőmérsékletek váltakoznak, akkor a földutak átázott, felpuhult állapotban vannak, tehát használhatatlanok. Kedvező időjárás esetén természetesen előfordul az, hogy a téli napokon kívül is akad olyan nap, amikor a földút használható a téli időszakban is, de erre biztonsággal nem számíthatunk.

Hóolvadás után az első fagyos nap beköszöntéséig a közönséges földút állapotát elsősorban a víztartalom határozza meg.

A kötött talajok teherbírása fordított exponenciális viszonyban van a víztartalommal. A földút víztartalma függ az egyszerre lehullott csapadék nagyságától, a párolgástól, az út felszínéről való lefolyás lehetőségétől, a talaj vízáteresztő képességétől és a tömörségtől. Megkülönböztetjük az átnedvesedés és kiszáradás folyamatát.

Az átnedvesedés egy meghatározott intenzitású csapadékos nappal kezdődik (pl. 7 mm csapadék egy nap alatt). A lehullott csapadék egy része, az út simaságától és tömörségétől függően, lefolyik. Jól karbantartott földutakon a lehullott csapadék 80–90%-a is lefolyhat, a karbantartással tehát az út használhatósági idejét megnövelhetjük. A víz egy része mindenképpen beszivárog, s ez a beszivárgó vízmennyiség a lehullott csapadék nagyságától és az előbbieken már említett karbantartástól függ. A beszivárgó víz kifejti káros hatását, az út felpuhul, és ha az utat ilyenkor használjuk, akkor súlyosan károsodik. Különösen káros, ha kisebb-nagyobb tócsákkal tarkított úton a forgalom összegyűrja a talajt a vízzel s előállnak a sárral telt kátyúk és mély kerékvágások. Az így elrontott út hosszú időre használhatatlanná válhat, s emellett a karbantartási költségek ugrásszerűen emelkednek.

A kiszáradás folyamata az átnedvesedés káros hatását csökkenti, majd megszünteti, az út felülete újból járhatóvá válik. A kiszáradás paramétere a párolgás, mely függ a napsütéstől, a széljárástól és a levegő relatív páratartalmától. Mindenesetre a hóolvadástól az első fagyos napig tartó időszakban – tehát amikor a különböző intenzitású csapadékos napok száma a döntő az út használhatóságára – elég nagy a párolgás ahhoz, hogy ne kelljen túl sokat várni a jól karbantartott földút kiszáradására. A párolgás helyi abszolút értéke igen változó és megbízhatóbb eredményt kapunk, ha átlagértékekkel számolunk.

A használhatósági fok megállapításához rendelkezésünkre állnak a meteorológiai adatok: A téli napok számát feltüntető térkép (2.81-6. ábra), a különböző intenzitású csapadékos napok számát havonkénti eloszlásban feltüntető térképek (2.81-11. ábra) és a párolgás átlagértékei (2.81-III. táblázat).

A használhatósági fok megállapításának sémája a 2.82-I. táblázatból kivehető. A ≥ 5 mm, ill. ≥ 10 mm csapadékkal bíró napok számának különbsége megadja azokat a napokat, amikor a csapadék 5–10 mm között van (átlagosan 7,5 mm), illetve 10 mm-nél nagyobb. (Átlagosan 15 mm, mert ennél nagyobb intenzitású csapadékos nap olyan kevés van, hogy elhanyagolható.)

A lehulló csapadék 58 mm, melynek 50 %-a beszivárog, a párolgás pedig egyenlő az átlagértékkel. A beszivárgó vízmennyiség tehát 29 mm, egy nap alatt elpárolog 2,2 mm, így $29/2,2 = 13$ nap alatt áll vissza az eső előtti eredeti víztartalom.

Ha ismerjük a használhatósági fokot és a rendelkezésünkre álló szállítási kapacitást, akkor a kettő összevetéséből megállapíthatjuk, hogy szükség van-e a pályaszerkezet építésére. Pályaszerkezetet – időjárásbiztos utat – csak akkor szabad építeni, ha feladatainkat földúttal nem tudjuk megoldani. A mér-

Hó	Csapadékos nap,		Lehulló csapadék			Elfolyik 50 % mm	Párolgás mm	Kieső nap	Az út használ- ható
	amikor a csapa- dék		7,5	15,0	össz.				
	5–10 mm	> 10 mm	mm/ nap	mm/ nap	mm				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X. XI. XII. I. II. III. IV. V. VI. VII. VIII. IX.	X. 10 – IV. 25. között a téli napok								30
	2,5	2,5	19	38	57	29	2,2	13	18
	2,0	2,5	15	38	53	27	2,5	11	19
	1,5	3,0	11	45	56	28	2,9	10	21
	1,5	3,0	11	45	56	28	2,4	12	19
	2,0	2,0	15	38	53	27	1,9	14	16
Használhatósági fok: 30/123						Összesen:		123	

legelésnél nagy szerepet játszik a fülledékeny anyag mennyisége, ezért mutatjuk ki külön az üzemelésre alkalmas napok számát a május 1. előtti időszakra.

A használhatósági fok a számításnál felhasznált tényezők nagy bizonytalansága miatt természetesen csak irányértéket adhat, de jól tájékoztat arról, hogy egy adott vidéken milyen mértékben van szükség időjárásbiztos útra, tehát pályaszerkezet építésére.

2.83 A pályaszerkezet építéséhez szükséges felszerelések

Mielőtt a pályaszerkezet építési módjait sorra vennénk, tekintsük át azokat a gépeket és eszközöket, amelyekkel az erdei utak pályaszerkezetének építése jelenleg is folyik és előreláthatólag a közeljövőben is folyni fog.

a) Univerzális géplánc tagjai:

40–50 LE-s gumikerekű traktor

Vontatott gréder

Gumihenger (7–10 Mp)

Vibróhenger (rezgésszám > 40 Hz), esetleg juhlábhenger

Simahenger (8–6 Mp)

Talajmaró (gumikerekű traktor vagy Unimog adaptere)

Útfelszakító

Locsolókocsi (vontatott, gumikerekű)

Bitumenpermetező kocsi (vontatott)

Bitumen tároló és melegítő berendezés

Billenőszekrényes gépkocsik, esetleg zúzottkő és zúzalékterítő adapterrel

Kézi szerszámok: lapát, kavicsvilla, csákány, nyírfaseprő, piassava seprő.

Az előbbiekből ismertetett univerzális géplánc fontos adaptere a felszakító. Készülhet vontatott kivitelben, amikor traktor vagy úthenger vontatja, és lehet dózer vagy gréder függesztett adaptere (2.83-1. ábra). A fogak mozgatója, tehát kiemelése vagy a kívánt felszakítási mélységre való beállítása

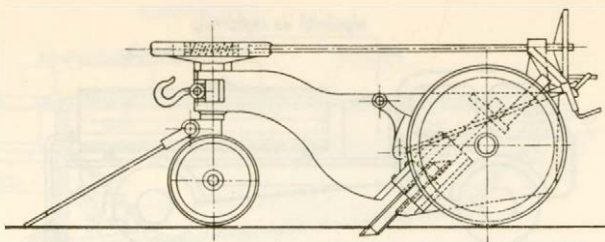
történhet mechanikusan kézzel vagy az erőgép csőrőljével mozgatótt drótkötéssel, ill. hidraulikusan.

A felszakítót két feladtkörben használjuk. – Az útburkolatok fellazítása felszakítóval összehasonlíthatatlanul gyorsabb és termelékenyebb, mint csákánnyal végzett kézi munkával. Ilyen munkát végzünk az útburkolatok karbantartása, felújítása vagy megerősítése során.

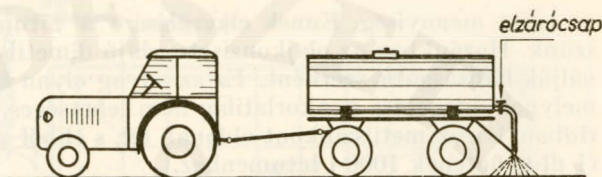
A dózer és gréder teljesítményét jelentősen növelhetjük, ha a talajt előzőleg felszakítóval lazítjuk. Ha a talajban nagyobb kődarabok vannak beágyazva, akkor az előzetes fellazítás nemcsak a földmunkagép teljesítményét fokozza, hanem a gép rongálódásának veszélyét is jelentősen csökkenti.

A locsolókocsi a lövontatású lajt továbbfejlesztett formája, járműalvázra épített 1,5-3,0 m³-es hengeres tartály. Hátul a jármű hossz tengelyébe merőlegesen elhelyezett kilyuggatott csőből vékony sugarakban kerül a víz a permetező felületre. Önjáró kivitelben is készül, de az erdőgazdasági gyakorlatban előnyösebb a vontatott forma az erőgépek jobb kihasználása miatt. Mivel a nyílásokon kifolyó víz mennyisége a vízoszlopnnyomás függvénye, azért a felületegységre permetezett vízmennyiség állandóságát csak úgy lehet elérni, ha a tartály vízszintjének csökkenésével a locsolókocsi sebességét is csökkentjük. A kipermetezés egyenletességét jobban biztosíthatjuk, ha a tartály és a szórócső közé szivattyút iktatunk közbe, vagy a tartályban kompresszorral légnyomást állítunk elő. A tartály és a szórócső között tolózárra van szükség, melynek különböző mértékű nyitásával is elérhetjük az egyenletes permetezést. A locsolókocsi általános elrendezését a 2.83-2. ábrán láthatjuk.

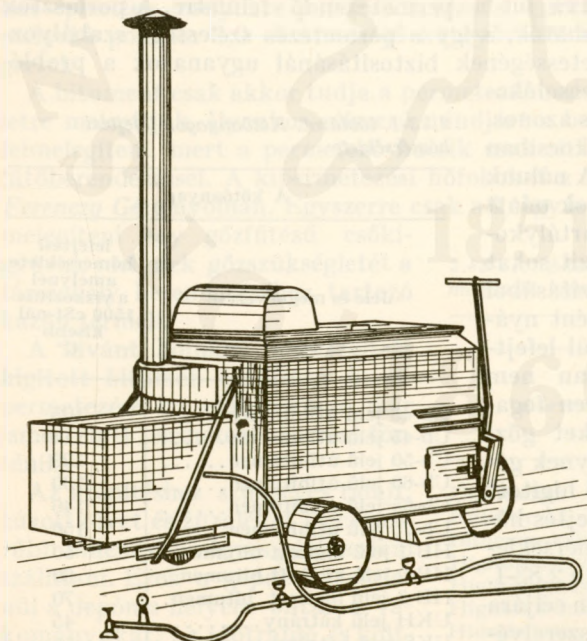
A bitumen kezelésével kapcsolatos berendezések eltérők aszerint, hogy úti- vagy hígított bitumenről van szó.



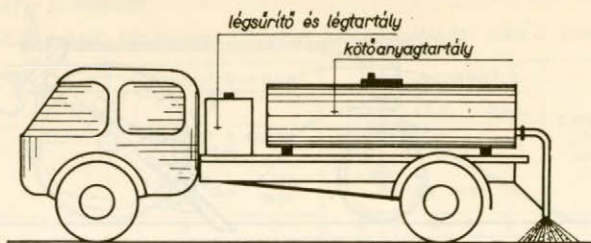
2.83-1. ábra. Útfelszakító



2.83-2. ábra. A locsolókocsi



2.83-3. ábra. Melegítő üst



2.83-4. ábra. Bitumenpermetező kocsi

az egész mennyiség. Ennek elkerülésére a bitumenbe habzsgátló szert veszünk. Hazánkban az olajkonzisztenciájú dimetilszilikonolajat (szilonit) használják habzsgátló szerként. Ez az anyag olyan kis mennyiségben is hatásos, melynek adagolása gyakorlatilag nem lehetséges, ezért 99 rész széntetrakloridban 1 rész metilszilikont oldanak fel, s ebből az 1%-os oldatból 100 cm³-t (1 dl-t) öntenek 1000 l bitumenhez.

Az útbitumen kipermetezése történhet közvetlenül az 500 l-es üstből is, amely még vontatható feltöltve is. (Ennél nagyobb úrtartalmú üstöket csak üresen szabad vontatni.) Ilyenkor az üstre motoros vagy kézi meghajtású fogaskerék-, dugattyús- vagy szárnyszivattyút szerelnek, mely a felmelegített bitument a tömlőn és a fogantyúkkal felszerelt szórócsövön keresztül a szórófejbe nyomja, ahonnan megfelelően porlasztva jut a permetezendő felületre.

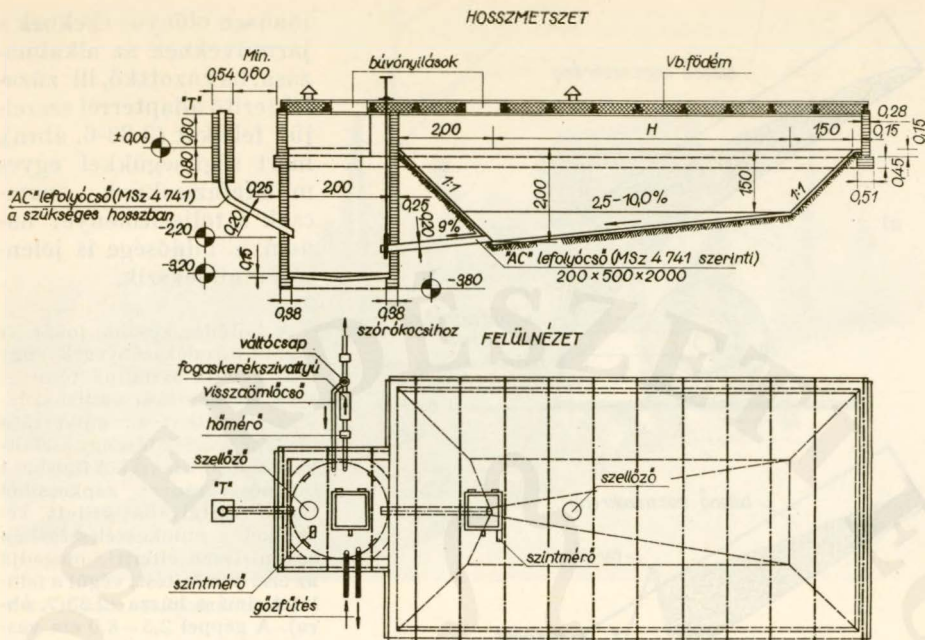
Útbitumen kipermetezésére szolgáló nagyobb teljesítményű gép a bitumenpermetező-kocsi (2.83-4. ábra). Az erdőgazdasági gyakorlatban előnyösebb a vontatott kivitel. A 2–3 m³-es tartályt hőszigeteléssel készítik, mert így a tárolóhelyen felvett megfelelő hőmérsékletű bitumen a kipermetezésig, még hosszabb szállítás esetén sem veszít sokat hőfokából. A tartályt néha olajtüzelésű saját fűtőberendezéssel is ellátják. A kötőanyag felvételére külön robbanómotorral ellátott szivattyú szolgál. A bitumen szórófejeket keresztül, megfelelően porlasztva jut a permetezendő felületre. A porlasztók rendszerint egyenként is zárhatók, s így a permetezés szélessége szabályozható. A permetezés egyenletességének biztosításánál ugyanazok a problémák merülnek fel, mint a locsolókoszinál, s a megoldás módja is azonos.

A hígított bitumen tartálykocsiban érkezik a fogadóállomásra. A nálunk előforduló szállítási távolságok miatt a hőszigeteléssel ellátott tartálykocsikban a bitumen nem veszít sokat hőmérsékletéből, s így viszkozitásából sem, azért általában – főként nyáron – külön melegítés nélkül lefejtethető. Erre azonban biztosan nem számíthatunk, ezért a bitumen fogadására szolgáló tárolóhelyeket gőzkazánal kell felszerelni, melynek gőzével a tartálykocsikban levő hígított bitumen felmelegíthető a lefejtés hőmérsékletére. A lefejtési hőmérsékleteket *Ferenczy Géza* nyomán a 2.83-I. táblázat tünteti fel. Gőzkazán céljára kiselejtezt, de megfelelő szerelvényekkel ellátott és a biztonsági előírás-

Az útbitumen hordókban érkezik, célszerűen közvetlenül az építési hely mellett tárolni. Felmelegítése 500 vagy 1000 l-es üstökben (2.83-3. ábra) történik. Ha a melegedő bitumenbe víz kerül, akkor felhabzik, az üstből kifut és a tüztérrel érintkezésbe kerülve lángra lobbanhat

2.83-I. táblázat. Kötőanyagok lefejtési hőmérséklete

A kötőanyag	
Jele és megnevezése	lefejtési hőmérséklete amelynél a vizkozitás 1500 cSt-nál kisebb C°
Ub-40 jelű útbitumen	105
Ub-45 jelű útbitumen	115
Ub-50 jelű útbitumen	120
Ub-60 jelű útbitumen	130
Ub-65 jelű útbitumen	140
Ub-75 jelű útbitumen	150
HB-1 jelű hígított bitumen .	50
HB-2 jelű hígított bitumen .	60
HB-3 jelű hígított bitumen .	70
UKH jelű kátrány	45
UKS jelű kátrány	55



2.83-5. ábra. A KPM Somlai-féle kötőanyagtárolója

soknak még megfelelő cséplőgép lokomobil vagy erdei vasúti mozdony is alkalmas.

A hígított bitument rendszerint földbe süllyesztett tartályba fejtik le. A 2.83-5. ábra a KPM által rendszeresített Somlai-féle tárolót mutatja be. Az utóbbi években az erdőgazdaságoknál is lényegében azonos kivitelű tárolókat építettek, melyekre jellemző a rézsús, burkoltfalú, fedett medence, legmélyebb pontján 1,0 m átmérőjű kútgyűrűből készített, alul perforált hengerrel.

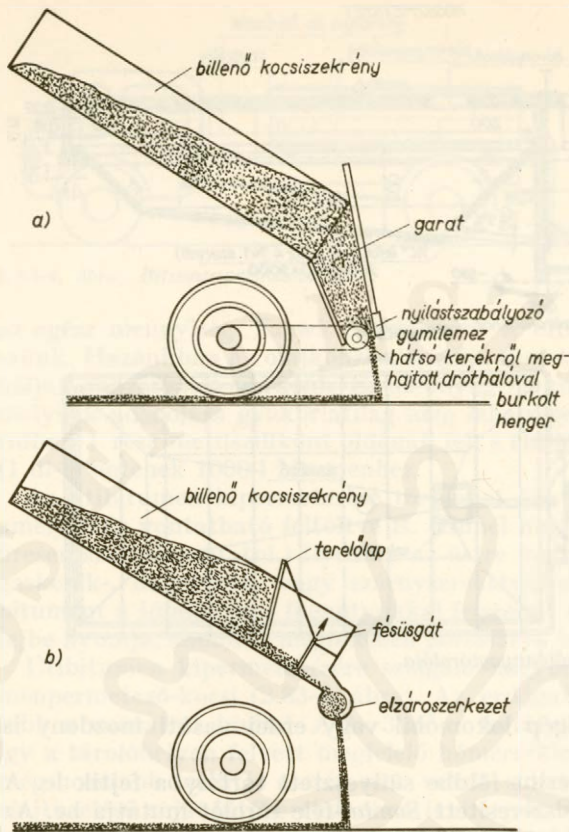
A bitument csak akkor tudja a permetezőkocsi felvenni, ha kellő hőmérsékletre melegítjük. Ilyenkor célszerű mindjárt a beépítéshez szükséges hőfokra felmelegíteni, mert a permetező kocsi csak ritkán vannak felszerelve saját fűtőberendezéssel. A kipermetelési hőfokokat a 2.83-II. táblázat tünteti fel, Ferenczy Géza nyomán. Egyszerre csak a kútgyűrűkön belül eső teret kell felmelegíteni egy gőzfűtésű csőki-gyóval, melynek gőzsükségletét a tárolóhely berendezéséhez tartozó kazán termeli.

A kívánt hőfokra felmelegített hígított bitumen szállítása és kipermetése az előbbieken már ismertetett permetezőkocsival történik.

Az útépítéshez szükséges talajt, zúzottkővet és zúzalékot legcélszerűbb billenőszekrényes gépkocsival szállítani. Ezek a gépek közvetlenül a depónia helyére öntik a rakományukat, az időtrabló és költségés kézi rakodás elmarad. Kü-

2.83-II. táblázat. Kötőanyagok megengedhető legmagasabb kipermetelési hőfoka

elnevezése	A kötőanyag	
	kipermetelési hőfoka C°	
	meleg	hűvös
	időjárás mellett	
Útbitumen	170	175
Kátrány	120	130
Bitumen-kátrány keverék	140	150
Hígított bitumen HB 1 .	85	90
Hígított bitumen HB 2 .	100	110
Hígított bitumen HB 3 .	120	125
Hidegkátrány	75	80
Emulziók	40	50



2.83-6. ábra. Zúzalékterítő gépek elvi működése

hígított bitumennel 1–2 hónapig tárolható jó minőségű hideg aszfaltkeveréket (impregnált zúzalékot, kötőzúzalékot, aszfaltzúzalékszönyeget) betonkeverőben is lehet gyártani. A hideg aszfaltkeverékek az erdei utak mikroklímájában is jól elaszfaltoznak, és jobb minőségűek a permetezéssel előállított aszfaltoknál. Különösen jó lesz a minőségük, ha a zúzalékot keverés előtt megrostáljuk és gondot fordítunk a hígított bitumennel összekevert zúzalék megfelelő szemszerkezetére is.

b) Munkahelyi laboratórium

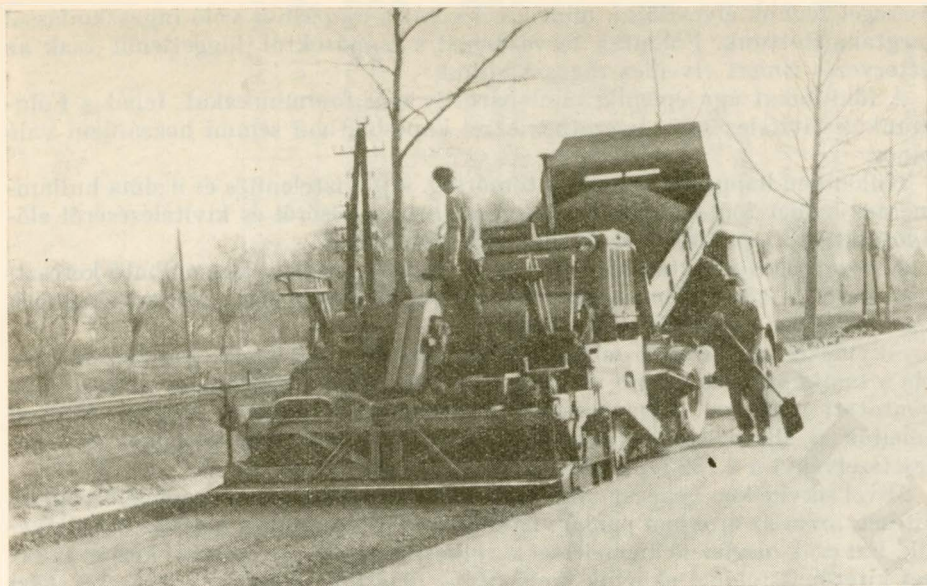
Az univerzális géplánc mellett foglalkoznunk kell a munkahelyi laboratórium minimális felszerelésével is, mert nélkül lehet ugyan építeni, de több korszerű építési eljárás minőségi és kockázatmentes végrehajtásának alapfeltételét képezi a munkahelyi laboratórium. A korszerű építési eljárásoknál a költségek csökkentését a magasabb színvonalú, és több szellemi munkával érik el. Ide sorolható a helyszíni laboratórium is. A laboratórium minimális felszerelése a következő:

- 1 db Casagrande készülék;
- 1 sorozat szita, ill. rosta;
- 1 db hidrométer;
- 6 db 1000 cm³-es menzúra;

lönösen előnyös ezeknek a járműveknek az alkalmazása, ha zúzottkő, ill. zúzalékterítő adapterrel szereljük fel őket (2.83-6. ábra), mert segítségükkel egyes munkafázisoknak nemcsak a teljesítménye, hanem a minősége is jelentősen növekszik.

A fejlődés későbbi fokán az aszfalt zúzalékszönyegek vagy más kevert aszfaltok tömege-sebb alkalmazása esetén szükségessé válhat az univerzális géplánc kiegészítése egy aszfaltburkolat finisherrel. A finisher a billenőszekrényes gépkocsiból tartályába őrített keveréket munkaszélességében egyenletesen elteríti, megadja az első tömörítést, végül a felületet simára húzza (2.83-7. ábra). A géppel 2,5–8,0 cm vastagságú és 2,4–3,6 m széles hullámmentes burkolatsávot lehet építeni, melyet azonban még aszfalthengerrel tömöríteni kell.

A fejlődés során előreláthatólag kibővül majd a géplánc betonkeverővel is. Ezzel azonban nem cementbetont, hanem hideg aszfaltkeverékeket fog-nak előállítani. A legújabb közúti tapasztalatok szerint



2. 83-7. ábra. Aszfalt finiser

kézi kiszűrőhengerek ;

1 db táramérleg, 0,01 g méréshatárral ;

1 db szárítószekrény vagy infralámpák ;

1 db Proctor henger ;

1 db Proctor döngölő ;

1 db gumimembrános vagy homokszórós térfogatmérő ;

tálak és óraüvegek, dobozok és zacskók.

Ezzel a felszereléssel meghatározható a folyási és plasztikus határ, plasztikus index, szemeloszlás, száraz térfogatsúly, a Proctor görbe, és a tömörségi fok. Tehát mindazok az eszközök rendelkezésre állanak, amelyek a földmunkák tervezéséhez és kivitelezésének ellenőrzéséhez szükségesek, de alkalmas ez a felszerelés stabilizációk tervezésére és kivitelezésének ellenőrzésére is, ha a kutatási eredményekre támaszkodnak. Egy kézi törő-nyíró berendezéssel kiegészítve pedig a keverék előzetes laboratóriumi ellenőrzése is elvégezhető.

2.84 Közöséges földutak

2.841 Közöséges földutak forgalma, tervezése és építése

A közöséges földutak olyan szállítópályák, melyeknél külön pályaszerkezet nem épül, a forgalom a megfelelően kiképzett talaj felszínén bonyolódik le. Csak a trasszírozott földutat nevezzük útnak. A szekérforgalom idején spon-tán kialakult csapások nem utak. A csapásokhoz költségkímélés érdekében ragaszkodni nem szabad, mert az anyagmozgatási költségekben vagy a hozzá tartozó létesítményekben, ill. ezek üzemelésében valahol feltétlenül nagyobb

összeget fogunk elveszíteni, mint amekkorát a csapáshoz való ragaszkodással megtakarítottunk. Földutak tervezésénél a csapásoktól függetlenül csak az úttervezés ismert elveihez ragaszkodjunk.

A földutakat úgy építjük, mint bármely más földmunkákat, tehát a Földmunkák kivitelezése c. fejezethez ezzel kapcsolatban semmi hozzáfűzni való nincs.

Különösen hangsúlyozni kell a tömörség, a jó víztelenítés és a sima hullámmentes felület fontosságát. A földmunkák tervezéséről és kivitelezéséről előadottakhoz kiegészítésül szolgáljanak a következők:

A közönséges földutak sík-, ill. domb- és hegyvidéken használható kereszt-szelvényét a 2.84-1. ábra tünteti fel. A kereszt-szelvényeket a földmunkagépek természetének megfelelően alakítják ki.

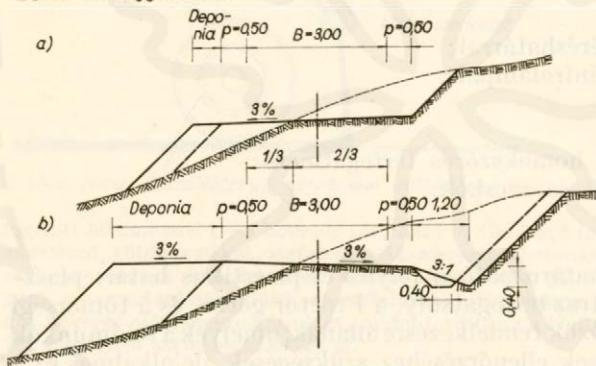
Síkvidéken az úttestet mindig ki kell emelni a környező terephez képest. Ha a talaj kötött és száraz, akkor a talaj rendszerint túl kemény ahhoz, hogy vontatott gréderrel dolgozhassunk. Ilyenkor az úttest két oldalán dózerrel emeljük ki, ill. lazítjuk fel a földet, amelyből gréderrel alakíthatjuk ki a kereszt-szelvényt a 2.732 fejezetben ismertetett sémák szerint.

Mivel síkvidéken nehezen vagy alig lehet megoldani az út megfelelő víztelenítését, azért az árokban pangó víztől az úttest felpuhul és fagykár is keletkezik. Ezt csak megfelelő kiemeléssel kerülhetjük el. Ha az árokból kézi munkával kitermelt földdel akarjuk kiemelni az úttestet, akkor ez egyrészt a kézi munka miatt igen költséges, másrészt nagyon lassú lesz. A dózer és gréder váltott munkája mindkét hátrányt kiküszöböli.

Domb- és hegyvidéken a nagyoló földmunka mindekképpen dózerrel történik. A finom földmunkára és a hegy felőli árok kiemelésére a vontatott grédert használjuk. A motoros gréder nagyobb teljesítményű, pontosabban dolgozik és nehezebb körülmények között (pl. keményebb talaj) is használható ugyan, de alkalmazása attól függ, hogy az erdőgazdaság új utak építésénél és a földúthálózat karbantartásánál mennyire tudja kihasználni. Mindenesetre a nagyobb teljesítmény, az olcsóbb munka és a rendelkezésünkre álló munkaerő csökkenő tendenciája miatt feltétlenül törekedni kell arra, hogy a közönséges földutak építése dózerrel és gréderrel történjen.

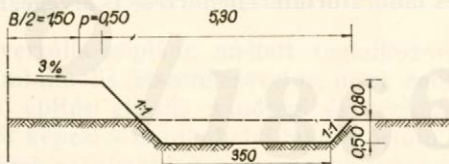
A földutak felszínét állandó gréderezés közben

Domb- és hegyvidéken:

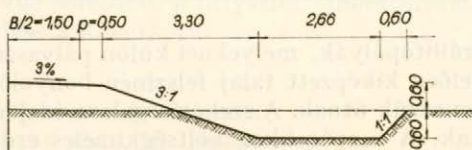


Síkvidéken:

a) Dózerrel vagy szkréperrel



b) Gréderrel

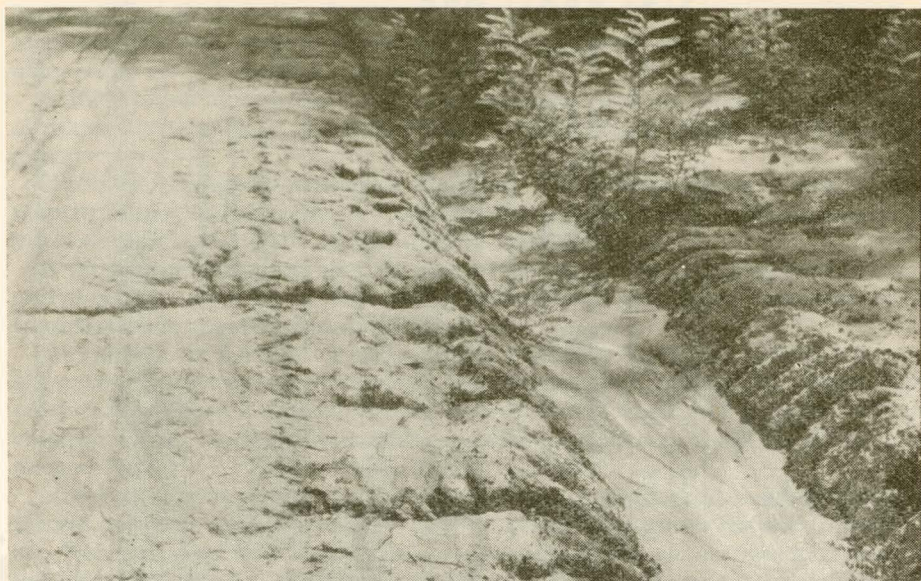


2.84-I. táblázat. A víz határsebessége az oltatóárkokban

Oldalárkok fenékesése	I	%		0,1		0,2		0,3		0,4		0,5		0,7		1,2		2,0		3,0		4,0		5,0		6,0		7,0		8,0		9,0		10,0				
		Q	l/sec	38	90	130	190	240	270	300	350	420	600	730	850	950	1000	1100	1250	1450	1550	1650	1750	1850	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900	3000		
Az árok által levezethető max. vízmenny.	út nagyvasút kisvasút	65	128	180	230	320	370	400	490	570	860	1000	1180	1290	1450	1550	1650	1750	1850																			
		38	90	130	190	240	270	300	350	420	600	730	850	950	1000	1100	1200	1250	1300																			
		13	31	48	65	75	95	105	125	150	210	260	300	330	360	390	410	420	430																			
Középsébség	út nagyvasút kisvasút	0,11	0,22	0,32	0,40	0,56	0,65	0,70	0,85	1,00	1,48	1,74	2,05	2,25	2,50	2,70	2,85	3,00	3,20																			
		0,09	0,22	0,32	0,47	0,60	0,67	0,75	0,87	1,05	1,50	1,82	2,12	2,40	2,55	2,75	3,00	3,12	3,20																			
laza szemcse	murva homok makroporózus lösz	0,04	0,10	0,15	0,20	0,23	0,30	0,33	0,39	0,47	0,68	0,83	0,93	1,00	1,12	1,22	1,28	1,31	1,32																			
kötött talaj	tömör közet	kis és nagyvasút út és nagyvasút esetében																																				
		legmegfelelőbb árok																																				
tömör közet	tömör közet, márvány	az út vagy nagyvasút árkaiban lerakódik																																				
		nagy és nagyvasút út és nagyvasút árka biztosítandó																																				

Kis és nagyvasút út és nagyvasút esetében

Legmegfelelőbb árok és kisvasút árkaiban



2.84-2. ábra. Az árok fenéke eliszapolódott, oldalát pedig az erózió kezdte ki

gumihengerrel alaposan tömöríteni kell, mellyel nemcsak az út teherbírását növeljük, hanem csökkentjük a beszivárgó víz mennyiségét, tehát az út felpuhulását, ezzel a felület ellenállóbb lesz az erózióval szemben is.

Az eróziót a víz eleven ereje okozza, tehát a talaj ellenállásának tömörítéssel történt fokozása mellett, az erózió megelőzése érdekében, elsősorban a víz eleven erejét kell megtörni. Ennek két módja van: vagy csökkentjük az út emelkedőjét a talajtól függően úgy, hogy a víz ne tudja mozgásba hozni a talajszemcséket, vagy az emelkedőtől függő elosztásban vízterelőket építünk.

Az árok és ezzel az út erózióját is megakadályozhatjuk, ha figyelembe vesszük *Markó Iván* táblázatának adatait (2.84-I. táblázat), mely egyúttal a trapézszelvényű árokban levezethető vízmennyiségeket is megadja. A besraffozott részhez tartozó esések azt a határt jelölik meg, ameddig nem kell vízterelő és árokbiztosítás. Felette, a 2.633 fejezetben közölt elosztásban vízterelőt és árokbiztosítást kell készíteni.

Az erózió kettős kárt okoz. A nagy esésű szakaszokon kimossa a földút felszínét, ill. az árkokat, a kisebb esésű szakaszokon pedig a víz lerakja az előbbi helyeken felszedett hordalékot. A hordalék lerakása az árkok eliszapolódásához vezet (2.84-2. ábra), az árok alkalmatlanná válik megfelelő vízmennyiség levezetésére.

2.842 Közöséges földutak üzeme

A közöséges földutak járhatósága a talajviszonyoktól függ.

A szemcsés talajok (kavics és homok) — ha nem tartalmaznak kötött részt — szárazon nehezen járhatók. A kerék besüllyed és a jármű vontatása igen nehéz. Nedvesen a látszólagos kohézió miatt jól járhatók. Ezek a talajok jó vízáteresztők, tehát a kerékvágásokban és egyenetlenségekben nem gyűlik össze a víz, de a víz egyébként sem rontja, sőt javítja az út állapotát. A kerékvágások és egyenetlenségek gumibroncsos forgalom alatt eltűnnek. Erdőgazdálkodási szempontból legkényesebb téli–tavaszi időszakban jól járhatók, rendszerint nem okoznak különösebb problémát.

A kötött talajok ellentétes viselkedést mutatnak. Szárazon a kohézió következtében nagyon teherbírók, tehát nyáron általában jól használhatók. A víztartalom növekedésével teherbírásukat rohamosan elvesztik, tehát csapadékos időben és hóolvadás idején rendszerint járhatatlanok. — Az átázott és felpuhult földutak használatát erőltetni nem szabad. Ilyenkor első következményként mély keréknyomok keletkeznek, melyekben a víz megáll és további gyors romlás kiindulópontjává válnak. Később a kerekek a talajt összegyűrik a vízzel, mély és híg folyós sárral telt kátyúk borítják az utat. Ilyen úton csak kis terhelésű járművek lassú közlekedése lehetséges, a járművek elhasználódása gyors, a szállítási és karbantartási költségek magasak, a teljesítmény kicsi. Ha ilyenkor erőltetjük az út használatát, akkor az út teljesen tönkremehet. A kötöttségtől függően a kiszáradás rendkívül lassú lehet, az út hónapokig is használhatatlanná válhat, a helyreállítási költségek rendkívül magasak.

A kötött talajú földutak használhatósága az időjárás függvénye. Téli időszakban teljes biztonsággal csak a téli napokra ($t_{max} \leq 0\text{ }^\circ\text{C}$) számíthatunk, míg a $0\text{ }^\circ\text{C}$ feletti és alatti hőmérséklet váltakozása a legrosszabb hatást váltja ki, az út teljesen átázik és felpuhul. Ugyanez vonatkozik az olvadási időszakra is. Tavasztól őszig a csapadék eloszlása és főként a különböző csapadékintenzitású napok száma határozza meg a földutak használhatóságát (2.814 és 2.82 fejezetek).

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a közönséges földutakat csak akkor szabad használni, ha a forgalom okozta rongálódás miatt szükségessé váló karbantartás költségei arányban vannak a forgalmazással elérhető előnyökkel. A probléma a 2.82 fejezetben előadottak alapján megoldható.

2.843 Közönséges földutak karbantartása

A karbantartás feladata az építéskor kialakított síma és tömör felület állandó fenntartása, tehát az út használata közben felvágott úttest eredeti állapotának visszaállítása.

A földutak kézi munkával való karbantartása ma már nem képzelhető el. A karbantartás eszköze a gréder, amely ferdén álló késével az egyenetlenségeket lemetszi és a felszedett anyagot az út teljes szélességében a kereszt-szelvénynek megfelelően eltereti. Nem nagyon rossz állapotú földút karbantartó munkáinál 2 km napi teljesítménnyel számolhatunk. A gyalulást feltétlenül kövesse néhány gumihengerment, és a lehetőségekhez mérten tereljük a forgalmat.

A gyalulások száma függ az időjárástól, a talajtól és a forgalomtól. A földutak karbantartásának fontosságára mutat az is, hogy külföldön

2.84-II. táblázat. Szovjet erdei utak karbantartó gyalulása

Gépkocsi/ nap	Optimális			Közepesen kötött		
	talaj					
	tavasz	nyár	ősz	tavasz	nyár	ősz
1	2	3	4	5	6	7
25-ig	4	2	4	6	4	8
50-ig	5	3	5	7	5	10
100-ig	6	4	7	9	7	12
150-ig	8	6	10	12	10	20

2.84-III. táblázat. Közönséges földutak fenntartási munkái és költségei

Terhelési osztály	Egység- gépkocsi forgalom db/nap	Fenntartási gyalulások száma évenként			Költség éven- ként Ft/m ²
		tavasz	nyár	ősz	
		db			
1	2	3	4	5	6
I.	< 10	1		1	1,20
II.	10 – 20	2	1	1	2,40
III.	20 – 30	3	2	1	3,60
IV.	30 – 50	4	4	2	6,00
V.	> 50	6	5	3	8,40

– hasonló éghajlat és talajadottságok esetén is – sokkal többször gyalulják a földutakat, mint nálunk (284-II. táblázat). A feltétlenül szükséges gyalulások alsó határának tekinthetők a 2.84-III. táblázatban közölt adatok. A karbantartó gyalulások technológiájára vonatkozóan a 2.732 fejezetre utalok.

2.85 Javított földutak és talajstabilizációk

A földutak megerősítésének és hátrányos tulajdonságaik csökkentésének vagy kedvező körülmények közötti megszüntetésének legegyszerűbb módja a földutak javítása.

A földutak kedvezőtlen tulajdonságait a kohézió teljes hiánya vagy a kötöttség okozza. Az előbbi eset homoktalajokon, az utóbbi kötött talajokon fordul elő. A javítás módja is eszerint változik.

A javított utakat az különbözteti meg a stabilizált utaktól, hogy a javítás különböző időpontokban több menetben történik addig, míg az út tulajdonságai a kívánt mértékben megjavulnak. A stabilizált utaknál a keverést meghatározott arányban, bizonyos előírások pontos betartásával egyszerre végezzük.

a) Homokos utak javítása

Homokos utak nedves időben a látszólagos kohézió miatt jól járhatók, problémát nem okoznak. Szárazon azonban a kohézió hiánya miatt a szemcsék terhelés hatására egymáson elcsúsznak, a kerék – főként a vasabroncos kerék – a homokba süllyed, a jármű mozgatásához szükséges vonóerő ugrásszerűen megnövekszik, a sebesség és a teljesítmény csökken. Ha ilyen talajhoz kohéziós, tehát erősen kötött talajt keverünk, akkor minden időjárásnál használható útpályát nyerhetünk. A homokos útra vékony, 1–2 cm-es rétegben ráterítjük a kötött talajt és a bekeverést a forgalomra bízunk, de meg is gyorsíthatjuk, ha talajmaróval vagy gréderrel bekeverjük a terítést. A kötött talaj adagolását nagyon óvatosan kell végezni, és inkább többször megismételni, nehogy a túl sok kötött talaj elrontsa az utat.

A kötött talaj szállítását és terítését lehetőleg mindig más munkák kiegészítéseképpen kell megszervezni, mert így a gépek kihasználása jobb lesz, az üres járatok száma csökken (pl. a fát szállító járművek kifelé viszik a kötött talajt).

b) Kötött talajú utak javítása

A kötött talajú út szárazon járható és rendkívül teherbíró, a nedvességtartalom növekedésével azonban a teherbírásának alapját képező kohézió rohamosan csökken, mély kerékvágások keletkeznek. A megoldást homok és homokos kavics, vagy más szemcsés anyag hozzákeverésében kereshetjük. Az egymással érintkező homokszemek nedves időben is olyan teherbíró vázat alkotnak, amely megakadályozza a mély keréknyomok és kátyúk keletkezését.

A kötött talajú útra tehát homokot vagy homokos kavicsot terítünk 2–4 cm vastagságban. Bekeverése a már ismertetett módon történik. A használható javított út előállításához ebben az esetben sokkal több homok kell, mint amennyi kötött talaj kellett a homokúthoz, ezért a homokerítést esetleg 5–8 esetben is meg kell ismételni. Fontos, hogy a homok egyáltalán ne, vagy csak kevés kötött részt tartalmazzon. A javítás megkezdése előtt az árkokat ki kell tisztítani és a keresztoszelvényt helyreállítani. A munka gréderrel vagy trak-

torra szerelt késsel gyorsan és olcsón elvégezhető. A kötött talajú út karbantartására javítás után is nagy gondot kell fordítani. A javítás és karbantartás költsége más munkába való beillesztéssel csökkenthető.

e) Talajok stabilizálása

A víztartalomtól és tömörségtől függően minden talajnak van olyan állapota, amikor jó teherbíró és így útpályának is megfelel. Ha a talaj kedvező tulajdonságait valamilyen eljárással állandósítani tudjuk, akkor a talajt állékonnyá tettük. Ilyenkor a talaj stabilizálásáról beszélünk. A talajstabilizációkat milyenségük szerint a pályaszerkezet egyik vagy másik rétegeként (lásd a 2.8-1. ábrát) alkalmazhatjuk. A talajstabilizációk előnye, hogy a helyi talajt használhatjuk fel, s ezért a helyszíntre szállítandó anyagok mennyisége erősen csökken (pl. 150-ről 30 kg/m²-re vagy 16 kg/m²-re), s ezzel együtt a hagyományos építési módokkal szemben az építési költségek is jelentősen csökkennek. A stabilizációk egy részét már hazai erdei útépitéseinknél is sikerrel alkalmazzuk, más részüknél a külföldi tapasztalatok alapján valószínűnek látszik közeli bevezetésük.

2.851 Mechanikai stabilizáció

A mechanikai stabilizáció két, ritkán három talaj mechanikai összekeverésével készül. Innen kapta a nevét.

A mechanikai stabilizációban meghatározott arányban fordul elő a szemcsés és a kötött frakció, ezért egyesíti magában a szemcsés és kötött talajok kedvező tulajdonságait, nedvesen és szárazon egyaránt teherbíró, tehát időjárásbiztos szerkezet. Az egymás mellett lévő szemcsés (nem kötött) részek egymással érintkeznek és a víztartalom változására nem reagáló teherbíró vázat alkotnak, ahol a talajszemcséket nedves állapotban a látszólagos kohézió, szárazon pedig a kötött rész kohéziója kapcsolja egymáshoz.

Az ilyen szemszerkezet matematikailag meghatározható, ha abból indulunk ki, hogy minden kavics-, ill. homokszemcsének érintkeznie kell a szomszédosokkal, a nagy átmérőjű szemcsék közötti hézagokat pedig a kisebb átmérőjűek töltik ki. A feladat egyszerűbbé és gyakorlativá válik, ha a keverékben előforduló legnagyobb átmérőjű szemcsénél kisebb átmérőkre oldjuk meg a feladatot. A *Talbotól* származó formula a következő:

$$S[\%] = 100 \frac{d^m}{D^m},$$

ahol $S[\%]$ a d szemcseátmérőhöz tartozó súlysúlyszázalék;
 d a változó szemcseátmérő;
 D a keverékben előforduló legnagyobb szemcse átmérője;
 m kitevő értéke *Jahn* szerint = 0,5.

Ha felvesszük D -t és m -et, akkor néhány felvett d átmérőhöz kiszámítható $S[\%]$, tehát a szemeloszlási görbe megszerkeszthető.

A *Talbot*-féle összefüggés olyan szemcsehalmaznak adja meg a legkedvezőbb szerkezetét, amelyben a legnagyobb átmérő D , a legkisebb pedig nulla.

2.85-I. táblázat. A szemeseátmérő hatványának értékei (Aichorn után)

ASTM szita	Lyukas szita ∅ mm	Szita szövet □ mm	d ^m			
			m = 0,3	m = 0,4	m = 0,5	m = 0,6
Nr. 200		0,02	0,309	0,209	0,141	0,0956
		0,06	0,43	0,325	0,245	0,185
		0,074	0,458	0,353	0,272	0,209
Nr. 100		0,09	0,486	0,382	0,3	0,236
		0,149	0,564	0,46	0,386	0,319
		0,2	0,617	0,525	0,447	0,380
Nr. 60		0,25	0,661	0,574	0,5	0,435
		0,40	0,76	0,693	0,634	0,578
Nr. 40		0,42	0,771	0,77	0,648	0,594
Nr. 20	2	0,6	0,858	0,815	0,775	0,735
		0,85	0,952	0,937	0,922	0,906
		1,5	1,129	1,176	1,225	1,273
Nr. 10		2,0	1,231	1,320	1,414	1,515
		2,3	1,284	1,295	1,517	1,650
Nr. 8.	3	3,8	1,494	1,76	1,949	2,230
Nr. 4	5	4,0	1,515	1,74	2,000	2,3
		4,76	1,597	1,867	2,18	2,54
		5,4	1,659	1,963	2,32	2,75
	7	6,0	1,71	2,045	2,45	2,93
		6,2	1,729	2,08	2,49	2,98
		7,8	1,892	2,27	2,79	3,42
3/8"	8	8,0	1,865	2,295	2,825	3,48
		9,5	1,965	2,46	3,08	3,86
		12,0	2,11	2,70	3,46	4,45
	10	14,6	2,24	2,92	3,82	5,0
		15	2,27	2,96	3,88	5,08
		16,4	2,31	3,06	4,05	5,35
	15	18,0	2,38	3,17	4,24	5,66
3/4"	18	19,05	2,42	3,25	4,37	5,86
		20,8	2,49	3,37	4,56	6,16
1"	20	25,2	2,63	3,64	5,02	6,95
	25	29,6	2,76	3,88	5,44	7,64
		34,0	2,88	4,1	5,83	8,31
		35,0	2,90	4,15	5,91	8,44
1 1/2"	30	38,1	2,98	4,29	6,17	8,89
		43	3,09	4,50	6,56	9,54
		45	3,13	4,58	6,71	9,82
2"	35	50,8	3,25	4,81	7,13	10,53
		55	3,32	4,96	7,40	11,08
		61	3,43	5,18	7,81	11,80
	40	65	3,50	5,32	8,05	12,21
		76,2	3,67	5,66	8,73	13,45
3"	50					

Az utóbbi azonban sohasem fordul elő, ezért helyesebb eredményt kapunk a következő formulával:

$$S[\%] = 100 \frac{d^m - d_0^m}{D^m - d_0^m},$$

ahol a már ismert jelölések fordulnak elő, d_0 pedig a szemcsehalmaz legkisebb szemcséjének átmérője. A keverék megmunkálhatósága szempontjából legkedvezőbb, ha $0,35 < m < 0,4$. Ha $d_0 = 0$, akkor *Talbot* eredeti képletét kapjuk.

Ezzel az összefüggéssel bármilyen maximális és minimális szemcseátmérőre meghatározhatjuk a legkedvezőbb szemszerkezetet. A feladat megkönnyítését szolgálja az *Aichorn*tól származó 2.85-I. táblázat. A megfelelő szemszerkezet kialakítását még jobban megkönnyíti a 2.85-1. ábra, melyen az ismertett törvényszerűség alapján szerkesztett határgörbékét találunk. A szemszerkezet akkor lesz jó, és akkor nevezhető szemszerkezeti szempontból mechanikai stabilizációnak, ha a talajkeverék szemeloszlási görbéje a rendeltetésének megfelelő határgörbék közé esik. A határgörbék jelölésére magyarázatot ad, és a szemeloszlásukat táblázatosan is feltünteti a 2.85-II. táblázat. Ugyanitt találjuk meg az ágyazatnak alkalmas mechanikai stabilizációs szemszerkezetét is.

A 2.85-1. ábra szemeloszlási görbéi csak a $d = 0,06$ mm átmérőig futnak, ameddig a szemeloszlás szítálással is meghatározható. Feltételezik, hogy az ennél kisebb szemcsékre – a tulajdonképpeni kötött részre – inkább jellemző a plasztikus index, mint a szemeloszlás.

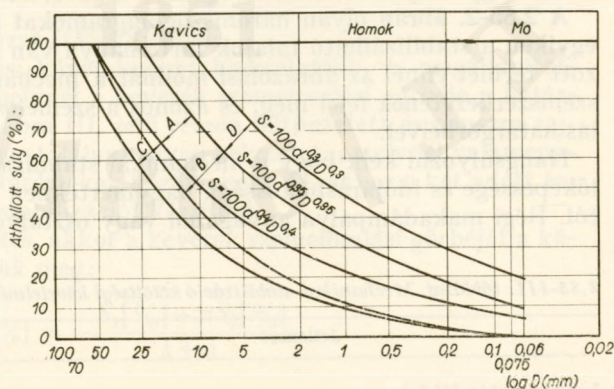
A szemszerkezet azonban önmagában nem biztosítja a mechanikai stabilizáció jóságát, mert az előbbieken arról volt szó, hogy a „kötött rész kohéziója kapcsolja egymáshoz” a kavics- és homokszemcséket. Az összekapcsolás minősége tehát a kohézió nagyságától függ. A határgörbéhez való igazodással biztosíthatjuk ugyan, hogy a keverékben megfelelő %-nyi kis átmérőjű szemese (kötött frakció) is legyen, de a kohézió nagysága nemcsak a szemcsék átmérőjétől függ, amely körülmény már ismeretes előttünk. A jó mechanikai stabilizációnak tehát az előbbi szemszerkezeti követelmény mellett ki kell elégítenie a 2.85-III. táblázatba foglalt kötöttségi követelményt is.

Száraz klíma esetén és kiszáradásnak kitett helyeken, továbbá szögletes szemcsék esetén a plasztikus index felső, nedves éghajlaton, árnyékos és nehezen száradó helyeken, valamint kerek szemcsék esetén a plasztikus index alsó határát kell számításba venni. A folyási és a plasztikus határt a keverék azon részéből kell meghatározni, amely a 0,4 mm nyílású szítán átesik.

A porviszonyszám a 0,074 és a 0,4 mm szemcseátmérőhöz tartozó és a szemeloszlási görbéről leolvasható súlyszázalékok viszonya:

$$S_p = \frac{S_{0,074}}{S_{0,400}}$$

A szemszerkezet és plasztikusság kettős követelményét nem mindig lehet egyidejűleg kielégíteni. Pl. a kötöttségi feltétel kielégítése érdekében növeljük a keverékben a kötött talaj hányadát, de ennek



2.85-1. ábra. A mechanikai stabilizáció határgörbéi (*Aic horn* szerint)

2.85-II. táblázat. A mechanikai stabilizáció szemszerkezete (Aichorn szerint)

Lyu- kas szita Ø mm	Szita szövet □ mm	Fagyvédő réteg (ágyazat)		Alap			Burkolat
				nagyon jó	használható		D
				A	B	C	
Áthullott súly %							
Legnagyobb szemese		76,2	18	50,8	60,8	76,2	25,4
	76,2					100	
	65	100				92-100	
	55	94-100		100	100	85-100	
50		85-100		94-100	92-100	75-94	
	35	80-100		86-100	83-100	67-86	
30		70-100		76-100	70-100	56-76	
	18	62-100	100	66-88	58-88	47-66	100
15		55-85	85-100	56-77	47-77	37-56	88-100
	8	46-75	68-100	48-67	38-67	30-48	77-100
		40-66	62-100	40-59	30-59	25-40	67-88
7		35-60	55-100	36-54	26-54	20-36	59-78
	2	25-50	40-75	28-42	17-42	14-28	54-72
	1	18-40	27-56	21-33	10-33	9-21	42-58
	0,4	10-28	12-35	15-24	5-24	5-15	33-48
	0,2	5-20	6-23	10-18	3-18	2-10	24-36
	0,074	0-10	0-10	7-10	0,5-10	0,3-7	18-29
	0,06	0-8	0-8	6-8	0-8	0-6	10-21
							8-19

eredményeképpen a keverék szemeloszlási görbéje nem marad a határgörbék között vagy fordítva. Ilyen esetben nem lehet megfelelő minőségű mechanikai stabilizációt készíteni, tehát más javítóanyagot kell alkalmazni.

A mechanikai stabilizáció lényegéhez tartozik, hogy szemcsés talajt kötött talajjal keverünk össze. A keverést azonban csak akkor lehet megfelelő minőségben végrehajtani, ha a talaj kötöttsége nem túl nagy, tehát keverés közben szétesik, és a felaprózott talaj azután már jól elkeveredik. A nagyon kötött talaj szárazon igen kemény, a nagyobb rögök továbbaprítása nehéz, sőt lehetetlen, nedvesen pedig ragad. A kötöttség plasztikus indexszel jellemzett határa, ameddig a kötött talaj még összekeverhető a szemcsés talajjal, a jelenleg rendelkezésre álló gépek alapján $P_1 = 13-15\%$ körül mozog, attól függően, hogy milyen eszközzel végezzük a keverést.

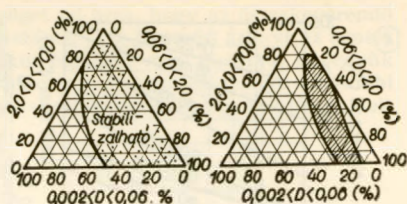
A 2.85-2. ábrán olyan háromszögdiagramokat láthatunk, melyek közül az egyiket a stabilizálható talajok tartománya van elkülönítve, míg a besraffozott terület ennél az ábrázolási módnál a mechanikai stabilizáció kívánatos szemszerkezetének felel meg, és azonos a szemeloszlási görbével való ábrázolás határgörbéivel.

Hangsúlyozni kell, hogy a mechanikai stabilizáció állékonysága, teherviselő képessége és időjárásbiztossága nagymértékben függ a felhasznált anyagoktól. Régi makadampálya anyagából vagy osztályozatlan zúzottkőből készülő

2.85-III. táblázat. Mechanikai stabilizáció kötöttségi követelményei

Jellemző	Ágyazat	Alap	Kopóréteg
Folyási határ F [%]	—	< 25	< 35
Plasztikus index P_1	nincs	0-6	4-9
Porviszonszám	—	0,67	0,65

mechanikai stabilizáció nyilván sokkal jobb tulajdonságokat fog mutatni, mintha osztályozatlan homokos kavicsot (gödör- és folyamkavics) vagy homokot használunk. A teherbíróképesség és időjárásbiztoság az utóbbi esetekben sokkal gyengébb lesz ugyan az első esetnél, de még mindig messze felette fog állni a közönséges földúténak.



2.85-2. ábra. Mechanikai stabilizáció ábrázolása háromszögdiagramban

a) Mechanikai stabilizáció tervezése

1. Tervezés során először a *talajfeltárást* kell elvégezni.

2. *Laborvizsgálatokat* kell végezni. A talajfeltárást során begyűjtött talajminták laboratóriumi vizsgálata szolgáltatja mindazokat az adatokat, amelyek a tervezéshez, ill. az építés ellenőrzéséhez szükségesek.

3. A talajmechanikai vizsgálatok alapján elkészítjük a rétegszelvényt, és az úton olyan szakaszokat különítünk el, amelyen belül a talajviszonyok kb. azonosak.

4. A következő lépés az aléptímeny anyagának és a helyi anyagoknak az összevetése és annak megállapítása, hogy ezek keverékéből tudunk-e mechanikai stabilizációt előállítani és milyen keverési aránynál elégíti ki a keverék a mechanikai stabilizációval szemben támasztott szemeloszlási és plasztikusági követelményeket. A keverési arány megállapítása történhetik szemeloszlási görbén vagy háromszögdiagramon. Az előbbi esetben a 2.85-3. ábra szerint járunk el.

A két összekeverhető talaj szemeloszlási görbéjéből (I) két párhuzamos vonalra felhordunk néhány szemcseátmérőhöz tartozó százalékot. A megfelelő pontokat összekötjük (II). Ezután átlátszó papírra felrajzoljuk a határgörbéről ugyanezen átmérőknél leolvasott százalékokat (III).

Pl. a 4,76 mm-es átmérőhöz a 2.85-1. ábra A jelű görbepárján 36 és 54 % tartozik, ezt kell felhordani pauszpapírra úgy, ahogy ez az ábra III. részén látható. Most az átlátszó papírt addig mozgatjuk, amíg az egyes átmérők vonalai a nekik megfelelő határértékek között mennek át. Itt leolvashatjuk a szükséges keverési arányt. A példabeli esetben 20% kötött talajt kell összekeverni 80% kavicsotallaljal.

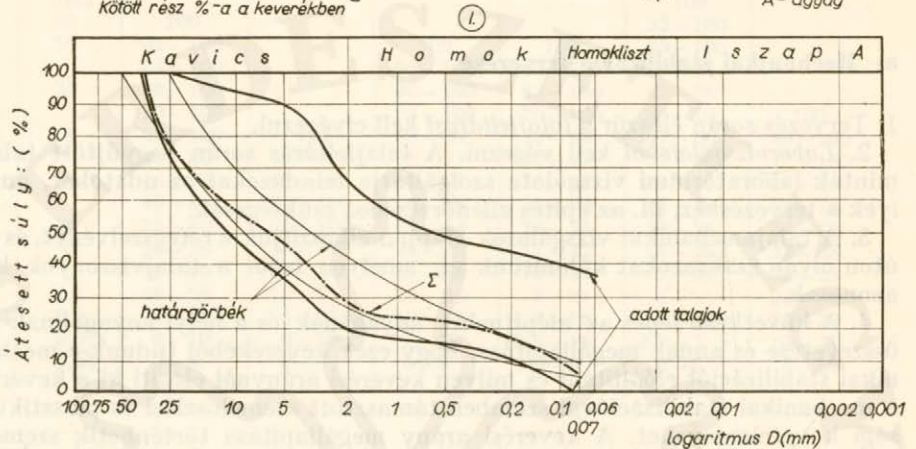
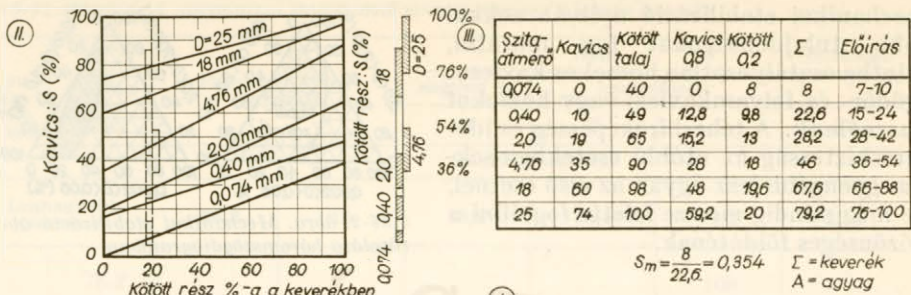
Ellenőrzésül szolgál a táblázat (IV) kitöltése.

Ilyen módon a szemeloszlási követelményt kielégítettük, és megállapítottuk azt a keverési arányt, amelynél a keverék szemeloszlási görbéje a határgörbék között marad. Ha az ábra III. jelű részén feltüntetett és pauszra rajzolt beosztás mozgathatókor nem találunk olyan helyzetet, amelynél valamilyeni vonal a neki megfelelő határértékek között megy át, akkor a két adott talajból nem lehet mechanikai stabilizációt készíteni.

Ha a keverési arány ismeretes, akkor a keverék szemeloszlási görbéjét a következő módon szerkeszthetjük meg:

$$S_{\text{keverék}} [\%] = \frac{S_1 [\%] + nS_2 [\%]}{1 + n},$$

ahol S_1 és S_2 az összekeverendő talajok súlyszerelalékei egy tetszőlegesen felvett d szemcseátmérőnél. $S_{\text{keverék}}$ a keverék súlyszerelaléka ugyanott, n pedig a keverési arány hányadosa.

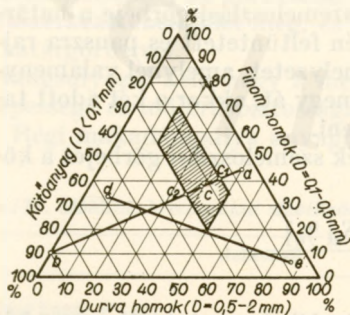


2.85-3. ábra. Keverési arány megállapítása szemeloszlási görbe alapján

Pl. a 2.85-3. ábrán kidolgozott példában a kötött talajra nézve $\frac{20}{80} = 0,25 = n$, tehát $d = 2$ mm szemcseátmérőnél mivel $S_1 = 19\%$ (szemeses talaj) és $S_2 = 65\%$ (kötött talaj) azért

$$S_{\text{keverék}} = \frac{19 + 0,25 \cdot 65}{1,25} = 28,2\%$$

Háromszögdiagramban (2.85-4. ábra) a keverési arány megállapítása még egyszerűbb. Az összekeverendő a és b talajt ábrázoló pontokat összekötjük és ezen az egyenesen kijelöljük a c pontot, amelynek a jó mechanikai stabilizáció szemszerkezetét feltüntetett sraffozott területbe kell esnie. Ennek alapján a két talaj keverési aránya a következő lesz: $a:b = c_2:c_1$. Ha a két pont összekötő egyenes elkerüli a kijelölt területet (az ábrán d és e pontokat), akkor nincs olyan keverési arány, amellyel megfelelő szemszerkezet állítható elő.



2.85-4. ábra. Keverési arány megállapítása háromszög diagramból

5. A mechanikai stabilizáció követelményeit kielégítő keverési arány megállapítása után elkészítjük a keveréket és a keverék 0,4 mm átmérőjű szítán áteső részére meghatározzuk a folyási és plasztikus határt. Ezekből az adatokból ellenőrizhetjük, hogy a keverék kielégíti-e a kötöttségi követelményeket. Szükség esetén változtatunk a keverési arányon, de ez a változtatás természetesen csak olyan mértékű lehet, hogy a keverék szemeloszlási görbéje a határgörbék között maradjon.

A fölös számú időtrabló próbálkozásokat elkerülhetjük, ha az *Aichorn*tól származó számítási módszert alkalmazzuk. Ez a számítás lehetőséget ad arra, hogy az összekeverendő talajok szemeloszlási és kötöttségi jellemzőinek ismeretében – a keverési arányt az ismert módon meghatározva – előre kiszámítsuk a plasztikus indexet, vagy fordítva, felvegyük az elérni kívánt plasztikus indexet és kiszámítsuk az ahhoz tartozó keverési arányt. Az utóbbi esetben természetesen ellenőrizni kell, hogy az így kapott keverési arány alapján rajzolt eredő-görbe a határgörbék között maradjon-e.

$$P_{1e} = P_{1sz} + \frac{S_k \cdot K_k}{S_{sz} \cdot K_{sz} + S_k \cdot K_k} (P_{1k} - P_{1sz})$$

$$K_{sz} = \frac{S_k \cdot K_k (P_{1k} - P_{1e})}{S_{sz} (P_{1e} - P_{1sz})}$$

Jelölések:

P_{1sz} a szemcsés talaj plasztikus indexe;

P_{1k} a kötött talaj plasztikus indexe;

P_{1e} a keveréktalaj plasztikus indexe;

S_{sz} a szemcsés talajnak a 0,4 mm-es szitán áthulló része viszonzyszámban: $\frac{S_{0,4} [\%]}{100}$;

S_k ua. a kötött talajnál;

K_{sz} a szemcsés talaj keverési aránya százalékban;

K_k ua. a kötött talajnál.

Példa. Határozzuk meg számítással a keverék plasztikus indexét arra a két talajra vonatkozóan, amelynek keverési arányát a 2.85-3. ábrán már meghatároztuk.

$$\begin{array}{llll} K_{sz} = 80\% & P_{1sz} = 0 & \text{szemcsés talajnál} & S_{0,4} = 16\% \quad S_{sz} = 0,16 \\ K_k = 20\% & P_{1k} = 8 & \text{kötött talajnál} & S_{0,4} = 49\% \quad S_k = 0,49 \end{array}$$

$$P_{1e} = 0 + \frac{0,49 \cdot 20}{0,16 \cdot 80 + 0,49 \cdot 20} (8 - 0) = \frac{9,80 \cdot 8}{12,80 + 9,80} = 3,5\%$$

Ha viszont először a keverék elérni kívánt plasztikus indexét vennénk fel $P_{1e} = 3,5\%$ -ban, akkor a második képlet segítségével meghatározhatjuk az ehhez szükséges keverési arányt:

$$K_{sz} = \frac{0,49 \cdot 20 \cdot (8,0 - 3,5)}{0,16(3,5 - 0)} = \frac{4,40}{0,56} = 79\%$$

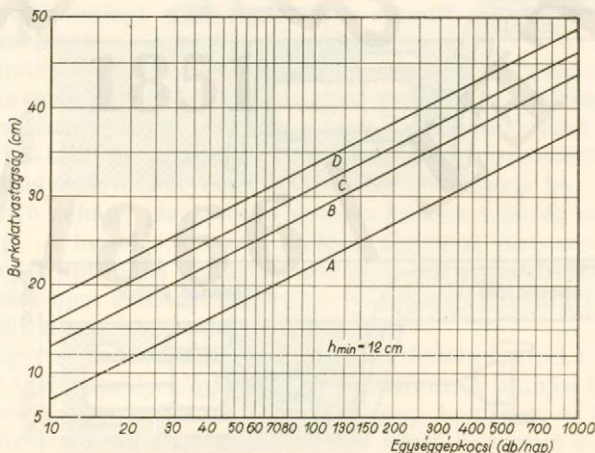
Természetesen $K_{sz} + K_k = 100\%$, tehát a kötött rész keverési arányát nem kell külön meghatározni.

Ha nem lehet egyidejűleg kielégíteni a szemeloszlási és plasztikussági követelményt, akkor az adott két talajból nem készíthető mechanikai stabilizáció.

6. Ha a szemeloszlási és kötöttségi követelmények kielégítése megtörtént, akkor meghatározzuk a keverék maximális száraz térfogatsúlyát (γ_{0max}) és optimális víztartalmát (w_{opt}) normál Proctor-eljárással.

7. A következő lépés a méretezés, amely valamelyik burkolatméretezési eljárással történik. Az egy rétegben készülő mechanikai stabilizáció vastagságát a 2.85-5. ábráról olvashatjuk le. Kívánatos betartani azt a szabályt is, hogy a legnagyobb szemcseátmérő ne legyen nagyobb a rétegvastagság $\frac{2}{3}$ -ánál.

8. Építési technológia megállapítása, mellyel részleteiben az alábbiakban foglalkozunk.



2.85-5. ábra. Mechanikai stabilizáció vastagsága száraz talajon

9. Költségvetés elkészítése.

A tervezés során nagy figyelmet kell fordítani a munka megszervezésére. Különösen áll ez az anyagmozgatásokra. Az anyagmozgatásnál is lehetőleg minden munkát gépesíteni kell. Előnyös a szállítószalagok és rakodóbunker alkalmazása és a kézrakodás teljes kiküszöbölése. Lehetőség szerint gondoskodni kell olyan párhuzamos munkahelyről, ahol útépitésre alkalmatlan időjárás esetén a munkásokat és gépeket foglalkoztatni tudjuk.

b) A mechanikai stabilizáció építése

A mechanikai stabilizáció építése a körülményektől függően változó lehet. A következőkben ismertetendő építési technológia azonban elegendő útmutatást ad más esetekre vonatkozóan is.

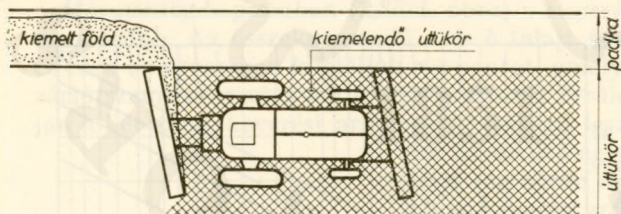
A pályaszerkezet építése mindig a földmunka befejezése után kezdődik. Ez azt jelenti, hogy az árkok tiszták, a vízelvezetés biztosítva van, a kereszt-szelvény szabályos, a felületek simák és az előírásoknak megfelelően hajlanak. A mechanikai stabilizáció építése több lépésben történik.

1. Tükörkiemelés. Gréderrel vagy traktorra szerelt késsel emeljük ki az ún. tükröt. A tükörkiemelés a pályaszerkezet szélességétől függően egy vagy két fogásban történik (2.85-6. ábra).

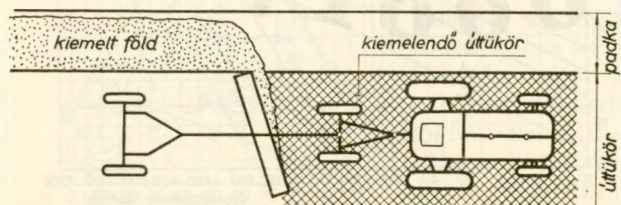
A megfelelően beállított kés után sima és kívánt hajlású felület marad, amíg a kiemelt föld ún. szalagprizmában a padkára kerül. A munkagépnek legfeljebb kétszer vagy háromszor kell végighaladnia a munkába vett szakaszon, ha az első menet után a tükör még hullámos marad.

A tükörvágást, különösen erősen kötött talajoknál, akkor kell végrehajtani, amikor a föld már nem ragad, de még nem nagyon kemény. A teljesen kiszáradt talajban vagy nem lehet vontatott gréderrel dolgozni, vagy igen nagy az energiafelhasználás.

2. Padkaszivárgók készítése. A tükör kiemelése után lefolyástalan terület keletkezik, melynek víztelenítéséről haladéktalanul gondoskodni kell. Erre a célra az egyébként is szükséges padkaszivárgókat használjuk fel. Kiemeljük a padkaszivárgók árkat. Az árok mélysége 3–5 cm-rel haladja meg a pályaszerkezet mélységét. A padkaszivárgó folytatásaként a tükörbe 3–5 cm

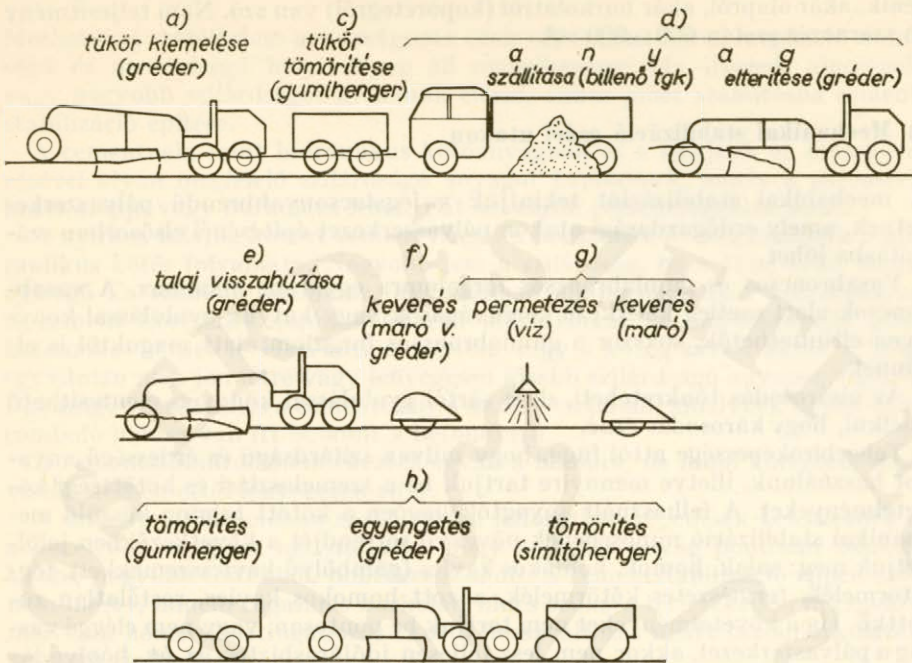


mély barázdát húzunk, amely megkönnyíti a víz levezetését. A padkaszivárgót Z 40–65 vagy Z 65–100 jelű zúzottkővel vagy hasonló méretű kőanyaggal töltjük ki, és földdel terítjük le (2.8-2. ábra).



3. Tükör tömörítése a már ismertetett juhlábhengerral és gumihengerral vagy csak az utóbbival történik. Teljesen sima felületet azonban csak akkor kapunk, ha a munkát simítóhenger fejezi be. A tükör tömörítése főként ott nem hagyható el, ahol a földmunkát nem tömő-

2.85-6. ábra. Tükör kiemelése vontatott gréderrel vagy traktorra szerelt késsel



2.85-7. ábra. Mechanikai stabilizáció építési technológiája

ritették megfelelően. A tömörségi fok érje el a 95%-ot a normál Proctor-eljárás alapján számítva.

4. Anyagszállítás. A keveréshez használt anyagot ezután közvetlenül a tükörbe szállítjuk. Meggyorsítja a munkát, ha billenőszekrényes pótkocsikat vagy gépkocsikat használunk, az eltérítést pedig nem kézzel, hanem gréderrel vagy tolémelezzel felszerelt traktorral végezzük. Az eltérítést a keverési aránynak megfelelő vastagságban végezzük, a fellazulás figyelembevételével.

5. Talaj ráterítés. A padkán levő szalagprizmából annyi földet húzunk gréderrel az elterített anyagra, amennyi a keverési arány szerint szükséges. A munka – kisebb terjedelme miatt – kézzel is végezhető.

6. Keverés. A két talajréteg összekeverése talajmaróval, rotációs kapával vagy gréderrel történik. Keverés közben a ráhúzott talaj szemcséi megfelelően aprózódnak is, ami a jó keverés alapfeltétele. A tükör kiemelésekor már kisebb-nagyobb rögökbe esik szét a talaj és az aprózódás folytatódik a visszahúzáskor is, de a kívánatos porítás csak a keveréssel egyidejűleg következik be.

7. Nedvesítés. A talajmaró néhány járata után keverés közben szükség esetén locsolni is kell a talajt. A locsolás két célt szolgál. Egyrészt biztosítani kell a tömörítéshez szükséges optimális víztartalmat, másrészt a kötött talaj túlságosan kiszáradt és ezért igen kemény darabjai a nedvesség hatására felpuhulnak, így lehetővé válik a megfelelő porítás és keverés.

8. A tömörítés gumihengerrel és simahengerrel, esetleg vibróhengerrel történik. A maximális száraz térfogatsúly 95–100%-át kell elérni. A munka befejezésekor sima és előírással hajlású a felület. Kívánjuk meg, hogy 4 m-es lécsalatt legfeljebb 1 db, maximum 1 cm mély hullám lehet. Ezért hengerlés közben szükség esetén néhány grédermenettel vagy kézi munkával egyengetni kell a felületet.

A mechanikai stabilizáció előbbiekben vázolt építési technológiáját a 2.85-7. ábra szemlélteti. A mechanikai stabilizáció építése lényegileg ugyanígy történik, akár alapról, akár burkolatról (kopórétégről) van szó. Napi teljesítmény jó szervezés esetén 600 – 900 m².

e) Mechanikai stabilizáció erdei utakon

A mechanikai stabilizációt tekintjük a legalacsonyabbrendű pályaszerkezetnek, amely erdőgazdasági utakon pályaszerkezet építésénél elsősorban számításba jöhet.

Vasabroncsos és gumiabroncsos forgalomra egyaránt alkalmas. A vasabroncsok alatt esetleg keletkező kerékvágások vagy kátyúk gyalulással könnyen eltüntethetők, sokszor a gumiabroncsos forgalom alatt maguktól is eltűnnek.

Az elsárosodás tönkretelheti, de a sártól gyalulással könnyen mentesíthető anélkül, hogy károsodás érné.

Teherbíróképesége attól függ, hogy milyen szilárdságú és érdességű anyagot használunk, illetve mennyire tartjuk be a szemeloszlási és kötöttségi követelményeket. A felhasznált anyagtól függően a kötött talajon készülő mechanikai stabilizáció minőségének növekvő sorrendjét a következőkben jelölhetjük meg: salak, homok, homokos kavics (gömbölyű kavicszemekkel), téglatörmelék, természetes kötöttemelék, zúzott homokos kavics, rostátatlan zúzottkő. Ha a követelményeket nem tartjuk be pontosan, vagy nem eléggé vastag a pályaszerkezet, akkor nem lesz teljesen időjárásbiztos az út, hóolvadás vagy nagyobb eső esetén rövid kíméletre szorul.

Erdei utakon, hazánk természeti adottságai között, közephegységekben a mechanikai stabilizáció készülhet természetes kötöttemelékből, a kőbányák egyes szemeloszlású hulladékából, kőszegény vidékeken osztályozatlan homokos kavicsból vagy homokból. Az utóbbi kettőből készült mechanikai stabilizáció természetesen kevésbé teherbíró. Különösen áll ez a gömbölyű szemeket tartalmazó kavicsra. Ilyen esetben célszerűbb, ha az anyag egy részét kötöttről megtörjük, mert ezzel az anyag első súrlódását és így a mechanikai stabilizáció teherbírását is jelentősen növelhetjük. Azért is szükséges az anyag egy részének megtörése, mert a homokos kavicsok max. szemnagysága erősen változó, és sokszor nagy mennyiségben fordulnak elő az olyan méretű szemek is, amelyek már nem kívánatosak a pályaszerkezetben.

Számításba jöhet a mechanikai stabilizáció a lekopott makadámurkolatok felújításánál is, amikor a makadámurkolathól megmaradt anyagot használjuk fel stabilizáció készítésére.

Igen előnyös tulajdonsága, hogy tisztán gumiabroncsos forgalom alatt regenerálódik. A gumiabroncs szívóhatását a mechanikai stabilizáció jobban bírja a makadámnál, mert megfelelő mennyiségű kötött részt is tartalmaz. Ha pedig felületi bevonással látjuk el, akkor gépkocsiközlekedésre kiválóan alkalmas pályát kapunk. Ebben az esetben azonban célszerű kizárni vagy erősen korlátozni a vasabroncsos forgalmat, mert a gyengébb minőségű anyagból készülő mechanikai stabilizáció könnyen feltörik, hacsak nem zúzottkőből vagy makadám bontási anyagából készült.

A mechanikai stabilizáció a helyi anyagok felhasználásának módszere. Ezért igen nagy figyelmet kell fordítani erre az eljárásra, mert különösen a kisforgalmú III. o. erdei utakon olcsó pályaszerkezet építésére ad lehetőséget.

2.852 Cementstabilizáció

Mechanikai stabilizáció gazdaságosan csak ott építhető, ahol megfelelő minőségű és mennyiségű helyi anyag áll rendelkezésre. Ha ilyenek nincsenek, vagy nagyobb szilárdságot kívánunk elérni, akkor jöhet számításba cementstabilizáció építése.

A cementnek, mint hidraulikus kötőanyagnak és a talajnak az összekeverésével olyan megfelelő szilárdságú anyagot kaphatunk, amely a pályaszerkezet alapja vagy burkolata lehet. Ezt nevezzük cementstabilizációnak.

A nyirkos talajba kevert cement reagál a porúsvízre és megkezdődik a hidraulikus kötés folyamata. Nagyobb lesz a szilárdság, ha a talaj kellő mennyiségű Ca ionokat tartalmaz, akár szabad állapotban, akár adszorbeálva. A cement kötésének során keletkező hidroszilikát és hidroaluminát gélek kationokat kötnek le. Ha a kation nátrium vagy a közeg savas, akkor a kötés egyáltalán nem jön létre vagy lényegesen kisebb szilárdságú anyagot kapunk. Ugyanígy veszedelmes a cementtalajra az SO_3 -tartalom, amelynek ugyanolyan romboló hatása van itt is, mint a betonoknál.

A cementstabilizáció emlékeztet ugyan a betonra, de mind kötésben, mind viselkedésben ettől lényegesen eltér.

A cementstabilizációban szabálytalan hálózatban repedések keletkeznek és a közelebbi vizsgálat azt mutatja, hogy az egész anyag pontosan összeálló kisebb-nagyobb testekből, poliéderekből áll. A cementstabilizáció éppen ezért nem merev, hanem rugalmas burkolat, nincs szükség terjeszkedési hézagokra, melyek a hőmérsékletingadozás okozta hosszváltozás miatt betonburkolatoknál nem mellőzhetők.

Kezdetben azt kívánták, hogy a betonhoz hasonlóan teljesen repedésmentes legyen. A repedések azonban csak abból a szempontból károsak, hogy a víz behatol a burkolat alá. Ha felületét valamilyen aszfaltburkolattal, vagy egyszerű felületi bevonással vízzáróvá tesszük, akkor a repedések nem károsak, mert az összerepedezett burkolat még mindig olyan tulajdonságú, mint a legjobban kiékeltek makadám.

Hátrányos tulajdonsága a cementstabilizációnak, hogy hajlamos a fagykárra. Kezdetben a megfelelő cementtartalomban látták a jó védekezést. Ma inkább a pontosan betartott optimális víztartalmat és a maximális tömörséget tartják fontosnak.

Cementstabilizáció alkalmazását kizárják a következő körülmények:

1. A talaj nem porítható, tehát a plasztikus index az alkalmazott géptől függően $P_1 \cong 13-18\%$. A felső határt minden esetben a talajmaróknak teljesítőképessége dönti el. Ha a talaj nem porítható, akkor nem keverhető össze a cementtel, tehát a megfelelő minőségű cementstabilizáció alapfeltétele eleve hiányzik. Ismeretes, hogy akkor tekintjük a talajt poríthatónak, ha az 5 mm-nél kisebb átmérőjű frakcióból legfeljebb 20% marad fenn az 5 mm-es szitán.

2. A talaj savanyú kémhatása bizonyos határt meghalad: $p_H < 5$.

3. Szulfátokra és szulfitekre vonatkozóan, ha az SO_3 -tartalom $> 0,2$ súly%.

4. Szemeloszlásra vonatkozóan, ha az $S_{0,01}[\%] > 35\%$, vagyis a 0,01 mm átmérőhöz tartozó súlyszázalék nagyobb 35%-nál.

5. A humusztartalom növekedése is leronthatja a cement kötését, bár mész-adagolással ezt ellensúlyozhatjuk. Az elérhető szilárdságra, az esetleges mész-adagolás szükségességére és mértékére csak laboratóriumi vizsgálat adhat biztos választ.

Minden más esetben sor kerülhet cementstabilizáció építésére.

Ha a talajt kötöttsége miatt a rendelkezésünkre álló eszközökkel nem tudjuk porítani, akkor a talaj poríthatóságát mészadagolással növelhetjük, ahogy erről majd a mészstabilizációval kapcsolatban bővebben lesz szó. A talaj Ca-

tartalmának növekedése ugyanakkor nagyobb szilárdság elérését is lehetővé teszi.

Néha gazdaságos lehet az építési hely közeléből származó helyi anyag tükörbe szállítása és annak stabilizálása is, ha az alépitmény anyaga nem megfelelő.

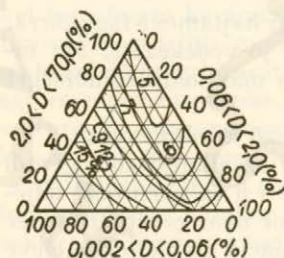
A cementadagolás mértéke attól függ, hogy milyen szilárdságot kívánunk elérni.

Nagyobb szilárdság eléréséhez növelni kell a cementadagolást, ami az építési költségeket emeli. Jelentősebb vasabroncsos forgalom esetén kívánjuk meg, hogy a cementstabilizációból készített 7 cm élhosszúságú kocka törőszilárdsága 7 napos korban érje el a 30 kp/cm²-t, ha a pályaszerkezetben a cementstabilizációra kopóréteg is kerül. Enélkül 60 kp/cm² törőszilárdságot kell biztosítani. Ha az úton csak gumiabroncsos és könnyű vasabroncsos forgalom van, akkor 7 napos korban 17,5 kp/cm² törőszilárdság is elegendő.

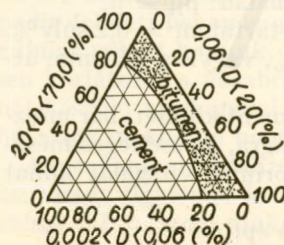
A pontos és ellenőrzött cementadagolást az ismertetett szempontok figyelembevételével laboratóriumi kísérlettel lehet megállapítani. Az adagolás mértéke 3–15 súlyszázalék között mozog. Tájékozádsul szolgálhat a 2.85-IV. táblázat.

2.85-IV. táblázat. Tájékoztató adatok a cementstabilizáció cementadagolásához

DORNI talajosztály	Cementadagolás súly [%]
A	5–6
B	6–9
C	12–15
D	9–12



2.85-8. ábra. A cementstabilizáció cementadagolása



2.85-9. ábra. Cement- és bitumenstabilizáció alkalmazási területe

Ugyancsak jó tájékozádsul adhat a 2.85-8. ábra, a 2.85-9. ábra pedig elhatárolja a cement és bitumenstabilizáció alkalmazásának területét.

A szemeloszlástól függően különböző cementeket használhatunk, általában azonban a 500-as és 600-as cementtel érjük el a legjobb eredményt.

Szemcsés talajoknál a kavics- és homokszemcsék között akkora hézagok lehetnek, hogy csak igen sok cementtel lehetne kitölteni ezeket a hézagokat. Ez az eljárást drágává és bizonytalaná teszi. Ilyenkor ún. heterogén cementeket (pl. 300-as) alkalmazhatunk. A közönségesen előforduló homokos kavicsok és finom homokok azonban legtöbbször olyan szemeloszlásúak, hogy cementtel jól stabilizálhatók.

A cementadagolás meghatározását szolgáló laboratóriumi vizsgálatok során különböző körülmények között mérik az egyirányú törőszilárdságot: szárazon, azután szárítási és fagyasztási-áztatási periódusok után. Így tájékoztatást kapunk az anyag átázással és fagyással szembeni érzékenységéről. A koptatási kísérletek a tartósságra adnak felvilágosítást. Az idevonatkozó laboratóriumi vizsgálatokat sok országban szabványosították.

Különös gondot kell fordítani az optimális víztartalom biztosítására és a maximális száraz térfogatsúlyig való tömörítésre. Az előbbi nemcsak a jó tömörítéshez, hanem a cement kötéséhez is elengedhetetlen. Az utóbbi a jó teherbírásnak és fagyállóságnak előfeltétele.

A cementstabilizáció Proctor-görbéje nem azonos a kezeletlen talajéval, azért a cementstabilizáció anyagára külön meg kell határozni a maximális száraz térfogatsúlyt és az optimális víztartalmat.

A cementstabilizáció utókezelést igényel, mert legalább egy hétig nem csökkenhet a cementsta-

bilizáció kötésének biztosítása érdekében az építéskor pontosan beállított víztartalom. Ezt a célt több módon érhetjük el.

Legegyszerűbb, ha nedves és laza talajjal borítjuk a stabilizációt, melyet egy hét múlva eltávolíthatunk.

Adhatunk $0,7-0,8 \text{ kp/m}^2$ adagolású hígított bitumen vagy bitumenemulzió itatást, mely a stabilizáció felső részébe beivódva egyrészt megakadályozza az építési víztartalom csökkenését, másrészt vízzáróvá teszi.

Tökéletesebb megoldás, ha azonnal felületi bevonást készítünk, amely kopórétegül is szolgál és a karbantartást megkönnyíti. A cementstabilizáció felülete azonban építés után nyirkos, ezért csak hígított bitument alkalmazhatunk. Az útbítmennel készített felületi bevonás nem tapad hozzá a nyirkos felülethez. Műanyagfóliákat is alkalmazhatunk a cementstabilizáció lefedéséhez. Az egyes fóliákat megfelelő fedéssel kell csatlakoztatni, és a csatlakozásokat, valamint a padkára nyúló szélüket rászórt földcsikkal lehet leszorítani.

Ha a cementstabilizációra nem felületi bevonás vagy kevert aszfalt kerül, hanem zúzottkőréteg – pl. itatott makadám esetében –, akkor az építés után azonnal ráterítjük a zúzottkőréteget, egy-két hengerjáratral lesimítjük és utánzószel gondoskodunk arról, hogy a stabilizáció egy hétig ne száradjon ki. Ilyenkor félig vagy harmadáig töltjük csak meg a locsolókocsit, hogy a nagy terhelés ne zavarja meg túlságosan a kötés folyamatát.

a) Cementstabilizáció tervezése

1. A tervezés első lépése az ismert módon végrehajtott talajfeltárás és laboratóriumi vizsgálat, mely választ ad arra, hogy nem forog-e fenn cementstabilizációt kizáró ok.

2. A talajviszonyok ismeretében meghatározhatjuk a cementadagolást és kijelölhetjük azokat a szakaszokat, ahol azonos adagolásra van szükség. A leggazdaságosabb cementadagolás csak laboratóriumi vizsgálattal állapítható meg, de némi gyakorlattal a 2.85-IV. táblázat és a 2.85-8. ábra is használható.

3. Gondos vizsgálat tárgyává kell tenni, hogy az építkezéshez szükséges teljes cementmennyiséget tudjuk-e raktározni a munkahely közelében. A cement – még rövid időre is – csak teljesen száraz helyen tárolható. Meg kell vizsgálni azt is, hogy milyen szállítási kapacitás kell az egy napi építési feladathoz szükséges cementmennyiség kiszállításához. A cementet ugyanis, a bármikor bekövetkező futó záporokra és harmatra való tekintettel, nem szállíthatjuk ki előre. Nagyon előnyös, ha a reggeli órákban több olyan szállítóeszközt alkalmazunk a cement kiszállításához, melyek később más munkákon dolgoznak. Ha a megfelelő szállítási kapacitást nem tudjuk biztosítani, akkor a célszerű építési hossz (150–300 m) egy nap alatt nem tudjuk befejezni az építést a cementszállítás elhúzódása miatt. Ilyen körülmények között cementstabilizáció építése nem jöhet szóba.

4. A cementstabilizáció vastagságát valamelyik módszerrel méretezzük, de figyelembe kell venni, hogy a jelenleg rendelkezésünkre álló keverőgépekkel csak olyan vastag réteget tudunk keverni, amely betömörítve 15 cm vastag lesz.

5. Végül elkészítjük a költségvetést és a pontos szervezési tervet, mely utóbbi a 3. alatt ismertetett okok miatt cementstabilizációnál különösen fontos.

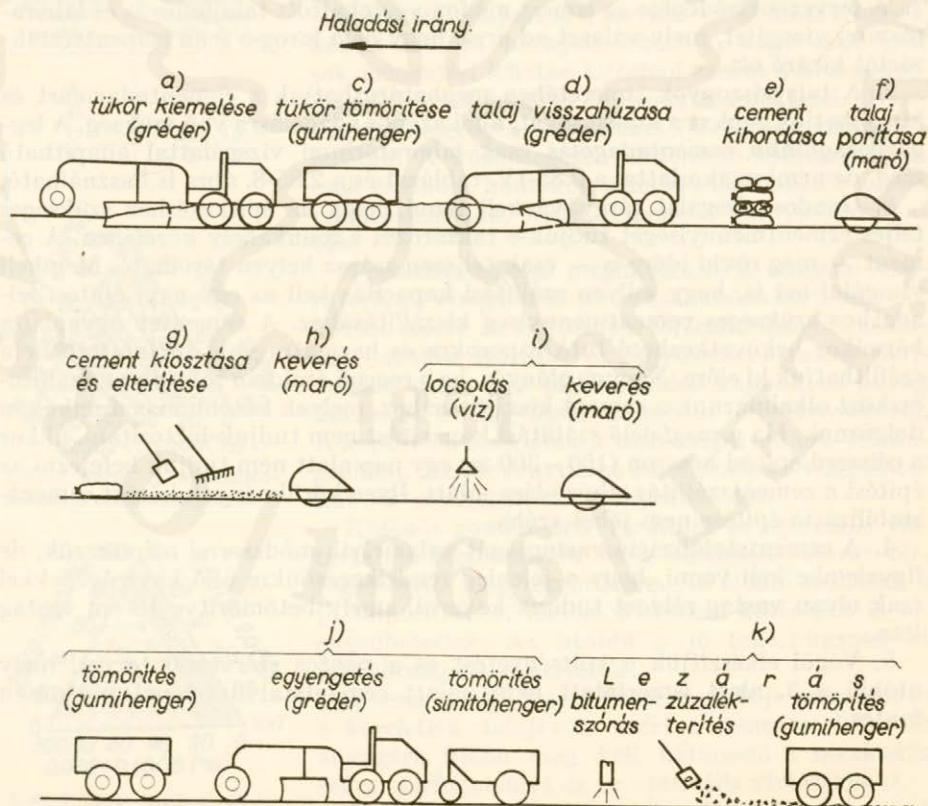
b) Cementstabilizáció építése

A cementstabilizáció építését is csak akkor kezdhetjük meg, ha a földmunka befejeződött és a már ismertetett állapotban van.

Az építés menete különböző lehet aszerint, hogy az alépítmény anyagát vagy idegenből szállított anyagot stabilizálunk. Az előbbi eset gyakoribb és gazdaságosabb, azért ennek az építési technológiáját ismertetem (2.85-10. ábra), amelytől az általános elvek ismeretében természetesen el is lehet térni. Az egyes ütemek részleteire vonatkozólag utalok a mechanikai stabilizációra.

1. Tükörkiemelés.
2. Padkaszivargó elkészítése.
3. Tükör tömörítése.
4. Talaj visszahúzása a padkáról gréderrel.
5. A cement kihordása és elhelyezése a padkán.
6. Talaj porítása rotációs kapával vagy talajmaróval az előírt mértékig.
7. Cementzsákok kiosztása az adagolás mértéke szerint, felszakítása és a cement elterítése.
8. A talaj és a cement összekeverése talajmaróval, vagy rotációs kapával.
9. Keverés közben locsolás az optimális víztartalom eléréseig.
10. Tömörítés gumihengerrel, majd simítóhengerrel, közben egyengetés.
11. Lezárás vagy földborítás (utókezelés).

A cementzsákokat először a padkán vagy az árokban halmozzuk fel, de már akkor olyan elosztásban, hogy kb. megfeleljen a folyóméterenkénti ada-



golásnak. A talaj porítása után pedig, amikor a pálya felületén osztjuk el a zsákokat, beosztott lécs vagy csomózott zsinór mellett végezzük ezt a műveletet.

A cement elterítése kézi szerszámokkal történik, de műtrágyaszóró gépekkel gépesíthető is.

A cement elterítését lehetőleg azonnal kövessék a soronlevő technológiai ütemek, mert a nyirkos talajjal érintkező cement gyorsan elveszíti kötőképességét.

A jó kötés – tehát nagyobb szilárdság, nagyobb tömörség és jobb fagyállóság – érdekében minél pontosabban kell beállítani az optimális víztartalmat. Ezért célszerű, ha munkahelyi laboratóriumot állítunk fel és gyakran ellenőrizzük a víztartalmat.

Egyhetes utókezelés után az út a forgalomnak átadható. Ezzel a technológiával, jó szervezés esetén, az ismertetett kapacitással napi 600–800 m² cementstabilizáció építhető.

A cementstabilizációt keverőtelepen betonkeverőben is előállíthatjuk, amikor a megfelelő víztartalmú kész keveréket szállítjuk a tükörbe. Ez a megoldás csak akkor jöhet szóba, ha tükörbe szállított anyag mellett döntünk, ezért erdei utakon csak ritkán lehet gazdaságos. Nagyon jó szervezést kíván.

e) Cementstabilizáció erdei utakon

A cementstabilizációnak különös jelentősége van olyan területeken, ahol útépitésre alkalmas anyag, illetve vasútállomás csak nagy távolságra van. Ezek a helyeken a leggazdaságosabb útépitési mód. Ilyenek pl. a nagy kiterjedésű lösz és homokterületek, az előbbieknél azonban csak akkor, ha poríthatók (bár a poríthatóság könnyen javítható). A cementstabilizáció vasabroncsos forgalom alatti viselkedésével kapcsolatban nem sok tapasztalatunk van, mert a közúti építésben inkább csak alapnak használják. Két cementtel stabilizált úton szerzett hazai tapasztalataink azt mutatják, hogy megfelelő cementadagolás esetén a vasabroncsos forgalmat közvetlenül is bírja, így a vegyes forgalmú erdei utakon is alkalmazható. Ilyenkor azonban a cementadagolást növelni kell, ami a költségeket emeli, ezért helyesebb a vasabroncsos forgalom kizárása.

A gumibroncsos forgalomnak bevonás nélkül is megfelel, a szívóhatásnak ellenáll. Mivel azonban a gazdaságos cementadagolással készített stabilizáció mindig repedezik, azért csak felületi bevonással vagy valamilyen aszfaltburkolattal (szőnyeg, itatott makadám stb.) készülhet.

Mindenesetre cementstabilizációt csak ott szabad építeni, ahol fegyelmezett munkásgárda áll rendelkezésünkre, és a munka irányítói magasszínvonalú és rugalmas szervezésre képesek. Ennél az eljárásnál nagyon fontos az építési technológia pontos betartása, és ez az eljárás dolgozik a legkényesebb anyaggal is. Ha azonban a helyi körülmények megfelelőek, tehát kizáró okok nincsenek, megfelelő cementtároló helyünk is van, a munkásgárda és az irányító személyzet megfelelő, végül rendelkezésünkre áll a szükséges szállítási kapacitás is, akkor ez az építési mód a leggazdaságosabb megoldást adja.

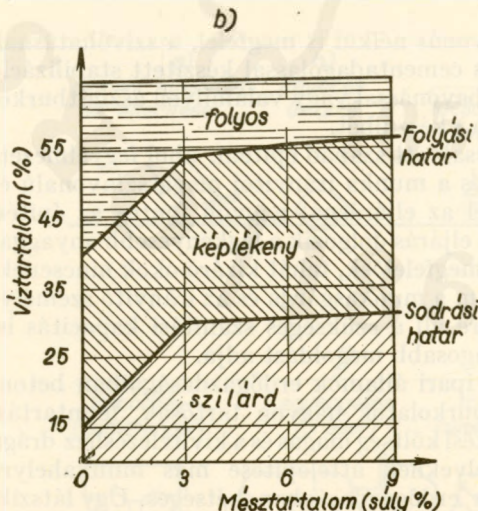
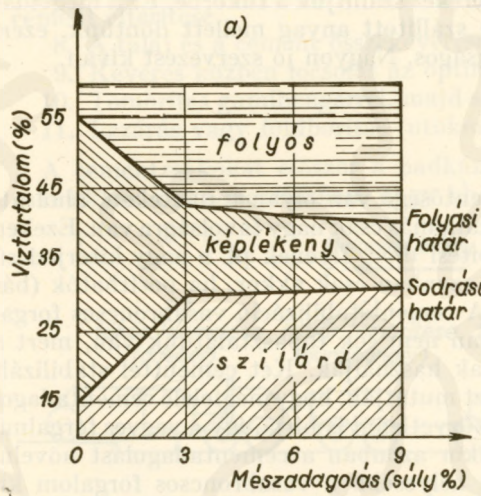
Itt említem meg, hogy fejlettebb ipari államok erdőgazdaságaiban betonburkolatokat is építenek. A betonburkolatok nagyon tartósak, fenntartási költségük a legalacsonyabb, de az építési költség magas és a kivitelezéshez drága gépeket (finisher) igényelnek, amelyeknek áttelepítése más munkahelyre költséges és lassú, kihasználásuk az erdőgazdaságban kétséges. Úgy látszik, hogy hazai viszonyaink között a közeljövőben nem fog sor kerülni betonburkolatok tömeges építésére. Helyettük célszerűbb cementstabilizációt építeni,

melynek kivitelezése és a kivitelezéshez szükséges felszerelés egyszerűbb, maga a szerkezet kevésbé kényes (pl. megfelelő szemeloszlású helyszíni kötőrmelék-ből gréderral végzett keveréssel nagy szilárdságú cementstabilizációt készíthetünk). Ez sem lesz azonban repedésmentes, azért aszfalttal (felületi bevonással, aszfalt zúzalékszőnyeggel) kell lezárni. Ezért nem foglalkozunk a betonburkolatok építésével.

2.853 Mészstabilizáció

A meszet már régen alkalmazták útépitési célokra. A rómaiak híres útjainak építésénél is használták, így a Via Appia 5 rétegű pályaszerkezetéből három réteg mésszel keverve készült. Ez a módszer feledésbe merült és újabban csak 1920 után került sor először a mész útépitési alkalmazására, de tömegesen csak a második világháború után építettek mészstabilizációt.

A mészstabilizáció talaj és mész keveréke, melyet optimális víztartalommal



tömörítünk. A mész hatása a talaj minősége szerint különböző lehet, de használható mértékben csak a kötött talajokra hat. Az ionkicserélés eredményeként a talajszemcsék koagulálnak és a kisebb szemcsékből rögök keletkeznek, melyek víz hatására sem esnek szét. A fizikai jellemzőkkel mérhető változás kétféle lehet.

1. Emelkedik a plasztikus határ és nem változik vagy csökken a folyási határ, tehát a plasztikus index esik, amikor a kötött talaj úgy kezd viselkedni, mintha szemcsés volna. Vízzel szemben érzéketlenné válik.

2. Mind a plasztikus, mind a folyási határ emelkedik, tehát a plasztikus index végeredményben változatlan marad. A talaj mégis sokkal érzéketlenebb vízzel szemben, mert csak magasabb víztartalomnál puhul fel, ezért még nagyobb víztartalomnál is tömöríthető és porítható.

Az őrölt égetett meszpor szárítja is a talajt, mert a mész a talaj víztartalmának hatására megoltódik, miközben elméletileg 1 kp mész 320 cm³ vizet köt le, de ezenkívül minden kp mész oltódásánál 140 kalória hő is felszabadul. Ez azt jelenti, hogy 3 súlyszázalék mész kb. 1% vizet köt le. Ennél azonban gyakorlatilag nagyobb a víztartalom csökkenése, mert a keletkező hő, valamint a bekeverésnél

létrejövő szellőzés is száríthatja a talajt. Ezek a jelenségek, párosulva a mészkolloidkémiai hatásával, igen alkalmassá teszik a meszet arra, hogy segítségével a sokszor járhatatlanságig felpuhult alépitményt járhatóvá tegyék, építésre alkalmas állapotba hozzuk, illetve vízre érzéketlen teherbíró réteget építsünk.

Ezen jelenségek és változások elsősorban agyagtalajokban figyelhetők meg. Iszaptalajoknál igazán kedvező eredményt azonban csak akkor érünk el, ha az iszap elegendő agyagásványt (illitet, montmorillonitot stb.) tartalmaz. Az agyagásvány nem tévesztendő össze az agyagfrakcióval.

Jelentős szilárdságnövekedés következik be, ha a mész mellett hidraulikus kötőanyagok is vannak jelen. Ilyenek eredetileg is előfordulhatnak a talajban, mint pl. az aktív kovavag vagy trassz, illetve egyes agyagásványok, de adagolhatjuk is őket. Felhasználható a trassz, az őrlött granulált kohósalak, a pernye stb.

Mészstabilizációra elsősorban olyan kötött talajoknál kerül sor, melyeknek plasztikus indexe nagyobb 15, esetleg 12%-nál. Ilyenkor, ha $P_1 > 20\%$, akkor mészhidrátot (oltott meszet), 20% alatt pedig őrlött égetett meszet alkalmazunk. Szemcsés talajoknál és kevésbé kötött talajoknál ($P_1 < 15\%$) az ún. hidraulikus mész alkalmazásával végezhetjük el a stabilizációt.

Az őrlött égetett mész előnye, hogy az oltódás során hő keletkezik, tehát nemcsak vegyileg von el vizet a talajból, hanem a hőhatással és a keveréssel együttjáró szellőzéssel is. Elsősorban nedves, puha talajokra való. A porráoltott mész (mészhidrát) ugyanazt a hatást fejti ki, de nem szárít, tehát olyan talajokon célszerű felhasználni, melyeknek természetes víztartalma nem tér el nagyon az optimálistól.

Bármelyik mészfajtát alkalmazzuk is, fontos, hogy finomra őrlött legyen. Ha ugyanis nagyobb szemcsék vannak, akkor ezek esetleg csak a tömörítés után oltódnak, miközben a felszínen szétnyíló „rózsásodó” foltokat okoznak. Ha pedig mészhidrátot alkalmazunk, akkor a nagyobb darabba összeállt anyag Ca-tartalmát nem tudjuk hasznosítani. Ezen okok miatt a gyorsabban oltódó, ill. oldódó mészfajták előnyösebbek.

Ugyancsak fontos az őrlési finomság a hatásfokozó hidraulikus kötőanyagoknál, mert felületkémiai folyamatok játszódnak le, s ezért hatásukat csak finomszemcsés alakban fejthetik ki.

Különösen előnyös a mészstabilizáció az olyan kavics talajoknál, amelyeknek kötött része akár szemeloszlás tekintetében, akár kötöttség tekintetében nem elégíti ki a mechanikai stabilizáció követelményeit. Ilyenkor a kötöttségnek megfelelő formában adagolt mésszel igen jó eredményt érhetünk el.

Nem alkalmas a mész a tőzeg és más organikus anyagok stabilizálására.

A mésszükséglet megállapítására még nincsenek olyan kialakult módszerek, mint a már megismert stabilizációknál. A mésszadagolás nagysága mindig a talaj tulajdonságaitól és az igénybevétel nagyságától függ, és általában 1–6% között mozog. A talaj száraz súlyára vonatkoztatva. Alapelvül szolgálhat, hogy ha a talaj 50%-ánál kevesebb hullik át a 0,4 mm szitán ($S_{0,4} [\%] < 50\%$), akkor kb. 3% mész adagolása elegendő. Kötőrmelék vagy zúzalék adagolása, egyszóval a szemeloszlás javítása növeli a mészstabilizáció eredményességét.

Általában ritkán lehet szükség 6%-nál több mész adagolására. Ha a mész szilárdító hatásáról már meggyőződöttünk, akkor 1–2% mész megtakarítása érdekében nem szükséges időtrabló kísérleteket végezni, mert a mészstabilizáció olyan olcsó, hogy még a 20%-os egységárnövekedés is csak alig növeli az építési költségeket (pl. 15 cm vastag mészstabilizáció egységára 10 Ft/m² körül mozog és a mésszadagolás 3%-os növekedése kb. 2,50 Ft/m²-rel növeli a költségeket).

a) Mészstabilizáció tervezése

A tervezési munka a talajfeltárással kezdődik.

A talajvizsgálati adatokból megállapíthatjuk, hogy van-e lehetőség mészstabilizációra, ha igen, milyen mészféleséget kell alkalmazni, szükség van-e ezenkívül még hidraulikus adalék hozzáadására is. Ezután különböző mészadagolással mintákat készítünk és megfigyeljük, hogy milyen mészadagolásnál érjük el a legkiválóbb eredményeket. Meghatározzuk a mészstabilizáció optimális víztartalmát és a maximális száraz térfogatsúlyt is.

Burkolatvastagság megállapítására még nem állnak rendelkezésünkre méretezési görbék, tekintettel arra, hogy a mészstabilizáció szilárdsági viszonyaira vonatkozóan még nem rendelkezünk elegendő adattal. Leghelyesebb, ha olyan burkolatvastagságot alkalmazunk, amilyenre mechanikai stabilizáció alkalmazásánál lenne szükség.

b) Mészstabilizáció építése

A mészstabilizáció építésének menete teljesen azonos a cementstabilizációéval, azzal a különbséggel, hogy cement helyett őrölt égetett meszet alkalmazunk. Ha nem mészpor, hanem más mészféleség a kötőanyag, a stabilizálás folyamata lényegileg akkor sem változik. Az oltott meszet vízben oldva a locsolóvízzel együtt is a talajra juttathatjuk.

Itt is különös gondot kell fordítani a mész egyenletes elkeverésére, melyet a talaj egyöntetű színeződéséből ítélhetünk meg. A tömörítést könnyű hengerrel kezdjük és nehezebbel fejezzük be. A mészstabilizációt nem szükséges azonnal tömöríteni, néhány napig állhat is, feltétlenül meg kell azonban akadályozni a talaj teljes kiszáradását, vagy a mész kimosódását, ezért eső közeledtekor a tömörítést gyorsan el kell végezni. Kisebb esők – hazai tapasztalatok szerint – nem okoznak kárt, mert a tükörben a laza talajon álló víz kioldja ugyan a meszet, de nem viszi el. Szikkadás után újból át kell keverni és tömöríteni. A hatás változatlan marad.

A stabilizáció sikerének veszélyeztetése nélkül átkeverhető a talaj 3–4 napon belül akkor is, ha tömeges „rózsásodást” tapasztalunk.

A mészstabilizáció szilárdulása lassan következik be és ennek a folyamatnak az elősegítéséhez a felszínt legalább hét napig nedvesen kell tartani, illetve meg kell óvni a kiszáradástól. Ezt elérhetjük úgy is, ahogy azt a cementstabilizációnál tettük, hogy azonnal felületi bevonással látjuk el. Azonban legtöbbször nemcsak felületi bevonás kerül a mészstabilizációra, hanem ennél vastagabb burkolat, melyet nem tudunk azonnal ráépíteni, s ezért helyette a kiszáradás megakadályozására egy-két cm vastag homok- vagy zúzalékretéget célszerű felhordani. A stabilizáció nedvesen tartását úgy is megoldhatjuk, hogy részleges töltésű (csökkentett súlyú) locsolókocsival szükség esetén naponta többször is locsoljuk.

A forgalomnak akkor szabad átadni, amikor a kerekek nyomai már nem látszanak meg rajta. Könnyű, gumikerekes járművek azonnal is használatba vehetik.

Külön és nyomatékosan fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a mészstabilizáció építésénél megfelelő óvó rendszabályokat kell alkalmazni. Így különösen égetett mész használatánál a munkások védőszemüveget és védőöltözetet viseljenek. Egyébként súlyos szem- és bőrsérülések állhatnak elő.

e) Mészstabilizáció alkalmazása erdei utakon

A mészstabilizációval kapcsolatban a hazai erdei utakon is igen jó tapasztalatokat szereztünk, de külföldi példák alapján is állíthatjuk, hogy három területen is előnyösen alkalmazható:

1. Erdei utak építésénél állandóan visszatérő súlyos probléma, hogy az alépitmény nem szárad ki, nem kellő teherbírású, a burkolatot nem lehet ráhelyezni, sőt a pályaszerkezet anyagát kiszállító járművek forgalmát sem képes elviselni. Ilyen esetekben 1–2% mész adagolásával járhatóvá tehetjük az alépitményt és a pályaszerkezetnek kellő szilárdságú alátámasztást adunk, így a pályaszerkezetet jobban tudjuk tömöríteni, ezért szilárdsága nő (javított talaj).

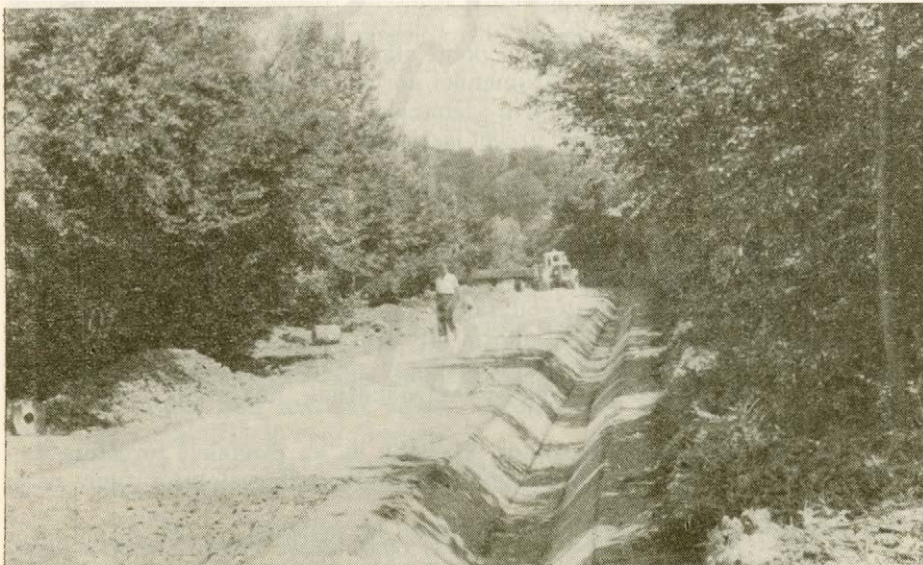
2. Hazánk területén túlnyomórészt kötött talajok fordulnak elő, különösen áll ez az erdőterületekre. Ezeken a helyeken tehát alapok (teherviselő rétegek) építésére mindenütt előnyösen alkalmazhatjuk a meszet. Olyan helyeken is használható, ahol egyébként más stabilizáció nem jöhet szóba, mivel a talaj nem porítható. Mész adagolására – mint tudjuk – a poríthatóság határa felemelkedik, és ezzel a stabilizálhatóság köre jelentősen kiterjed.

3. További előnyös felhasználást jelentenek azok a természetes gödörkavicsok és kötött anyaggal szennyezett kötörmelékek, amelyek kötöttségük-nél fogva eddig nem voltak alkalmasak útburkolásra. Az ilyen talajokat mész keverésével úgy átalakíthatjuk, hogy kiváló útburkolati anyaggá válhatnak.

2.85-V. táblázat. A mészstabilizáció teherbírását fokozó hatása

Talaj, illetve pálya-szerkezet	
Megnevezése és vastagsága	együttes teherbírása M_E kp/cm ²
Csak a talaj	0 – 25
Fenti talajon mészstabilizáció 15 cm	140 – 180
Fenti talajon Homokos kavics 45 cm	200 – 300
Fenti talajon Mészstabilizáció 15 cm Homokos kavics 30 cm.	800 – 1000

Megjegyzés: A mészstabilizáció tömörítése juhlabhengerral és gumihengerral, a homokos kavicsé vibróhengerral.



2.85-12. ábra. Mészstabilizáció. Előtérben az itatott makadám zúzottkőterítése (Délzalai Áll. Erdőgazdaság)

Erdei utakon, a puha, állandóan nedves, kötött talajokon sokszor az egyetlen megnyugtató megoldás a mésztstabilizáció, amely emellett a lehetséges legolcsóbb szerkezet is.

Ilyen helyeken a zútottkő réteg gyakran elsüllyed. Ha azonban a zútottkövet mésztstabilizációra helyezzük, akkor teherbírása megnő. A mésztstabilizáció teherbírást fokozó hatását, jól érzékelhetjük a 2.85-V. táblázatból, mely svájci kísérleti adatokat ismertet ugyanazon talajra helyezett különböző rétegek együttes teherbírásáról. A jellemzőül használt M_E érték magyarázata nélkül is sokat mondanak ezek a számok.

2.854 Bitumenstabilizáció

A mechanikai stabilizáció alapfeltétele az, hogy megfelelő minőségű, összekeverhető helyi anyagokkal rendelkezünk. A cementstabilizációhoz – ha más kizáró ok nem forog fenn – porítható talajok szükségesek, míg a mésztstabilizáció elsősorban kötött talajokon jöhet szóba. Olyan szemcsés (homokos) talajú területeken, ahol a mechanikai stabilizációhoz hiányoznak a megfelelő anyagok, sikerrel alkalmazhatjuk a bitumenstabilizációt is.

A bitumen vagy kátrány talajhoz keverésével két célt érhetünk el: egyrészt az ásványi talajszemcsékkel összekevert bitumen az egyes szemcséket össze ragasztja és jelentős kohéziót kölcsönöz a talajnak, másrészt a bitumen, erősen víztaszító tulajdonságú lévén, megakadályozza a víz behatolását, tehát a víztartalom növekedésével mutatkozó hátrányos tulajdonságok elmaradnak. Az előbbi hatást főként a kohézió nélküli (homok, homokos kavics) talajoknál hasznosíthatjuk, az utóbbit kötött talajoknál. Kötött talajokkal azonban nagyon nehéz és körülményes a bitumen összekeverése, ezért alkalmazása erdei utakon csak homoktalajoknál javasolható.

Bármely ok miatt alkalmazzuk is a bitument, gondolni kell arra, hogy milyen módon fejti ki kedvező hatását, és milyen fizikai tulajdonságokkal rendelkezik.

A szemcsék bevonása. A bitumennek lehetőleg valamennyi szemcsét körül kell fognia, ha a ragasztóanyag szerepét tölti be. Ebből a feltételből engedhetünk akkor, ha csak víztaszító anyagként alkalmazzuk, de ilyenkor is összefüggő réteget kell alkotniuk a bitumennel körülvett szemcséknek. Ha a bitumen mennyiségét növeljük, akkor a szemcséket vastagabb réteggel vonja be és kitölti a szemcsék között levő üreget is. Ilyenkor a szemcsék egymás közötti súrlódása csökken, a felület puha és plasztikus lesz, a bitumen már inkább kenőanyagként mint kötőanyagként működik, a szemcsék úsznak a bitumenben.

Elaszfaltozás. A bitumen és az ásványi talajszemcsék között kapcsolat jön létre, amikor „elaszfaltozásról” beszélünk. A bitumenből és az ásványi részekből álló keverék elaszfaltozásának a következő feltételei vannak:

1. A megfelelő hőmérséklet, amikor a bitumen kissé felpuhul, tehát a szemcsék bevonása tökéletesebbé válik, az ásványi szemcsék jól beágyazódhatnak a bitumenbe, az esetleges hézagok összezáródhatnak, miközben a stabilizáció utótömörődésen megy át.

2. Az előbbi folyamat csak akkor játszódik le, ha megfelelő forgalom van az úton, illetve ennek hiányában gondoskodunk műforgalomról, mely célra kiválóan alkalmas a gumihenger.

A kötőanyag lágyuláspontja. Az elaszfaltozás biztosítása érdekében a bitumen fizikai tulajdonságai közül elsősorban a lágyuláspont érdekel bennünket. Figyelembe kell venni, hogy erdei utaknál csak megfelelően alacsony lágyuláspontú bitumen fog felmelegedni, illetve fellágyulni. Egyébként nem lehet

számítani arra, hogy a nyári hónapokban felpuhuló bitumen a forgalom hatására a pálya anyagával „összeérik”.

A kevesebb napsütés miatt tehát alacsonyabb lágyuláspontú bitument kell alkalmazni, hogy a kevesebb napsütés és kisebb forgalom ellenére az elasztosodás bekövetkezzék.

A kötőanyag tapadása az ásványi szemcsékhez. A bitumenstabilizáció állékonysága szempontjából lényeges az, hogy milyen erővel tapad a bitumen a talajszemcsére. A tapadásra sok tényező van hatással. Így a talaj víztartalma, a szennyeződés milyensége, a talaj kovasavtartalma stb. Ha a kovasav (SiO_2) tartalom nagyobb 65%-nál, akkor a tapadás gyengébb, ha 52%-nál kisebb, akkor jobb a tapadás. A kristályos, sima, tömött felületre rosszabban tapad a kötőanyag, mint a nem kristályos, érdes, vagy lyukacsos felületre. Szerves kötőanyagokban előforduló vegyületek közül elősegítik a tapadást az aszfaltén savak és fenolok.

Fontos jelenség, hogy az alacsony viszkozitású kötőanyag jobban nedvesít ugyan, mint a magasabb viszkozitású, de a víz könnyebben szorítja le a felületről. A jobban nedvesítő kötőanyagot viszont könnyebb elkeverni a talajjal és keverés közben nem csomósodik.

Hígítószer minősége és mennyisége, kötés és viszkozitás. A hígított bitumennél a hígítószer minősége elsősorban a kötési időt határozza meg, míg a hígítószer mennyisége döntő módon hat a kötőanyag viszkozítására. Minél alacsonyabb hőfokon párolog a hígítószer, annál gyorsabban köt a hígított bitumen, és minél több hígítószert alkalmazunk, annál hígabb, kisebb viszkozítású keveréket kapunk.

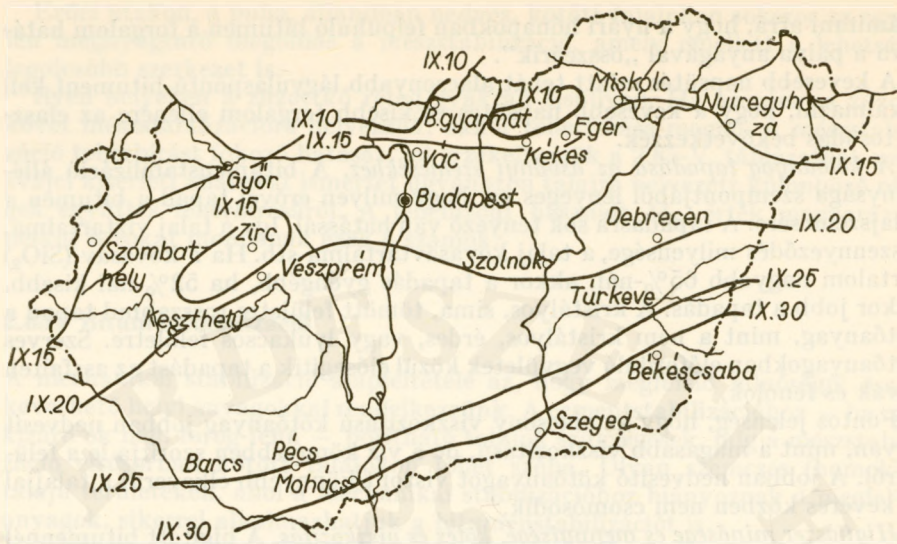
A gyárilag előállított hígított bitumeneknek erdei útépitési szempontból az a hátránya, hogy levegő-hőmérsékleten legtöbbször nem elég viszkozusak, híg folyósak.

Mivel gyárilag előállított anyagot használunk, a viszkozitás adott, illetve azt az anyagot választjuk, amelynek a viszkozítása számunkra megfelel. Minél finomszemcsésebb, illetve kötöttebb a talaj, annál híg folyósabb, kisebb viszkozítású anyag szükséges a jó keverés végrehajtásához. A felhasznált kötőanyag viszkozítása konzisztométerben mérve, 10 mm-es nyíláson nyáron 80–200, télen 40–120 másodperc között legyen. A kívánt viszkozitás beállítására részben az anyag kiválasztásával, részben melegítéssel történik.

Kötőanyag merevedése és csomósodása. Egyszerű eszközökkel történő stabilizálásnál a talajt nem tudjuk felmelegíteni, tehát a 60–80 C°-os kötőanyag nálánál sokszor jóval hidegebb talajjal érintkezik, gyorsan lehül, és ezzel viszkozitása is gyorsan változik. Az anyag merev, vagy félmerev lesz, és a keverést nem lehet végrehajtani. Ismerni kell tehát az építés idejét, és a várható hőmérsékletet. Ha a kivitelezés elhúzódik, és nem a tervezett hőmérsékletnél történik, akkor vagy hígabb kötőanyagot kell használni, vagy növelni kell a kötőanyag beépítési hőmérsékletét. Helyesebb az előbbi módszer.

A bitumenstabilizáció építésére a meleg nyári időjárás a legalkalmasabb. A 15 C° alatti középhőmérséklet már erősen veszélyezteti a munka sikerét. A 2.85-13. ábráról leolvasható, hogy a középhőmérséklet meddig van 15 C° felett. A munka már március végén, április elején elkezdhető, mert a nyár folyamán a stabilizáció még „beérhet”.

Általában a homokliszt és iszapfrakciót tartalmazó talajok a rájuk fröccsenő meleg kötőanyagot körülveszik. Nem a kötőanyag veszi körül a talajszemcséket, hanem a talajszemcsék veszik körül a kötőanyagot. Hasonló jelenséget a porba ejtett vízcseppnél is tapasztalhatunk. Píyenkor egyik, erdei útépitéseknél jelenleg még nem alkalmazható megoldás az, hogy a talajt felmelegítjük. A felmelegített talajszemcsé behatol a kötőanyagcseppbe és a szemcsék bevonása megtörténik. Másik mód a kötőanyag erős hígítása ben-

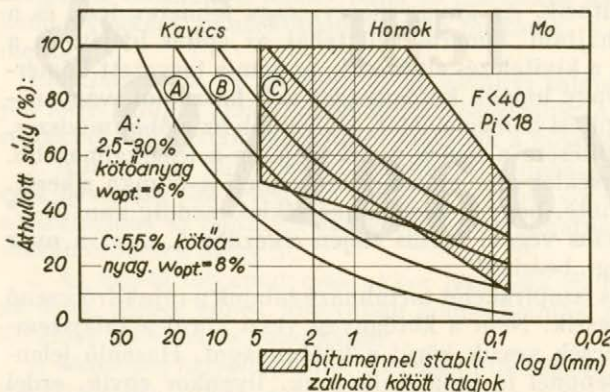


2.85-13. ábra. A napi középhőmérséklet 15 °C alá süllyedésének időpontja

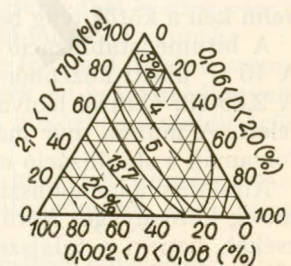
zinnel vagy széntetrakloriddal. Harmadik legjárhatóbb út a nagy nyomás alkalmazása, tehát az alapos hengerrés. Megelőzhető a kipermetezett kötőanyag csomósodása, ha a talajhoz annyi vizet keverünk, amennyi az optimális víztartalom biztosításához egyébként is szükséges.

Stabilizálható talajok. Elvileg minden talaj stabilizálható bitumennel, de kivitelezési nehézségek miatt célszerű alkalmazkodni a 2.85-14. ábra határgörbéihez, amely egyúttal a kötőanyag mennyiségekre is utal. A határgörbék betartásánál fontosabb a helyes bitumenadagolás megállapítása, mert hazai tapasztalatok szerint az ábrabelitől erősen eltérő szemeloszlású futóhomokot is sikerrel lehet stabilizálni bitumennel. Kétségtelen azonban, hogy jobb eredményt érünk el a határgörbék betartásával. Jelentősen növeli a szilárdságot, ha a határgörbék szerint hiányzó finomabb részeket mészköliszt (filler) adagolásával biztosítjuk.

A stabilizálható talajok folyási határa $F < 40\%$, és plasztikus indexe $P_i < 18\%$ legyen. Ennek a feltételnek a betartása nem okoz nehézséget, mert



2.85-14. ábra. Bitumenstabilizáció szemeloszlási határgörbéi Aichorn szerint



2.85-15. ábra. Bitumenstabilizáció kötőanyagszükséglete

a jelenleg rendelkezésünkre álló kis teljesítményű talajmarók miatt erdei utakon egyébként sem javasolható bitumenstabilizáció, ha $P_1 > 7\%$.

Bitumenadagolás. A következő lépés a felhasználandó bitumenmennyiség meghatározása, amely Pätzholdt és Miegel szerint a 2.85-VI. táblázat alapján történik. Az adatok csak olyan talajnál használhatók, amelynél a 0,2 mm-nél kisebb részek súlyszázaléka max. 50%. Ugyancsak a bitumenszükséglet meghatározására szolgál a 2.85-15. ábra háromszögdiagramja is.

A bitumenszükséglet nagyságát tulajdonképpen a szemcsefelület összege határozza meg, mert ez az, amit bitumennel be kell vonni. Minél kisebb szemcséből áll a talaj, a térfogategységben levő talajszemcséknek annál nagyobb a szemcsefelület-összege és megfordítva. Ezért a kisebb szemcséjű talajok stabilizálásához több bitumenre van szükség. Az előbbi táblázat és a háromszögdiagram is tulajdonképpen a szemcsefelület összege alapján határozza meg a bitumenszükségletet.

A 2.85-VI. táblázat alapján meghatározott bitumenadagolást célszerű a már ismert CBR eljárással, a kaliforniai módszerrel vagy a *Hubbard – Field* eljárással ellenőrizni.

Bitumenstabilizáció kötőanyaga. A bitumenstabilizáció alkalmazását előnyössé teszi, hogy különböző útépitési igények kielégítésére alkalmas megfelelő bitumenféleéseket már kellő mennyiségben és minőségben gyártunk. A hazai bitumenféleések értékét növeli magas aszfaltén tartalmuk. Bitumenstabilizáció céljára kétféle anyag jöhet szóba: a szabványosított és gyárilag előállított hígított bitumen és a folyékony bitumen. Külföldön főleg bitumenemulziót használnak erre a célra, ezt az anyagot azonban nálunk csak ritkán állítják elő, ezért nem foglalkozunk vele részletesen.

A rendelkezésre álló választékból az ismertetett elvek alapján keressük ki a legmegfelelőbbet. Főként a kötés idejét (oldószer eltávozása) és a kívánatos viszkozitást kell figyelembe venni. Az előbbi az építési technológiától függ, vagyis attól, hogy mennyi idő áll rendelkezésünkre a bekeveréshez, az utóbbi a talajfélesegtől függ és a jó keverhetőséget biztosítja. Elsősorban a HB-1 és HB-2 jelű hígított bitumen ajánlható.

Tömörítés. Végül hangsúlyozni kell, hogy az optimális víztartalom biztosítása nemcsak a csomósodás elkerülése érdekében, hanem a tömörítés miatt is elengedhetetlen. Az utántömörődéssel egyidejűleg lejátszódó elaszfaltozás után a felületet le kell zárni felületi bevonással vagy valamilyen vékony aszfaltreteggel. Enélkül ugyanis a felület nem teljesen hézagmentes.

a) Bitumenstabilizáció tervezése

A tervezéshez szükséges adatokat a talajfeltárás szolgáltatja, amelynek ismeretében megtervezhetjük a bitumenadagolást.

Ezután a bitumenstabilizáció Proctor-görbéjét szerkesztjük meg, és elvégezzük a szilárdságra vonatkozó ellenőrzést.

2.85-VI. táblázat. Bitumenstabilizáció kötőanyagszükséglete

Szemcse- átmérő	Hely- színi	Keverő- telepi	Példa a helyszíni keverésre	
	keverésnél a bitumentartalom		az adott szem- eloszlás	bitumen- szükséglet
mm	%		%	%
<0,06	10,5 – 18,4	8,8	11	1,16 – 2,02
0,06 – 0,2	7,6 – 9,8	6,7	5	0,38 – 0,49
0,2 – 0,6	4,9 – 6,6	5,3	8	0,39 – 0,53
0,6 – 2,0	3,1 – 4,1	4,4	16	0,50 – 0,66
2,0 – 6,0	0,9 – 2,6	3,5	24	0,46 – 0,62
>6,0	0,9	2,6	36	0,32 – 0,32
			100	3,21 – 4,64

A bitumenstabilizáció vastagságát az egy napi forgalom és a talaj függvényében valamelyik méretezési módszerrel határozzuk meg.

A hazánkban jelenleg rendelkezésre álló gépekkel csak 15–18 cm vastag réteget lehet keverni. Ennél nagyobb rétegvastagság esetén vagy két rétegben kell megépíteni a stabilizációt, vagy, ami még helyesebb és főként gazdaságosabb, az alap vastagságát kell megfelelő mértékben növelni.

Bitumenstabilizáció csak homok- vagy homokos kavicstalajon javasolható. Kötött talajokon is építhetünk azonban bitumenstabilizációt tükörbe szállított anyagból.

A tervezés befejező és fontos része az építési technológia pontos meghatározása és az organizáció tervezése. Itt kell megvizsgálni a szükséges bitumenmennyiség helyszínre szállításának és tárolásának problémáját. A költségvetés elkészítése esetleg több változatra is készülhet és ennek alapján dönthetünk olyan kérdésekben, mint a helyi talaj stabilizálása helyett tükörbe hordott, de nagyobb szilárdságot biztosító talaj alkalmazása.

b) Bitumenstabilizáció építése

A bitumenstabilizáció építése a földmunka befejezése után kezdődik. A földmunka milyenségére és az építési technológia részleteire vonatkozóan utalunk a mechanikai stabilizációnál elmondottakra.

A bitumenstabilizáció építésének fontosabb műveletei az ún. helyszíni keverés módszerének alkalmazásánál:

1. Tükörkiemelés.
2. Padkaszivárgók elkészítése.
3. Tükör tömörítése.

4. Tükörkiemelésnél a padkára tolt és ott szalagprizmában álló anyag visszahúzása a tükörbe és elegyengetése gréderrel vagy traktorra szerelt késsel. Ha nem az alépitmény anyagát stabilizáljuk, akkor ebben a munkautemben kell a tükörbe szállítani az anyagot.

5. Locsolás. A locsolókocsiból annyi vizet permetezünk az útra, amennyi az optimális víztartalom eléréséhez szükséges.

6. Keverés. A víz egyenletes elosztását célozza, talajmaróval vagy rotációs kapával végezzük.

7. Bitumenpermetezés. Az adagolástól függően több menetben történik. Egy menetben legfeljebb 2 kp/m²-nyi mennyiséget szabad permetezni.

8. Keverés. Minden bitumenpermetező menet után, az előbbivel egyidejűleg történik. Addig kell folytatni, míg a teljes rétegvastagságban egyenletesen eloszlik a kötőanyag.

9. Tömörítés. Szikkadás után gumi- vagy simítóhengerrel.

A bitumenstabilizáció előbbieken ismertetett építési technológiáját a 2.85-16. ábra szemlélteti. Jó szervezéssel napi 600–900 m² építhető.

A Szovjetunióban több helyen alkalmazzák az ún. szendvics vagy réteges módszert, mellyel hazánkban is épült már erdei út. Ennél a módszernél az 1–6. ütem azonos az előbbivel. Az optimális víztartalom biztosítása után a következő lépéseket hajtjuk végre:

7. A talaj félretolása gréderrel. Végrehajtása teljesen azonos a tükörkiemeléssel, a talaj szalagprizmában a padkára kerül.

8. Bitumenpermetezés. Annyi bitument permetezünk a tükörbe, amennyi az adagolás mértéke szerint 2 cm vastag réteg stabilizálásához szükséges.

9. Talajterítés 2 cm vastagságban. A terítés történhet gréderrel vagy kézi munkával.

10. Tömörítés. Gumihengerrel vagy sima hengerrel addig tömörítjük a réteget, amíg a felszín megjelenik a bitumen.

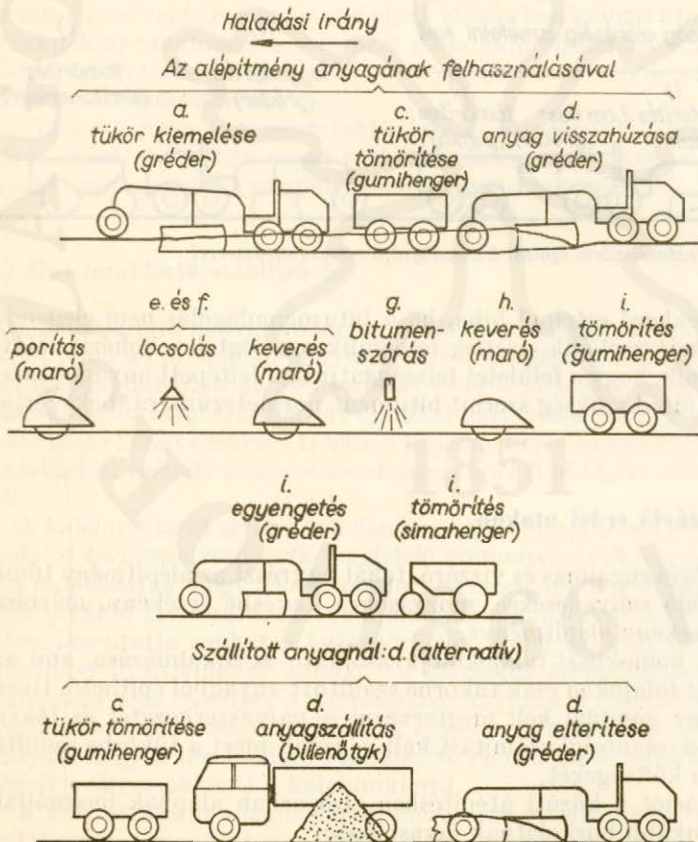
Ezután a 8., 9. és 10. ütemet addig ismétljük, amíg a szükséges vastagságot elérjük. A réteges módszert a 2.85-17. ábra mutatja be.

A bitumenstabilizáció építésének harmadik módszereként szóba jöhet a telepi keverés is, különösen akkor, ha tükörbe szállított anyagot használunk.

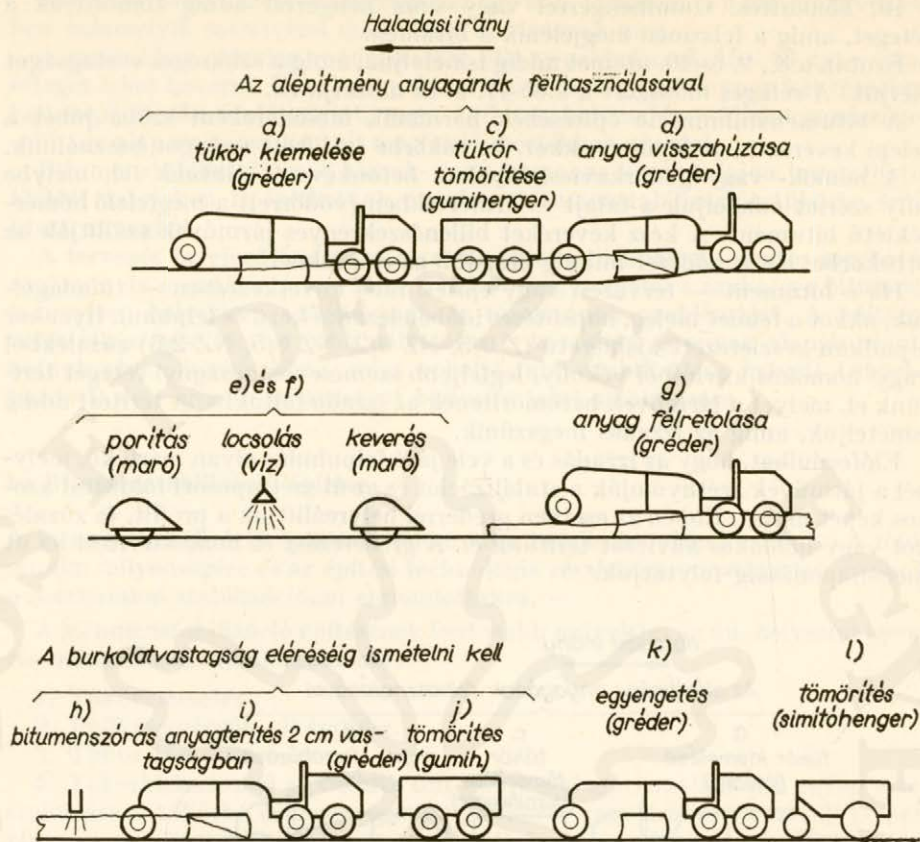
A homok- vagy gödörkavicsbányában betonkeverőt állítunk fel, melybe súly szerint adagoljuk a talajt és úrmértékben (vödörrel) a megfelelő hőmérsékletű bitument. A kész keveréket billenőszekrényes járművek szállítják az úttükörbe. Ez a módszer mindig drágább az előzőeknél.

Ha a bitument – tervezési vagy építési hiba következtében – túladagolunk, akkor a felület meleg, napsütéses időben izzadni kezd és felpuhul. Ilyenkor a padkán készletezett kisméretű (Z 0/5, NZ 0/2, NZ 0/5, NZ 2/5) zúzalékból vagy homokos kavicsból vékony, legfeljebb szemcsevastagságnyi réteget terítünk el, melyet a járművek betömörítenek az izzadó foltokba. A terítést addig ismétljük, amíg az izzadás megszűnik.

Előfordulhat, hogy az izzadás és a vele járó felpuhulás olyan mértékű, melynél a járművek szétnyomják a stabilizációt és az út széttagosított földúttal azonos képet mutat. Ebben az esetben gréderrel helyreállítjuk a profilt, és zúzalékot vagy homokos kavicsot terítünk el. A gréderezést és homokterítést az út megállapodásáig folytatjuk.



2.85-16. ábra. Bitumenstabilizáció építési technológiája keverő módszerrel



2.85-17. ábra. Bitumenstabilizáció építési technológiája réteges módszerrel

Az előbbivel ellenkező értelmű hiba, ha a bitumenadagolás nem elegendő. Ilyenkor a felület morzsolódik, esetleg felbomlik az elégtelen kohézió miatt. Javítása úgy történik, hogy a felületet felszaggatjuk, a feltépett anyagot talajmaróval aprítjuk, majd szükség szerint bitumént permetezünk rá, bekeverjük és tömörítjük.

e) Bitumenstabilizáció erdei utakon

A bitumenstabilizáció rugalmas és vízzáró, tehát egyrészt az alépitmény tömörítési hibáiból adódó süllyedésekre, mozgásokra kevésbé érzékeny, másrészt jól védi a vízre érzékeny alépitményt.

Csak homok- és homokliszt talajokon javasolható az alkalmazása, ami azt jelenti, hogy kötött talajokon csak tükörbe szállított anyagból építhető. Ilyenkor különösen nagy gonddal kell megtervezni a pályaszerkezetet és főként összehasonlító gazdaságossági számítást kell végezni, mert a tükörbeállítás jelentősen növeli a költségeket.

Bitumenstabilizációt a közúti útépítésben elsősorban alapnak használják. Nálunk azonban inkább burkolatnak javasolható.

Hátrányos tulajdonsága, hogy az építés utáni időszakban meleg, napsütéses időt és egyidejűleg megfelelő tömörítő hatású forgalmat kíván az elaszfalto-

dáshoz. E két követelményt nem tudjuk kielégíteni, mert egyrészt az erdei utakon csak egyes szakaszokon, illetve csak időszakonként van napsütés, másrészt a nyári építési időszakban az erdei utakon minimális forgalom van. Ezeket a hátrányokat némileg ellensúlyozhatjuk, ha meleg napsütéses időben a kora délutáni órákban gumihengerrel többször áthengereljük az utat (műforgalom). Az előbbi okok miatt erdei utakon célszerű alacsony lágyuláspontú bitument alkalmazni, mert alacsonyabb hőmérsékleten is felpuhul annyira, hogy az elasztalódás folyamata meginduljon.

Ennél a pályaszerkezetenél is a gumiabroncsos járműveket kell előnyben részesítenünk, mert az út felületének törőszilárdsága nem nagy, tehát a kisebb fajlagos terhelésű gumiabroncs előnyösebb. A megfelelő szemeloszlású talajból készített bitumenstabilizáció azonban a vasabroncsos járművek forgalmát is bírja és az esetleg keletkező kerékvágások a gumiabroncs forgalom hatására újból eltűnnek. A gumiabroncs szívóhatásának jól ellenáll és általában az egyik legjobb minőségű pályafelületet adja.

2.855 Vegyszeres stabilizáció

Az előbbieken ismertetett stabilizációkat világszerte használják, olyan anyagokból készülnek, amelyek vagy a terepen fordulnak elő, vagy kialakult minőségben és választékban rendelkezésünkre állanak. Ezekon kívül sokféle alkalmaztak más vegyszereket is, amelyek elsősorban kémiai úton hatnak a talajra. Ezeknek az alkalmazása még nem mondható általánosnak, de a vegyipar fejlődésével előtérbe kerülhetnek, azért röviden ismertetem a legfontosabb vegyszeres stabilizációkat.

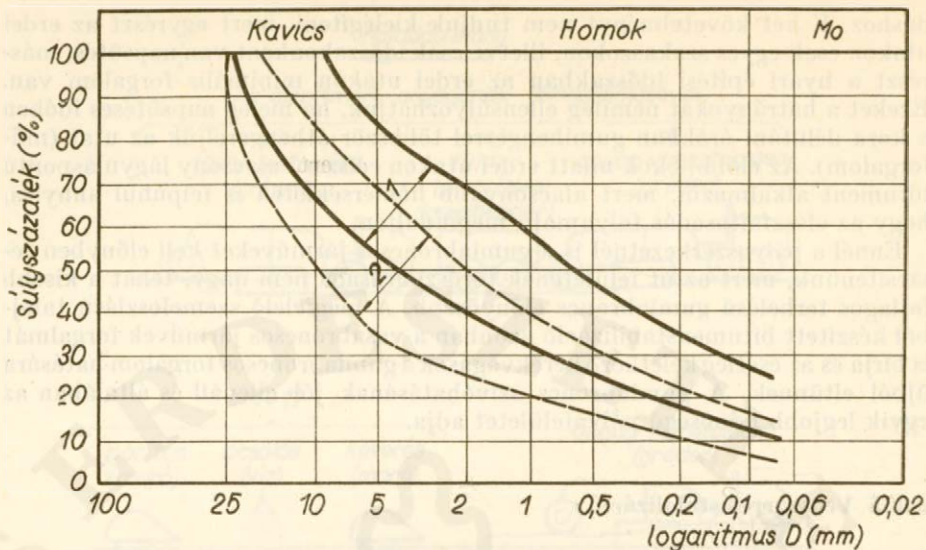
Tulajdonképpen a cementstabilizáció és a mésztabilizáció is vegyszeres eljárás, mert elsősorban vegyi reakciók, illetve kolloidkémiai folyamat eredményeképpen nyerjük a megfelelő szilárdságú anyagot.

a) Kalciumklorid stabilizáció

A kalciumklorid nedvszívó anyag és alkalmazásának előnye abban rejlik, hogy az út felületét állandóan nedvesen tartva megőrzi a látszólagos kohéziót és ezzel megakadályozza az út bomlását és erős kopását. A meleg nyári napokon elvesző nedvességtartalmat az éjszakai harmatból pótolja. A gumiabroncs szívóhatása elleni védekezés terelte a figyelmet erre az anyagra, mely lényegtelen befektetést igénylő berendezéssel mészkőből (CaCO_3) és sóból (NaCl) állítható elő.

A kalciumklorid elvben minden anyaghoz hozzákeverhető, de tartós jó burkolatot természetesen csak megfelelő szemszerkezetű anyaggal ad. Általában azt mondhatjuk, hogy a kalciumklorid a mechanikai stabilizáció tulajdonságainak további javítására, illetve a makadám konzerválására szolgál. A 2.85-18. ábra bemutatja azokat a határgörbéket, amelyek közé eső talajok kalciumkloriddal jó útfelületet adnak. Az alapréteg szemeloszlását külön görbepár határozza meg. Az ilyen szemeloszlású anyagok a kalciumkloriddal állékony, kis fenntartási költségű burkolatok építésére alkalmasak. Általában azt mondhatjuk, hogy a mechanikai stabilizáció élettartamát növeli, fenntartási költségeit pedig csökkenti a kalciumklorid.

A kalciumklorid adagolásának mértékére vonatkozóan tájékoztatásul szolgál, hogy a tömörített réteg vastagságának minden cm-ére $0,112 \text{ kp/m}^2$ -t számítanak. Ezt a mennyiséget a mechanikai stabilizáció készítésekor összekeverik a talajjal. A tömörített út felületére pedig $0,284 \text{ kp/m}^2$ kalciumkloridot



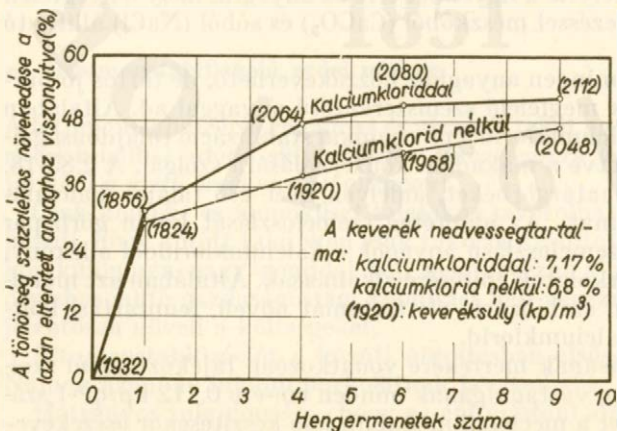
2.85-18. ábra. A kalciumklorid stabilizációra alkalmas talajok szemeloszlási határgörbéi

hintenek. A fenntartási munkát évente kétszer szükséges elvégezni, tavasszal és a nyár folyamán aug. 1-e körül. Ilyenkor gyalulással helyreállítják a profilt és, lehetőleg eső után, 0,4 kp/m² kalciumkloridot szórnak az útra. Nagyobb forgalmú úton is elég az évi négyszeri gyalulás.

A kalciumklorid fenntartási munkákat csökkentő hatására jellemző, hogy az olyan mechanikai stabilizációval készült úton, ahol hetente, kéthetente gyalulták az utat, a kalciumkloridos kezelés után elég volt az évi négyszeri gyalulás is. Kopáscsökkentő hatását pedig az mutatja, hogy egy 12 cm vastag, alap és ágyazat nélküli gödörkavics burkolaton 100 jármű/nap forgalomnál a kalciumkloridos kezelés eredményeképpen az egy év alatt karbantartási célra felhasznált kavics mennyisége 34 m³/km/évről 11 m³/km/évre csökkent. Ez az út kb. megfelel a legnagyobb forgalmú erdei útjainknak.

A kalciumklorid alkalmazása tehát jelentősen csökkenti a mechanikai stabilizáció legnagyobb hát-

ránnyát, a magas fenntartási költséget. A kalciumklorid hatására erősen csökken a tömörítéshez szükséges munka is, ahogy erről a 2.85-19. ábra meggyőzően tanúskodik.



b) Szulfitszennylúgos stabilizáció

A szulfitszennylúg a cellulózgyártás mellékterméke, amelynek felhasználása, illetve elve-

zetése súlyos problémát jelent. Legnagyobb része kárbavész és a folyókba kerülve a halállományt pusztítja.

Útépítési vonatkozásban először portalanításra használták, de kitűnt, hogy bizonyos körülmények között ez megfelelő kezelés után stabilizálásra is alkalmas. Elterjedését akadályozta, hogy a szulfitszennylég minősége és kémiai hatása is változik a cellulózgyártás technológiája szerint. Hazánkban további nehézséget jelent, hogy a csepeli cellulózgyár anyaga kb. 90% vizet tartalmaz, tehát magasak a szállítási költségek, emellett szállítása csak bitumennel bevont tartályokban lehetséges, mert megtámadja a vasat. Felhasználása azért érdekelhet bennünket, mert a népgazdaság egyik legnagyobb cellulózalapanyag-termelő ágazata vagyunk. Nálunk a fát feldolgozó csepeli és a szalmát feldolgozó dunajvárosi és szolnoki cellulózgyár mellékterméke jöhet számításba. Ha elkészítik a cellulózgyárak besűrítőberendezését és a szulfitszennyléget kevesebb víztartalommal tudják rendelkezésre bocsátani, akkor javulnak alkalmazásának feltételei.

e) Egyéb vegyszeres stabilizációk

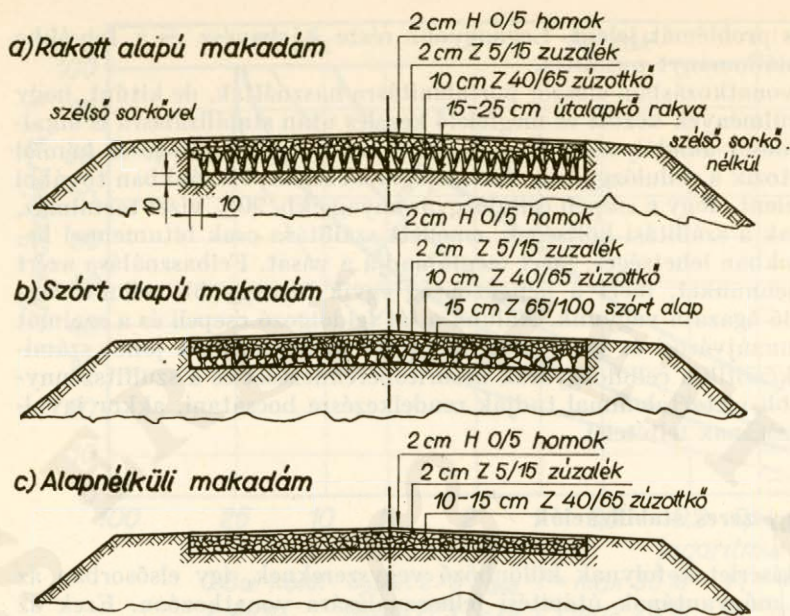
Világszerte kísérletek folynak különböző vegyszereknek, így elsősorban az úgynevezett műgyantának útépítési felhasználására vonatkozóan. Ezek az anyagok részben kémiai reakcióba lépnek a talajjal, részben pedig víztaszító burokkal veszik körül a talajszemcséket és ily módon hatnak. Különös figyelmet kell szentelnünk az ún. hidrofobizáló anyagoknak, amelyekkel bármely anyag, így a talaj is, víztaszítóvá tehető. Ezeket már hazánkban is gyártják. A Tanszéken már 1958-ban sikeres kísérletek folytak hazai gyártmányú hidrofobizáló anyag stabilizáló hatására vonatkozóan. Előállítási költségük azonban egyelőre olyan magas, hogy alkalmazásukat kizárja. Még nincsenek tisztázva a lejátszódó folyamatok körülményei sem és a keletkező vegyületek időállósága, valamint a talaj mikroorganizmusaival szembeni viselkedése is ismeretlen.

2.36 Makadám pályaszerkezetek

Közép-Európában a legrégebb nagyszabású útépítést a rómaiak végezték. 0,80–1,00 m vastag pályaszerkezetek a fagyhatárig nyúlnak le, rendkívül tartósak voltak, sok helyütt ma is megvannak, sőt fel is használják őket. Alapelveül szolgált, hogy a többretegű alapot falazatszerűen rakták és az alsó rétegek terméskő nagyságú darabjaira egyre kisebb darabokból, szemcsékből álló rétegek kerültek.

A középkorban és az újkorban már csak vékony burkolatokat építettek, de az alapot továbbra is falazatszerűen rakták és megtartották a felfelé csökkenő szemcseméret elvét is.

A mai burkolatok kialakulásának folyamata 1775-ben indult meg, amikor *Tresaguet* bevezette burkolati rendszerét, mely szerint a kézzel rakott terméskő alaprétégre zúzottkővet terítettek. 1822-ben *Mac Adam* skót úttechnikus ismertette új eljárását. Nála az alap is zúzottkőből készült. Az így épített pályaszerkezetek gyorsan elterjedtek és makadám elnevezéssel mentek át a köztudatba. A zúzottkőréteget eleinte csak zúzottkőszállító kocsik, majd a forgalom tömörítette. A rendszer előnyeit növelte *Polonceau*, aki 1830-ban először használt hengert a tömörítéshez. Az ő nevéhez fűződik a felszaggató eszközök bevezetése is, amelynek a makadám utak fenntartása szempontjából volt nagy jelentősége. 1885-ben jelent meg az első gőzhenger.



2.86-1. ábra. Makadám pályaszerkezetek

Erdei utak építésénél elszórtan már a múlt század közepén, a század végétől pedig általánosan alkalmazták a makadám pályaszerkezeteket. Erdei utakon addig volt a legjelentősebb útburkolási mód, amíg a gumiabroncsos forgalom nem vált túlnyomóvá. Ma is igen fontos szerepe van az alapok építésében és kiterjedten használjuk az egyszerű aszfaltburkolatok vázaként.

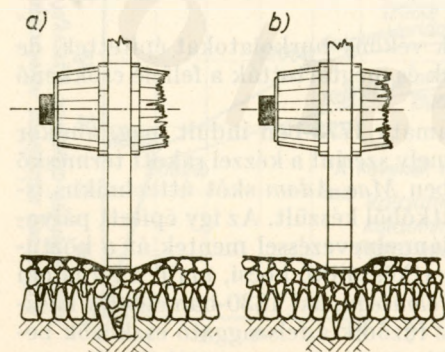
A makadám pályaszerkezet a mai napig is három változatban készül (2.86-1. ábra):

- Rakott alapú makadám;
- szórt alapú makadám;
- alap nélküli makadám.

Az alapozott makadám az alaptól (rakott vagy szórt) és a zúzottkőpályából (burkolat) áll.

A rakott alap 20–25 cm nagyságú terméskőből készül, a köveket kézzel rakják egymás mellé. Az alapkő legnagyobb lapjával fekszik fel a talajon és csúcsával felfelé áll. Az így lerakott rétegre fordított helyzetű kövek kerülnek, hogy a kövek jól ki legyenek

ékelve, és ezáltal boltozati hatást érjünk el, illetve biztosítsuk a terhelés nagyobb felületre való elosztását. Az alaprakás akkor jó, ha a kövek a láb alatt nem billegnek és a föld nem látható. Az alapkövek átérlik az alap teljes vastagságát és az út tengelyére merőleges sorokban helyezkednek el. A hibás kiékelés következményét mutatja a 2.86-2. ábra. A felszín süllyedését ezenkívül az alépitmény felpuhulása, a burkolat elégtelen vastagsága és a nem megfelelő tömörítés is okozhatja.



376 2.86-2. ábra. Hibás kiékelés következménye

A rakott alapot néhány hengerjáráttal tömöríteni is szokták, de ez nem okozhatja az alapkövek aprózódását, hanem csak a kiékelés fokozását.

A rakott alap legnagyobb hátránya, hogy kézi munkával készül, s ezért ma már drága és lassú módszer. A szórt alappal szemben nincs különösebb előnye, így alkalmazását semmi sem indokolja.

A szórt alap ugyancsak a 2.86-1. ábrán látható. Anyaga Z 65/100, ritkábban Z 45/65 jelű zúzottkő vagy, ezek helyett, az ún. forgácskő. Legfeljebb 15 cm vastag rétegben terítik és tömörítik. A hengerlést már a teljes tömörítés előtt befejezzük, hogy a rákerülő zúzottkő réteg szemei kellőképpen belenyomódhassanak és kössenek az alaphoz.

Hazánkban elterjedt és bevált gyakorlat szerint a következőképpen építik a szórt alapot. A szórt alap elterítése és tömörítése után 3–4 cm földet terítenek az alapra és ezt néhány hengerjáráttal a zúzottkőszemek közé nyomják. Ezután ráeresztik a forgalmat, mely erdei utakon a burkolat anyagát szállító gépkocsikból állhat. A forgalmat még a mi keskeny útjainkon is terelni kell. A terelés úgy történik, hogy az út felületére helyezett bakokkal vagy gúlákkal gondoskodunk arról, hogy a járművek csak egy meghatározott sávon közlekedhessenek, és ezt a sávot a bakok áthelyezésével állandóan változtatjuk. Ezzel a módszerrel jó vízzáró és tömör alap alakul ki.

A szórt alap építése sokkal termelékenyebb a rakott alapnál. A zúzottkő szállítása és lerakása billenőszekrényes gépkocsikkal történik, terítése is gépesíthető, mely körülmények az eljárást gyorsá és a rakott alapnál sokkal olcsóbbá teszik.

Az alapozott makadám burkolata, ill. az alap nélküli makadám egyetlen rétege az ún. makadám zúzottkőpálya, amely 8–10–12 cm vastagságban elterített Z 45/65, ritkábban Z 26/45 jelű zúzottkőből készül. A vastagabb réteget két rétegben terítik és tömörítik, de erre erdei utakon nagyon ritkán kerülhet sor.

A makadám zúzottkőpálya alapelve az, hogy a zömök, poliédes zúzottkőszemek olyan szorosan helyezkednek el, hogy az egymással való súrlódás révén szilárdan összefüggő, teherbíró réteget alkotnak. A súrlódás fokozására a zúzottkőszemeket zúzalékszemekkel (Z 5/15) ékeljük ki. A kiékelés legerősebb a felszínen, amely érdes, de összefüggő felület. A járművek kerekei alatt letöredezett apró szemek – amelyeket már az építésnél is adagolhatunk – a felszínen teljesen eltörik a hézagokat, úgyhogy a jó makadám vízzáró.

Hengerlés közben a zúzottkő-szemek jobb elhelyezkedésének megkönnyítésére (a súrlódás csökkentése) céljából a réteget öntözni szokás. Innen van a „vízzel kötött makadám” elnevezés. Ha a zúzalékkal együtt homokot is adagolunk, akkor a „homokkal kötött makadám” elnevezés is szokásos. Ezen elvek szerint épített, ún. klasszikus makadám teherviselőképességét kizárólag a súrlódás biztosítja és kohéziója egyáltalán nincs, hiszen iszap és agyagfrakció nincs benne. A „kötött” jelző tehát nem indokolt, legfeljebb akkor, amikor a megfelelő nedvességtartalomnál a látszólagos kohézió érvényesül.

A kohézió hiánya okozza, hogy a makadám nem tud ellenállni a gumiabroncsos forgalom szívóhatásának, a kiékelő szemek kiszívása után gyorsan felbomlik és tönkremegy. Ezt a pusztulást meg lehet akadályozni az út nyirkosan tartásával (látszólagos kohézió). Ezért a nálunk még nem alkalmazott kalcium-klorid megállíthatná, ill. lelassíthatná makadámútjaink romlását. A makadámot úgy is megvédhetjük a szívóhatástól, hogy felületi bevonással látjuk el.

Az előbbi módszerrel készült makadám zúzottkőpálya teherviselőképességét kizárólag a súrlódásra alapított „kiékelés” biztosítja, a tehervégterfogata nagy. Újabbon jó tapasztalatokat szereztek az osztályozatlan zúzottkőből készülő, ún. folytonos szemeloszlású makadámokkal is, melynek hézagterfogata kicsi, és ha megfelelő mennyiségű kötött részt is tartalmaz, akkor a szívóhatás-

nak jól ellenáll. Ez a szerkezet azonban teljes joggal tekinthető mechanikai stabilizációnak, azért utalok az ott elmondottakra.

A makadám pályaszerkezet bármely részének tömörítésére – legyen az szórt alap vagy zúzottkőpálya – a legutóbbi időkhöz kizárólag sima hengert használtak. A sima henger statikusan hat, súlyával tömörít. A zúzottkő, ill. zúzalékszemeket egymás közé préseli, miközben a kiékelődés megtörténik. Az utóbbit elősegíti az is, hogy a sima henger a zúzottkőszemek élére és csúcsára támaszkodik, és ezen a kis felületen nagy fajlagos nyomást fejt ki, melynek hatására kisebb darabok letöredeznek és fokozódik a kiékelés.

Újabbban vibróhengerrel és vibrólappal is tömörítenek, melyeknek rázóhatására a zúzalékszemek könnyen beesnek a zúzottkőszemek hézagába, tehát a zúzottkőpálya tömörebb lesz, de a – statikus súlyuknak esetleg többszörösét kitevő – felszínre mért ütésekkkel a vibrációs tömörítő eszközök jól ki is ékelik a hézagokat.

Munkájuk közben alig van letöredezés, amely különösen aszfaltburkolatok vázául szolgáló makadám zúzottkőpályánál nagyon előnyös. Teljesítményük nemcsak felületre, hanem térfogatra vonatkoztatva is többszöröse a sima hengerének. Pl. a 30 cm vastag folytonos szemeloszlású makadámot egy rétegben 3–4 menettel tömörítik, míg ugyanezt a szerkezetet a simahenger két rétegben tudná tömöríteni, összesen 10–20-szoros menetszámmal. Az eszköz rezgésszáma legyen $H_z > 40$.

A makadám pályaszerkezetek általános ismertetésének befejezéséként megemlítem, hogy a *Tresaguel*-féle rendszer azonos a rakott alapú makadámmal, *Mac Adam* rendszere pedig a szórt alapú makadámmal. A módszer általános elnevezése az utóbbi nevéből származik.

a) Makadám pályaszerkezetek tervezése

A makadám pályaszerkezetek tervezése is a talajfeltárással kezdődik. Ismernünk kell a tömörítéshez az alépitmény maximális száraz térfogatsúlyát, optimális víztartalmát és az alkalmazott burkolatméretezési eljárásnak megfelelő szilárdsági jellemzőit. Ilyenkor kell tájékozódni a helyi anyagokról: homok, homokoskavics, kötőrmelék, a trasszban vagy közeli bányában termelhető zúzottkőnek alkalmas kőzet stb.

A makadám burkolat anyagának szilárdságára szigorú előírások voltak. Így kisforgalmú utak esetén mészkőnél 500, bazaltnál 1500, egyéb kőzetnél 800 kp/cm² törőszilárdságot írtak elő. Ezek az előírások ma már nincsenek érvényben, és csak tájékozással szolgálnak. Tisztán gumiabroncsos forgalomnál ennél jóval kisebb törőszilárdságú kőzet alkalmazása is indokolt. A gyengébb minőségű kőzet természetesen jobban kopik. Ennek megakadályozására célszerű, ha ilyenkor is jó minőségű zúzalékot használunk, vagy felületi bevonást is tervezünk.

A gyengébb minőségű anyagok előnye a helyi anyagok (háziilag termelt zúzottkő és zúzalék) felhasználásában rejlik.

A talaj és a helyi anyagok ismeretében kezdjük el a pályaszerkezet tervezését. A makadám pálya szerkezete ma már nem mindig követi az előzőekben ismertetett klasszikus megoldásokat és bizonyos esetekben el is kell térni tőle.

Ha az alépitmény iszapos homokliszt vagy iszaptalaj (DORNII talajosztályozás D talaj), átázott vagy átázási veszélynek (rétegvíznek) kitett puha agyagtalaj, akkor semmi esetre sem szabad a rakott vagy szórt alapot közvetlenül a talajra helyezni. Ilyenkor lehetőleg jó vízáteresztő, de mindenesetre kötött részt nem tartalmazó aprószemcsés anyagból, homokból, homokos kavicsból, murvából, kötőrmelékéből vagy mechanikai stabilizációból kell ágyazatot ter-

vezni. Erre kerül az alap, s rá a zúzott kőpálya. Az alap kisebb forgalomnál el is maradhat. Ezt a kérdést a burkolatméretezés dönti el. A pályaszerkezet cél-szerű felépítésével külön fejezet foglalkozik.

Az egyes rétegek és a teljes pályaszerkezet vastagságát méretezéssel állapítjuk meg. A 2.86-3. és 2.86-4. ábra méretezési grafikonokat mutat be.

A makadám pályaszerkezetek általában a következő vastagsági mérethatárok között és a következő anyagokból kerülnek kivitelezésre:

Szórt alap vastagsága 12–15 cm. Ennél vastagabb terítést két rétegben kell hengerelni. Anyaga Z 65/100, ritkábban Z 45/65 jelű zúzottkő.

A zúzottkőpálya vastagsága 8–12 cm. Vastagabb terítést két rétegben kell hengerelni. Főként

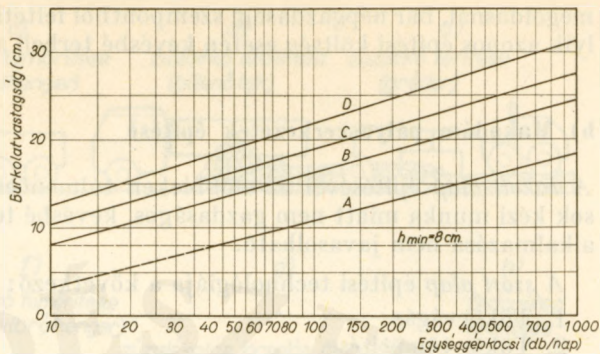
45/65 jelű zúzottkőből készül. Néha Z 26/45 jelű zúzottkővet is alkalmaznak, ezt azonban csak 5–8 cm vastag rétegben terítik. A lazán terített zúzottkő magasságának 20–25%-át veszíti el hengerlés közben. Zúzalékoláshoz Z 5/15 jelű, fedőréteghez ugyanezt vagy inkább Z 2/10 jelű zúzalékot, ill. bányahomokot használunk. A zúzalékszükséglet m^3 -ben egyenlő a zúzottkőréteg m -ben mért vastagságának 20%-ával.

Folytonos szemeloszlású makadámhoz osztályozatlan zúzottkővet használunk, melyhez még homokot és kötött talajt, vagy csak az utóbbit keverünk hozzá. A keverés gréderrel történik.

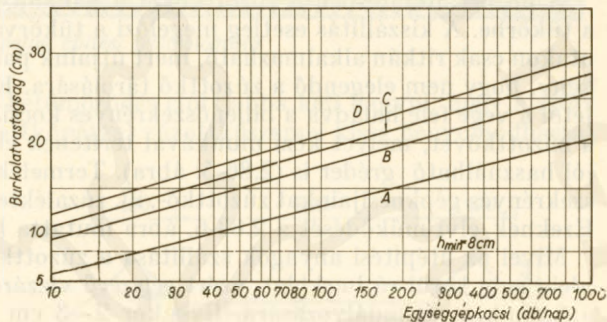
A tervezés során az anyagok megválasztása, beszerzési helyük eldöntése és a pályaszerkezet rétegvastagságának meghatározása után el kell készíteni az építési technológiát és az organizációt. Meg kell vizsgálni, hogy mekkora szállítási kapacitás szükséges az anyagok kívánt idő alatti kiszállításához vagy fordítva, mennyi ideig tart az anyagok kiszállítása a rendelkezésünkre álló szállítási kapacitás figyelembevételével. A tervezés befejező lépése a költségvetés elkészítése.

Az előbbi bekezdésben felsorolt munkarészek elemzésével megvizsgálandó, hogy pl. elégtelen szállítási kapacitás esetén nem volna-e előnyösebb stabilizáció tervezése. Tájékoztatóul szolgálhat, hogy 15 cm vastag stabilizáció és 10 cm vastag szórt alap szállítási feladata mésztabilizáció esetén úgy aránylik egymáshoz, mint 1 : 9, ugyanez cementstabilizációnál 1 : 5.

A zúzottkőnek és zúzalékoknak leadóállomási áruk van, ezért, ha a vasútállomás vagy a bánya (saját termelésű zúzottkő) nagyon közel van az építés helyéhez, akkor a makadám pályaszerkezetek gazdaságosabbak lehetnek más



2.86-3. ábra. Makadám burkolat vastagsága nedves talajon, 15 cm vastag alapon



2.86-4. ábra. Makadám pályaszerkezet teljes vastagsága száraz talajon (alap és zúzottkőpálya együtt)

megoldásnál, bár népgazdasági szempontból feltétlenül az az előnyösebb, amelyik azonos építési költség esetén kevésbé terheli a közlekedési hálózatot.

b) Makadám pályaszerkezetek építése

A rakott alap építésével az előbbieken túlmenően nem foglalkozom, mert a sok kézi munka miatt nem gazdaságos, kevésbé termelékeny módszer, s ezért alkalmazása nem javasolható.

A szórt alap építési technológiája a következő:

1. Tükörvágás.
2. Tükör tömörítése.
3. Padkaszivárgó készítése.
4. Zúzottkő kiszállítása és elterítése.

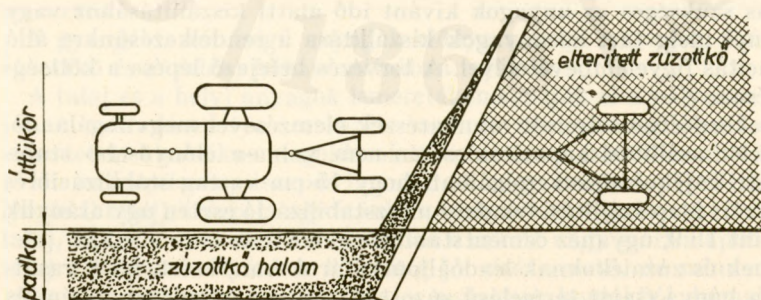
A közúti útépítésben a zúzottkővet a padkán készletezik és onnan terítik a tükörbe. A kiszállítás esetleg megelőzi a tükörvágást is. Ez a módszer erdei utakon csak ritkán alkalmazható, mert útjaink padkája rendszerint olyan keskeny, hogy nem elegendő a zúzottkő tárolására. Ezért erdei utakon az út elejétől a vége felé haladva a billenőszekrényes kocsik rögtön a tükörbe billentik a zúzottkővet, melyet kézi munkával terítenek el a kívánt vastagságban, de jól használható gréder is (2.86-5. ábra). Termelékenyebb lenne, ha a billenőszekrényes gépkocsijainkat zúzottkő-, ill. zúzalékterítő adapterrel szerelnék fel. Ezeknek elvi működését a 2.83-6. ábra mutatta be.

Mivel az útépítési anyagok szállítása a zúzottkőrétegen folyik és hosszabb ideig nem kerül rá burkolat, azért célszerű vízzáróvá tenni az alépítmény átázásának megakadályozására. Ilyenkor 2–3 cm talajt terítünk a zúzottkőrétegre, melyet néhány hengerjáráttal betömörítünk a zúzottkőszemek közé. Ezt a munkát más szempontok is indokolják, ha a szórt alapra nem klasszikus makadám, hanem itatott makadám kerül.

5. Zúzottkőréteg tömörítése sima hengerrel vagy vibróhengerrel.

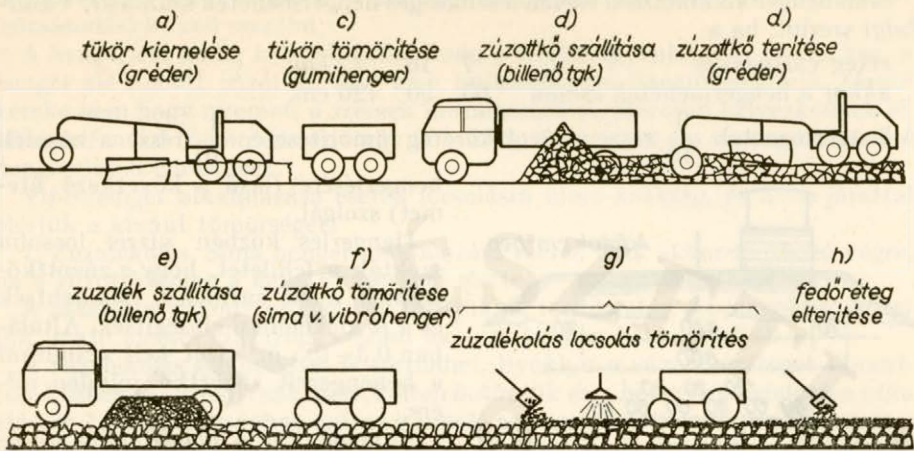
Ha hengerlés közben a henger előtt felgyűródik a zúzottkő (gumizás), akkor ez az alépítmény nem kellő teherbírására, a megengedettnél nagyobb rugalmas vagy maradó alakváltozására mutat. Átázott alépítményre helyezett zúzottkőrétegen hengerlés közben iszapfoltok is jelentkezhetnek. Ilyen esetekben a hengerlést abba kell hagyni és az alépítmény kiszáradása után folytatni. Ha ez nem következik be, vagy nincs mód a kiváráására (pl. átmenő építőanyagszállító forgalom), akkor más pályaszerkezetet kell építeni. Legcélszerűbb mésszel javítani az alépítményt vagy mésztabilizációt építeni.

Az előző bekezdésben említett hibák okát a nem megfelelő pályaszerkezetben (lásd 2.891. fejezet), vagy az alépítmény építés közbeni átázásában kell keresni.



380 2.86-5. ábra. Zúzottkő terítése gréderrel

Haladási irány

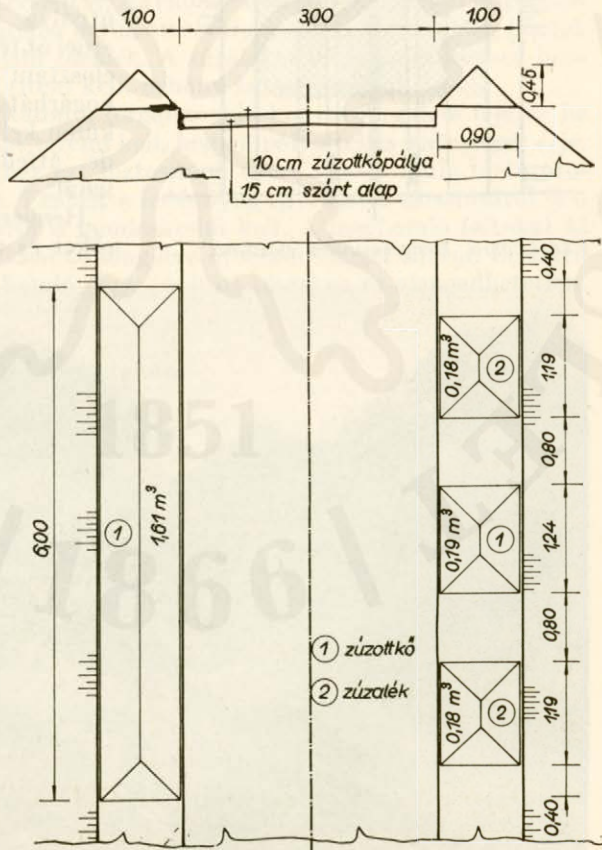


2.86-6. ábra. Makadám zúzottkőpálya építési technológiája

A hengerlést már a teljes betömörödés előtt abba kell hagyni, hogy a szórt alapra kerülő burkolat (zúzottkőpálya) zúzottkőszemei kissé benyomódhassanak az alapba és a két réteg között megfelelő kapcsolat jöhesse létre.

A *zúzottkőpálya* kerülhet rakott vagy szórt alapra, esetleg közvetlenül az alépítményre (alap nélküli makadám). Építési technológiája (2.86-6. ábra) a következő:

1. Tükörvágás (csak alap nélküli makadámnál).
2. Padkaszivárgók készítése (csak alap nélküli makadámnál).
3. Tükör tömörítése (csak alap nélküli makadámnál).
4. Zúzottkő kiszállítása és elterítése. A szükséges zúzottkőmennyiség ebben az esetben már elhelyezhető lenne a padkán is (2.86-7. ábra), de célszerűbb, ha a szórt alap készítéséhez hasonló módon az alapra billentik és rögtön elterítik.
5. Zúzalék kiszállítása és prizmázása a padkán.
6. A zúzottkőpálya tömörítése sima vagy vibróhengerrel.

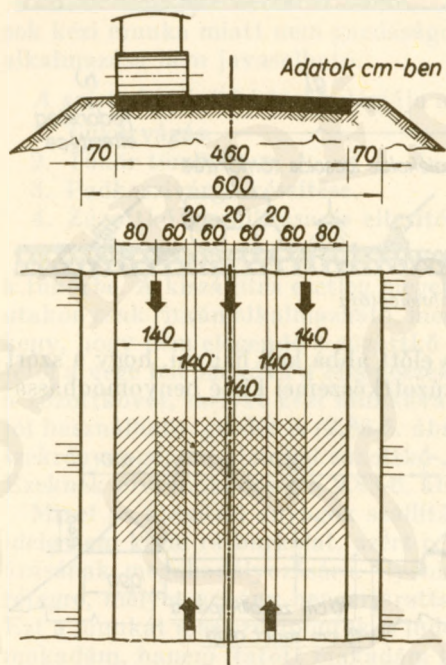


2.86-7. ábra. Zúzottkő deponálása a padkán

Simahenger alkalmazása esetén a szükséges hengermenetek száma *dr. Vásárhelyi* szerint, ha a

réteg vastagsága 7 10 12 cm,
akkor a hengermenetek száma 65 90 120 cm.

A hengermenetek $\frac{9}{10}$ része a zúzottkőréteg tömörítésére, $\frac{1}{10}$ része a zúzalék



2.86-8. ábra. Hengermenetek elosztása

hengelésére (lásd a következő ütemet) szolgál.

Hengelés közben vízzel locsolni szokták a felületet, hogy a zúzottkőszemek közti sűrűlődést csökkentik és a jó kiékelődést elősegítik. Általában 0,3–0,5 m³ vizet kell számítani a behengerelt zúzottkő minden m³-ére.

A hengérést a pálya szélén kezdjük és onnan haladunk az út tengelye felé úgy, hogy az egyes hengerrétegek egymást legalább $\frac{1}{3}$ – $\frac{1}{4}$ részben fedjék (2.86-8. ábra). A fedés mértéke függ a rendelkezésre álló hengerlőjének méretétől és a hengerezendő útpálya szélességétől (pl. kétjáratú erdei út félszélessége 2,30 m). Erre kell elosztani a hengerrétegeket, mivel a bogárhát alakú keresztmetszvény miatt külön kell hengerezni a két félpályát, de átfedésnek a közepén is kell lenni.

Hengérés közben mutatózó gödröket és egyenetlenségeket zúzottkő-



terítéssel kell kiegyenlíteni. A teljesen széttöredezett, szétmállott foltokat (rózsásodás) ki kell cserélni.

A hengerlést addig kell folytatni, amíg a felület egyenletes és tömör lesz, a henger elé dobott zúzottkő már nem nyomódik be, hanem széttörik, jármű kereke nem hagy nyomot, a szemek mozaikszerűen, szorosan helyezkednek el. Hengerlésnél a tömörödés mintegy 20–25%, tehát a 10 cm vastag terítés behengerelve 8 cm-es lesz.

Vibróhenger alkalmazása esetén locsolásra nincs szükség, és 3–5 járáttal elérjük a kívánt tömörséget.

7. Zúzalékolás. Sima henger alkalmazása esetén csak akkor hajtható végre, ha a zúzottkőréteg a kellő tömörséget elérte.

A zúzalékot vékony rétegekben terítjük el, terítés után a hézagokba söpörjük, majd eleinte szárazon, később locsolás közben behengereljük.

A zúzalékolás iszapolással is történhet, ilyenkor a zúzottkőréteget tömörítése közben (6. ütem) csak mérsékelten öntözzük és a hengerlés befejezése után először 1 cm vastagságban száraz iszapoló anyagot terítünk el, melyet hengerjáráttal lesimítunk. Erre kerül a zúzalék $\frac{3}{4}$ része, melyet bőségesen locsolunk, majd rövid szikkadás után megkezdjük a hengerlést, melyet addig folytatunk, amíg a felszínen pépszerű anyag jelenik meg. Közben sepréssel és gereblyézéssel gondoskodunk az iszapoló anyag és zúzalék egyenletes elosztásáról. A zúzalék-maradék $\frac{1}{4}$ részét azokra a helyekre terítjük, ahol a hézagok nincsenek tökéletesen kitöltve.

8. Fedő- vagy védőréteg elkészítése. Az előbbieket szerint elkészített zúzottkőpályára még fedő- vagy védőréteg kerül, amely rendszerint 2 cm vastag homok vagy Z 5/15, esetleg Z 2/10 jelű zúzalék. A zúzalékot bő locsolás közben hengereljük. A homokot is tömöríteni kell, néhány hengerjáráttal.

Az utat célszerű azonnal átadni a forgalomnak, hogy a forgalom fejezze be az út tömörítését. A forgalmat terelni kell, hogy a pálya teljes szélességét érje. Az erdei utaknál sokszor nehéz ezt biztosítani, ezért a 2–6 hétig tartó utókezelés fokozottan szükséges. Ezalatt a fedőanyag egyenletes elosztásáról és a lesodort anyag visszasepréséről is gondoskodni kell. A megbomló foltokat ki kell tisztítani, és friss zúzalékkal bedöngölve új védőréteggel ellátni. Célszerű többször locsolni az utat, a bomló vagy javított részeken ez elengedhetetlen.

e) Makadám pályaszerkezetek erdei utakon

A makadám pályaszerkezetet egész felépítése kiválóan alkalmassá teszi a vasabroncsos forgalomra. Gumiabroncsos forgalom szívóhatása a zúzalékszemeket kiszívja, ezzel a felszínt megbontja és a burkolat gyorsan tönkremegy. Emiatt csak egész kivételes esetben szabad klasszikus makadámot építeni, vagy valamilyen aszfalt záróréttel (felületi bevonás, aszfalt zúzalékszőnyeg stb.) kell lezárni, melyeknek ismertetésére a következő fejezetben kerül sor.

Kivételt képeznek a nagyon csapadékos, magas páratartalmú helyek, ahol a látszólagos kohézió védi az út felszínét. Ilyen azonban hazánkban alig van. Mesterségesen létrehozhatjuk azonban ezt az állapotot kalciumklorid adagolásával.

A tisztán vagy túlnyomórészt gumiabroncsos forgalom esetén a zúzottkövek szilárdsági előírásai túlzottak. A gépkocsi gumiabroncsa alatt jóval kisebb a fajlagos nyomás, mint a vasabroncs alatt, ezért a saját kőbányákban vagy a trasszban termelt zúzottkövet jól fel lehet használni a különböző helyi (szemcsés) anyagokkal együtt. Ezen a módon építési költségeinket jelentősen csökkenthetjük. A helyi anyagok alkalmazása természetesen más pályaszerkezetet kíván.

Középhegységi erdeinkben a saját termelésű zúzottkőből és a helyi anyagokból készült pályaszerkezet legtöbbször minden más megoldásnál gazdaságosabb. Alkalmazzák az ún. „folytonos szemszerkezetű” makadámot is, erre azonban a mechanikai stabilizációnál elmondottak érvényesek.

Leromlott makadámok felújításánál a felszaggatott anyagból jó mechanikai stabilizációt építhetünk.

Új makadámot vagy makadám felújítást ma már csak felületi bevonással szabad készíteni, mely az emelkedők mértéke szerint érdes kivitelben is készülhet.

2.87 Aszfaltburkolatok

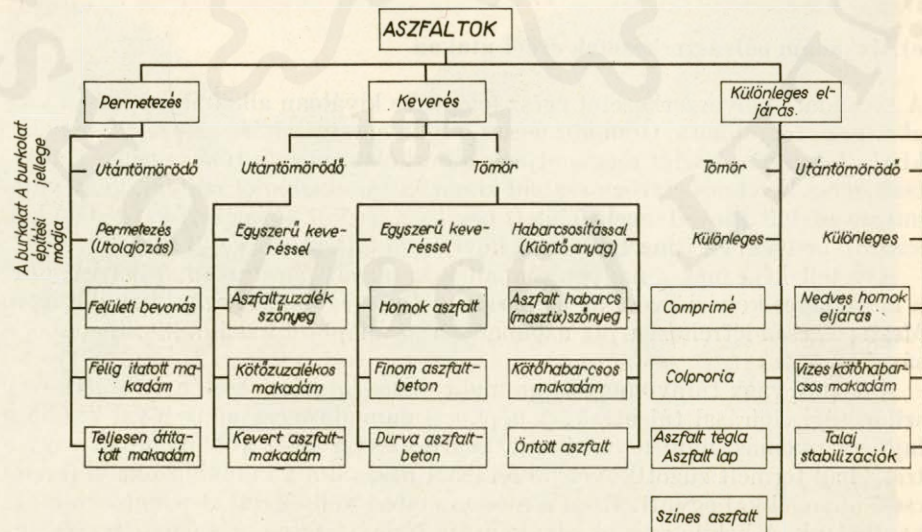
Ide tartoznak azok a burkolatok, melyeknél a szilárd adalékanyagot (kő, homok) kötőanyag vonja be. A kötőanyag ún. szénhidrogén alapú kötőanyag: útbitumen, hígított bitumen, bitumen emulzió, útkátrány (deszillált-, preparált- és antracénolaj kátrány), hideg kátrány, kátrányemulzió, bitumen- és kátránykeverék. Fekete burkolatok elnevezéssel is találkozunk.

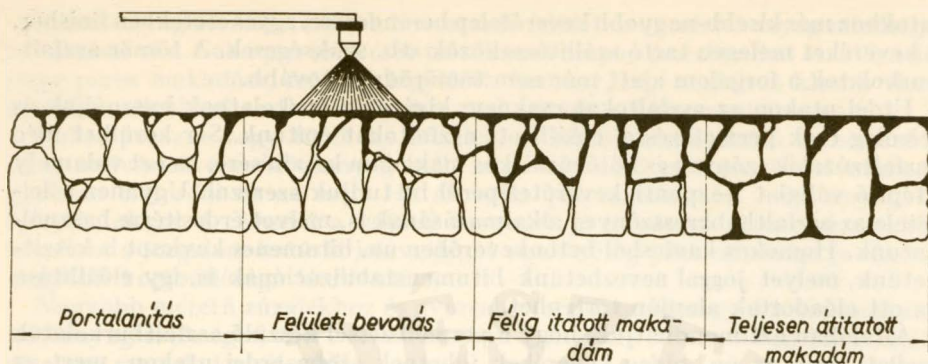
A hazánkban kialakult szóhasználatnak megfelelően a továbbiakban bitumen, ill. kátrány alatt bármely, az előbb felsorolt bitumen, ill. kátrány alapanyagú kötőanyagot kell érteni. Ha csak valamelyik meghatározott kötőanyagról lehet szó, akkor ezt pontosan meg kell jelölni.

A kötő- vagy ragasztóanyag magas kohéziót kölcsönöz a kohézió nélküli adalékanyagoknak, a burkolatot vízzáróvá teszi és sima járőfelületet biztosít.

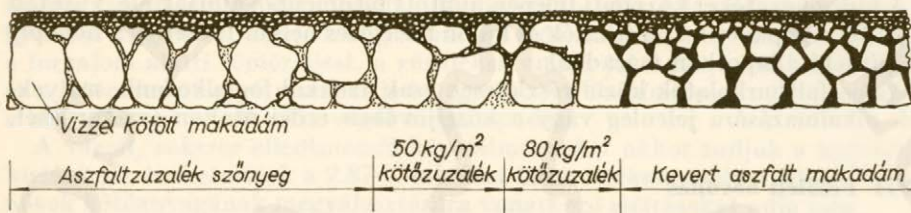
Az aszfaltok lehetnek burkolatok, burkolatalapok, szigetelőrétegek és hézagkiöntő anyagok. Rendkívül változatos technológiával igen sokféle formában készülnek. *Ferenczy Géza: Aszfaltburkolatok* c. könyve alapján a 2.87-1, 2, 3, 4, 5. ábrán áttekintést szerezhetünk az aszfaltburkolatok fajtáiról és szerkezetéről.

A permetezéssel készülő aszfaltburkolatok előállításához csak valamilyen szóróberendezés (kézi szórócső, permetező kocs) kell a szokásos eszközökön kívül. Utántömörödő jellegük azt jelenti, hogy végleges tömörségüket csak a forgalom alatt, az elaszfaltosodás folyamán érik el. A keveréssel készülő burko-

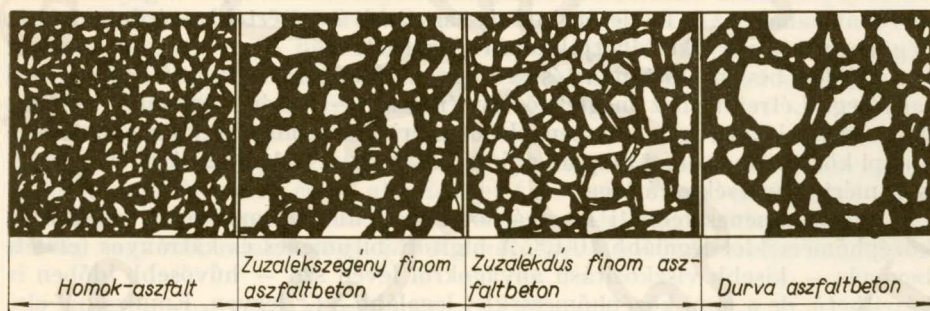




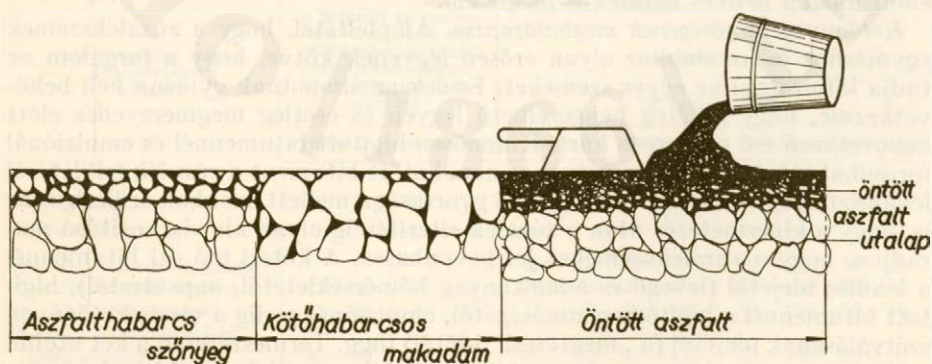
2.87-2. ábra. Permetezéssel előállított aszfaltburkolatok



2.87-3. ábra. Utántömörítő kevert aszfaltburkolatok



2.87-4. ábra. Tömör, egyszerű keveréssel készülő aszfaltburkolatok



2.87-5. ábra. Tömör, habarcsosítással készülő aszfaltburkolatok

latokhoz már kisebb-nagyobb keverőtelep berendezése, egyes esetekben finisher, a keveréket melegen tartó szállítóeszközök stb. szükségesek. A tömör aszfaltburkolatok a forgalom alatt már nem tömörödnek tovább.

Erdei utakon az aszfaltokat csaknem kizárólag burkolatnak használják és jelenleg csak permetezéssel előállított aszfaltokat építünk. Sor kerülhet még aszfaltzúzalék szőnyeg és kötőzúzalékos makadám készítésére, ha ezt valamely útépitő vállalat központi keverőtelepéről be tudjuk szerezni. Ugyanez a feltetele az aszfalthabarcsszőnyeg alkalmazásának is, melyet érdesítésre használhatunk. Homokos kavicsból betonkeverőben ún. bitumenes kavicsot is készíthetünk, melyet joggal nevezhetünk bitumenstabilizációnak is, így előállítása az ott előadottak alapján történhet.

Általában azt mondhatjuk, hogy a permetezéssel készülő aszfaltburkolatok mellett csak az ún. hideg keverékek jöhetnek szóba erdei utakon, mert az ezekhez szükséges felszerelés olcsó és kis volumenű beruházásoknál is gyorsan megtérül.

A hideg keveréket központi telepen hígított bitumenből állítják elő, vasúton vagy tehergépkocsin szállíthatók és külön melegítés nélkül 1, esetleg 2 hónapig beépíthető állapotban maradnak.

Az aszfaltburkolatok közül részletesen csak azokkal foglalkozunk, melyeknek alkalmazására jelenleg vagy a közeljövőben erdei utakon sor kerülhet.

2.871 Felületi bevonás

A felületi bevonás szemcseátmérőnyi vastagságban elterített zúzalék, ahol a szemcséket egymással és az alappal bitumen köti össze. Célja az, hogy megakadályozza a víz behatolását a pályaszerkezetbe, ellenálljon a gumiabroncs szívóhatásának, az út felületét simává, vagy a kívánt mértékben érdesé tegye, végül segítségével elkerülhetjük a porképződést.

A felületi bevonás a tömörítés és forgalom hatására kialakuló vékony aszfaltréteg. Létrejöttéhez megfelelő hőmérséklet – főképp napsütés – kell, hogy az adalékanyag a bitumennel „összeérjen”. A hőmérsékleti előírásokat a napi középhőmérséklet alapján adják meg, mely a 7, 14 és 21 óraker arányokban mért hőmérséklet átlaga.

Az útibitumenes felületi bevonáshoz feltétlenül száraz, meleg idő kell, a középhőmérséklet legalább 10 C°. A hígított bitumenes és kátrányos felületi bevonás – kisebb viszkozitású anyagokról lévén szó – hűvösebb időben is készíthető, de a napi középhőmérséklet legalább 5 C° legyen. Emulziónál eleendő, ha a hőmérséklet 0 C° felett van. Úti bitumennél a zúzalék legyen száraz, hígított bitumennél kívánatos a szárazság, de kissé nyirkos is lehet, míg emulziónál a nedves zúzalék is megfelelő.

Kötőanyag minőségének meghatározása. Alapfeltétel, hogy a zúzalékszemek egymáshoz és az alaphoz olyan erősen legyenek kötve, hogy a forgalom ne tudja kifordítani az egyes szemeket. Ennek az állapotnak gyorsan kell bekövetkeznie, hogy a réteg hengerelhető legyen és esetleg megmerevedés előtt bekövetkező eső ne tegyen kárt. Különösen hígított bitumennél és emulziónál fordulhat elő, hogy a víz a még meg nem kötött bitument a zúzalék felületéről leválasztja, sőt kimossa. A kötési idő gyorsasága mellett azonban szükséges az is, hogy a kipermetezés után a zúzalék elterítéséig olyan kis viszkozitású maradjon, hogy a zúzalékszemeket jól bevonhassa. A kötési idő úti bitumennél a lehülés idejétől (levegő és adalékanyag hőmérsékletétől, napsütéstől), hígított bitumennél a hígítószer minőségétől, emulziónál pedig a víz és kötőanyag szétválásának idejétől (a „megtörési” időtől) függ. Természetesen a két utóbbi esetben is nagyon lényeges a levegő és az adalékanyag hőmérséklete és a napsütés. Ezért is fontos a hőmérsékleti előírások betartása.

A kötőanyag kiválasztására a bevonandó felület és az adalékanyag minősége is hatással van. Sok apró szemcsés tartalmazó alapon (mechanikai stabilizáció vagy poros makadám) fel nem lágyított, kemény, régi aszfalton kisebb viszkozitású, ellenkező esetben nagyobb viszkozitású kötőanyagot használunk.

Puha, porózus vagy törekeny zúzalékhoz kisebb viszkozitású és hosszabb ideig nedvesítőképes kötőanyag kell, mint ellenkező esetben. Erdei utaknál gyakran előfordul ez az eset. Ha az egész pályaszerkezetet helyi anyagból építjük, akkor is célszerű a felületi bevonást jó minőségű nemes zúzalékból készíteni a forgalom hatását közvetlenül viselő réteg jobb minősége és főként nagyobb kopásállósága kedvéért.

Nagyobb méretű zúzalékhoz és gyorsabb forgalomnál nagyobb viszkozitású kötőanyag szükséges, mert e két esetben a kerekek könnyebben kifordítják az egyes szemeket a rétegből.

Ezeknek a szempontoknak a kielégítésénél elsősorban a kötőanyag lágyuláspontját és viszkozitását kell figyelembe venni. A lágyuláspontnak nagy jelentősége van az építés után meginduló elaszfaltozás folyamatában is, mert ilyenkor még olyan lágynak kell lennie a kötőanyagnak, hogy ne akadályozza a forgalom alatti tömörödést, a zúzalékszemszék jól el tudjanak helyezkedni, és a letöredezett apró részeket is befogadja. Az elaszfaltozás folyamatában a lágyuláspont emelkedik, végül megállapodik.

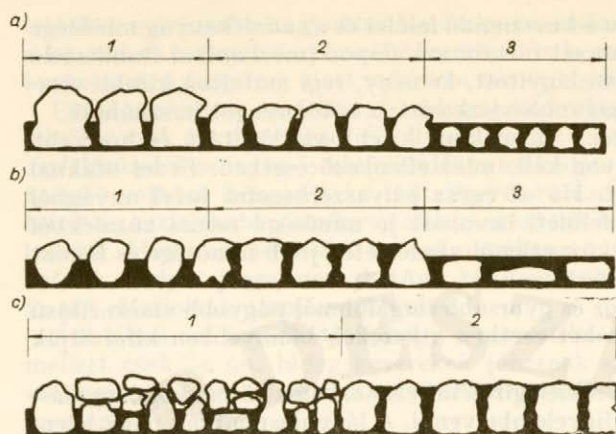
A vázolt, sokszor ellentmondó követelményeket akkor tudjuk a legjobban kielégíteni, ha betartjuk a 2.87-I. táblázat határértékeit, mely a felületi bevonások kötőanyagának megválasztására vonatkozó előírásokat adja meg.

A lágyuláspont, illetve a viszkozitás beállításánál erdei utaknál általában a táblázat kisebb értékei felé kell közeledni. Ugyanez a szabály vonatkozik valamennyi hűvös, nedves, árnyékos munkahelyre, kisebb szilárdságú, aprózódásra hajlamos zúzalék (dolomit, mészkő, saját termelésű zúzalék) alkalmazásának esetére, végül ha az utat lassabban haladó járművek használják. Erdei útjaink naposabb szakaszain és a felsoroltakkal ellenkező körülmények esetén a táblázat felső határai felé kell közeledni.

A kötőanyag és zúzalék mennyiségének meghatározása. Itt abból indulhatunk ki, hogy a zúzalék egy szemcsevastagságnyi rétegben fekszik, a kötőanyag pedig a zúzalékszemszék és az alap felületét be kell vonnia, és a köztük levő házagokat kitöltenie. Kisebb átmérőjű szemcsehalmaz felületének összege mindig nagyobb, mint a nagyobb átmérőjűeké. Kisebb átmérőjű zúzalékból

2.87-I. táblázat. Felületi bevonás kötőanyagának megválasztása

Hőmérséklet napi középértéke (időszak)	Kötőanyag típus					
	a felületi bevonáshoz v. emulzió előállításához használt útibitumen lágyuláspontja (gyűrűsgolyós)		hígított bitumen		kátrány	
			viszkozitás 30 C°-on			
			10 mm nyíláson			
	nehéz	könnyebb	nehéz	könnyebb	nehéz	könnyebb
forgalom esetén						
C°	C°	mp	mp	mp	mp	
5 – 10 C° (csak tavasszal)			20 – 40	20 – 40	10 – 40	10 – 40
10 – 15 C° (nyár végén) ...	32 – 36	30 – 34	75 – 150	20 – 40	70 – 120	35 – 60
10 – 15 C° (tavasszal)	35 – 38	34 – 37	75 – 150	20 – 40	70 – 120	35 – 60
15 – 20 C° (tavasszal és nyár végén)	38 – 40	37 – 39	75 – 150	75 – 150	80 – 150	50 – 70
20 C° felett (nyáron).....	40 – 43	38 – 41	300 – 500	75 – 150	150 – 300	70 – 100



2.87-6. ábra. A szemcsék nagyságának, alakjának és szemeloszlásának hatása a kötőanyagviszonyokra

anyagviszonyokra gyakorolt hatását jól szemlélteti a *Ferenczy Gézáltól* származó 2.87-6. ábra.

Az a ábrarész 1. szakaszán kevés a kötőanyag, a zúzalékszemek kiperegnek, 2. szakaszán megfelelő, 3. szakaszán pedig sok, a felület zsiros. A *b* ábrarész azonos kötőanyagmennyisége gömbölyű szemcséknek (1) kevés, a szemcse kiszakad a felületről, kívánatos alakú zúzaléknak (2) éppen elegendő, lapos-lemez szemcséknek (3) pedig sok, a felület zsiros lesz. Ugyancsak azonos

készített felületi bevonáshoz tehát több kötőanyag kellene, de a kötőanyag-felhasználás mértékét csökkenti az a körülmény, hogy a kis átmérőjű szemcsékből vékonyabb bevonást készítünk, mivel a bevonás vastagsága egyenlő a szemcseátmérővel. Általában azt mondhatjuk, hogy a zúzalékszemek közötti hézagokat $\frac{2}{3}$ magasságig töltse ki a kötőanyag. A szemcsék nagyságának, alakjának és szemeloszlásának a kötő-

2.87-II. táblázat. A felületi bevonások zúzalék és kötőanyag viszonyai

Átlagos szemcseátmérő mm	M _p /m ³ térfogatsúlyú zúzalék esetén az adagolandó zúzalékmenyiség legalább							Kötőanyag mennyiség l/m ²
	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8		
	l/m ²	kp/m ²						l/m ²
4	5,5	7,2	7,7	8,3	8,8	9,4	9,9	0,6–0,8
6	7,0	9,1	9,8	10,5	11,2	11,9	12,6	0,7–1,0
8	8,0	10,4	11,2	12,0	12,8	13,6	14,4	0,8–1,1
10	9,0	11,7	12,6	13,5	14,4	15,3	16,2	0,9–1,3
12	11,0	14,3	15,3	16,5	17,6	18,7	19,8	1,1–1,6
14	13,0	16,9	18,2	19,5	20,8	22,1	23,4	1,3–1,9
16	14,0	18,2	19,6	21,0	22,4	23,8	25,0	1,4–2,0
18	16,0	20,8	22,4	24,0	25,6	27,2	28,8	1,5–2,3

2.87-III. táblázat. 1 kp nagylengyelű útbitumen térfogata literben

Útbitumen jele	25 C°-on kp/dm ³	Ha a bitumen hőmérséklete C°-ban											
		25°	100°	110°	120°	130°	140°	150°	160°	170°	180°	190°	200°
akkor 1 kg súlyú anyag térfogata literben													
Ub-40	1,030	0,97	1,02	1,02	1,03	1,03	1,04	1,04	1,05	1,06	1,06	1,07	1,08
Ub-45	1,035	0,97	1,01	1,02	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06	1,07	1,07
Ub-50	1,040	0,96	1,01	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,04	1,05	1,05	1,06	1,07
Ub-60	1,045	0,96	1,00	1,01	1,01	1,02	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	1,06	1,06
Ub-65	1,050	0,95	1,00	1,00	1,01	1,01	1,02	1,03	1,03	1,04	1,04	1,05	1,06
Ub-75	1,053	0,95	0,99	1,00	1,00	1,01	1,02	1,02	1,03	1,03	1,04	1,05	1,05

2.87-IV. táblázat. 1 kp nagylengyelű hígított bitumen térfogata literben

Hígított bitumen jele	25 C°-on kp/dm ³	Ha a hígított bitumen hőmérséklete C°-ban											
		25°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°	140°
		akkor 1 kp súlyú anyag térfogata literben											
HB-1	0,99	1,01	1,02	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06	1,07	—	—
HB-2	1,00	1,00	1,01	1,01	1,02	1,03	1,03	1,04	1,04	1,05	1,06	1,06	—
HB-3	1,01	1,00	1,00	1,00	1,01	0,02	1,02	1,03	1,03	1,04	1,05	1,05	1,06

2.87-V. táblázat. 1 kp utikátrány vagy bitumenes kátrány térfogata literben

25 C°-on kp/dm ³	Ha az anyag hőmérséklete C°-ban										
	25°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°
	akkor 1 kg súlyú anyag térfogata literben										
1,140	0,88	0,88	0,89	0,89	0,90	0,90	0,91	0,91	0,92	0,92	0,93
1,150	0,87	0,87	0,88	0,88	0,89	0,89	0,90	0,90	0,91	0,91	0,92
1,160	0,86	0,87	0,87	0,87	0,88	0,88	0,89	0,89	0,90	0,90	0,91
1,170	0,85	0,86	0,86	0,87	0,87	0,88	0,88	0,89	0,89	0,90	0,90
1,180	0,85	0,85	0,85	0,86	0,86	0,87	0,87	0,88	0,88	0,89	0,89
1,190	0,84	0,85	0,85	0,85	0,86	0,86	0,87	0,87	0,88	0,88	0,89
1,200	0,83	0,84	0,84	0,85	0,85	0,85	0,86	0,86	0,87	0,87	0,88
1,210	0,83	0,83	0,83	0,84	0,84	0,85	0,85	0,86	0,86	0,87	0,87
1,220	0,82	0,82	0,83	0,83	0,84	0,84	0,85	0,85	0,86	0,86	0,87
1,230	0,81	0,81	0,82	0,82	0,83	0,83	0,84	0,84	0,85	0,85	0,86
1,240	0,81	0,81	0,81	0,82	0,82	0,83	0,83	0,84	0,84	0,85	0,85
1,250	0,80	0,80	0,81	0,81	0,82	0,82	0,83	0,83	0,84	0,84	0,85

mennyiségű kötőanyagba ágyazott zúzalékokat mutat a c ábrarész. Vegyes szem nagyságú zúzalékhoz (1) kevés, azonos szem nagyságúhoz elegendő a kötőanyag.

Tömör, kemény, nem aprózódó zúzalék, zárt és zsíros útfelület, sűrű és nehéz forgalom, száraz, meleg építési idő a kötőanyag szükségletet csökkenti, ellenkező körülmény növeli.

A 2.87-II. táblázatból meghatározhatjuk a szükséges zúzalék- és kötőanyag-mennyiséget. A táblázatban liter/m²-ben megadott mennyiségeket a kötőanyag sűrűsége alapján kp/m²-re számíthatjuk át (2.87-III, 2.87-IV, 2.87-V. táblázatok), annak ismeretében, hogy a táblázatbeli értékek 25 C°-ú kötőanyagra vonatkoznak. A kötőanyag szükségletben nincs benne az előpermetezéshez szükséges kötőanyag.

Az átlagos szemcseátmérő fogalma és meghatározása a 2.87-VI. táblázatban bemutatott példa alapján érthető.

A felületi bevonáshoz használt zúzalék méretére vonatkozóan a 2.87-VII. táblázat ad tájékoztatást.

2.87-VI. táblázat. A zúzalék átlagos szemcseátméréjének meghatározása

Rosthatárok	Rostanyílás középértéke	Rostavizsgálat eredménye	Rostanyílás középértékének és a rostavizsgálat eredményének szorzata/100
mm	mm	súly [%]	mm
0,0 – 3,0	1,5	3	0,045
3,0 – 10,0	6,5	20	1,300
10,0 – 15,0	12,5	74	9,250
15,0 – 20,0	17,5	3	0,525
Összesen		100	11,120

Átlagos szemcseátmérő 11,120 = 11 mm

A bevonandó alap		A zúzalék szemmagysága [mm]			
		bitumen, kátrány vagy bitu- men-kátrány keverék esetén	hígított bitumen esetén	emulziók esetén	meredek lejtőn érdes bur- kolathoz
Makadampálya	első bevonás	8/12 12/20	5/8	2/5 5/8	5/8 8/12
	második bevonás	5/8	8/12	2/5 5/8	8/12 12/20 15/25
	első bevonás	2/5 5/8	2/5	2/5	2/5 5/8
	második bevonás	5/8 8/12 12/20	5/8	2/5 5/8	8/12 12/20 15/25

A zúzalék általában kétszer tört, ún. nemes zúzalék (NZ), nagy szilárdságú, közel egyforma szemmagyságú, kubikos alakú, jó tapadóképességű. Nagy és nehéz forgalom, érdes felület nagyobb szemmagyságot kíván.

Hígított bitumen vagy más kisebb viszkozitású és tapadóképességű kötőanyag alkalmazásánál különösen fontos a zúzalék jó tapadóképessége.

A felületi bevonást két vagy több rétegben is készíthetjük. A kétrétegű bevonáshoz szükséges adalék- és kötőanyagmennyiségek az előbbi táblázatok alapján már meghatározhatók. Három- vagy négyrétegű bevonást nálunk nem alkalmaznak, bár erdei utakon indokolt lenne, mert egyszerű eszközökkel gyorsan előállítható. A többirétegű felületi bevonás szemszerkezetére is vannak előírások.

A bevont (impregnált) zúzalékkal végrehajtott felületi bevonás csak annyiban különbözik a csupasz zúzalékos módszertől, hogy a zúzalékot előzőleg 1,0–2,5 súlysúlyszázalék kötőanyaggal vonják be. A bevonás történhet aszfaltkeverőgéppben vagy egyszerű betonkeverőgéppben kis viszkozitású, így pl. HB-1 jelű, kellően felmelegített hígított bitumennel. Adagolását próbakeveréssel állapíthatjuk meg. Lényeges az, hogy a kész bevont zúzalék halmokban tárolható és hidegen is beépíthető. Nagy központi keverőtelepeken is előállítják, ahonnan vagonokban vagy tehergépkocsin jut az építés helyére.

Bevont zúzalék alkalmazásánál a 2.87-II. táblázat szerinti kötőanyagmennyiséget kb. 10%-kal csökkenteni kell.

Bevont zúzalékkal sokkal jobb minőségű és tartósabb bevonás készíthető, melynek elaszfaltozódása biztosabb. Akár házilag állítjuk elő, akár készen hozatjuk, drágább megoldás az előzőnél, de többletköltségeink előnyei miatt megtérülnek.

a) Felületi bevonás tervezése

Felületi bevonás tervezésénél számításba kell venni az alap milyenségét és minőségét, a felhasználásra kerülő zúzalék minőségét, a forgalom nagyságát és összetételét, az építés helyét és idejét. Mindezek alapján az előző fejezetben közölt táblázatok és alapelvek felhasználásával megállapíthatjuk a zúzalék méretét és milyenségét, valamint a kötőanyag minőségét és mennyiségét.

Erdői utaknál általában alacsonyabb lágyuláspontú kötőanyag nagyobb mennyiségét kell tervezni, mert útjaink kevesebb napot kapnak és az építési hely hűvösebb.

Felületi bevonás tervezésénél gondolni kell arra is, hogy milyen minőségű az alap, melyre a bevonás kerül. Ha az utótömörödés még nem fejeződött be, az aléptítmény tömörödésének hibái vagy más okok miatt számítani lehet az alap mozgására, akkor vagy nem szabad felületi bevonást építeni, vagy a kötőanyag megválasztásánál ezt messzemenően figyelembe kell venni (alacsony lágyuláspont, nagy duktilitás).

Figyelembe kell venni az út emelkedőjét. Olyan zúzalékból kell készíteni a bevonást, hogy az emelkedőnek megfelelő érdesség biztosítva legyen.

b) Felületi bevonás építése

Az építés technológiája a következő:

1. Előkészítés. A bevonandó felületet le kell tisztítani közönséges nyírfa-vessző seprűvel, drót- vagy piassava kefével. Lényeges, hogy minden bekötetlen vagy könnyen lazuló szemcsét eltávolítsunk, beleértve a poros részeket is. A portalanítást locsolókocsiból kipermetezett vízzel vagy magasnyomású vízszugárral is végezhetjük, de figyelembe kell venni, hogy az útbitumen csak teljesen száraz felülethez tapad hozzá kielégítő mértékben, a hígított bitumen már kissé nyirkos felületen is alkalmazható, míg az emulziónál előnyös a nyirkos felület. Ennek megfelelő mértékben kell megvárni a felület kiszáradását a munka folytatása előtt. Ezt a szabályt kell alkalmazni esős időjárás esetén is.

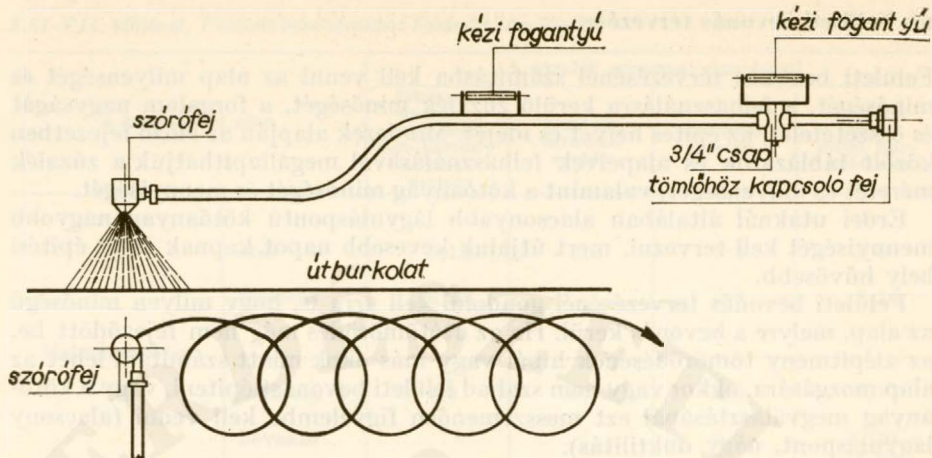
Makadampályán a felület letisztítása után előpermetezésre van szükség akkor, ha a bevonás útbitumennel készül (UB). Az előpermetezésnél a felületre juttatott 0,5–1,0 kp/m² adagolású UKH-t vagy HB-1 jelű hígított bitument a makadám beissza, és ennek eredményeképpen a felületi bevonás jobban fog tapadni a makadámhoz. A régi vagy új aszfaltburkolatok bármely kötőanyaggal történő bevonásánál, ill. makadampályák hígított bitumennel, emulzióval vagy kátránnyal végzett bevonásánál nincs szükség előpermetezésre. Ezek a szabályok egyaránt érvényesek csupasz és bevont (impregnált) zúzalék alkalmazására.

2. Kötőanyag melegítése és permetezése. A kötőanyag tárolásának és melegítésének módját a 2.83. fejezetben ismertettük. Tűzbiztonsági okokból, valamint a kötőanyag minőségi romlásának megakadályozása céljából feltétlenül be kell tartani a 2.83-II. táblázat értékeit.

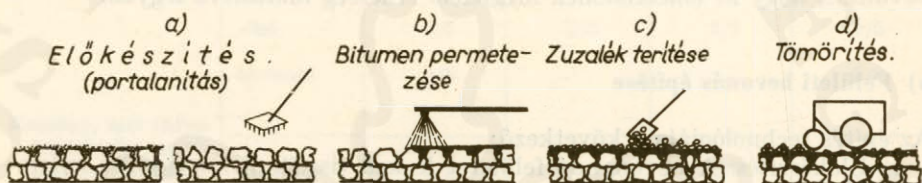
A kellően felmelegített kötőanyagot azután a terv szerinti adagolásban az előkészített út felületére permetezzük.

Kézi szórásnál a szórófejet egyenletes sebességgel egymást fedő körök mentén mozgatva (2.87-7. ábra) érjük el a kötőanyag egyenletes elosztását. Permetező gépkocsinál az egyenletes kiszórást a kocsis egyenletes mozgása biztosítja. Lényeges még, hogy a szórófejek jól porlasszanak, ezért karbantartásukra nagy gondot kell fordítani.

A terv szerinti kötőanyagmennyiség kipermetezését úgy ellenőrizhetjük, hogy vagy ismert felületű lemezt helyezünk az út felületére és megmérjük a



2.87-7. ábra. Kézi szórócső és mozgatója



2.87-8. ábra. A felületi bevonás építési technológiája

súlygyarapodást a szórófejek áthaladása után, vagy meghatározzuk a bepermetezett útfelület nagyságát a tartály teljes kiürüléséig.

3. Zúzalék elterítése. A kipermetezett kötőanyagra terítjük a zúzalékot egy szemcseátmérőnyi vastagságban, gondosan ügyelve az egyenletes terítésre.



392 2.87-9. ábra. Felületi bevonás utókezelése

A zúzalék terítése történhet kézi munkával, amikor a lapátra vett zúzalékot kaszáló mozdulattal gurítva juttatjuk az út felületére. A gépi zúzalékterítésnél a hátrabillentett kocsiszekerényből lecsúszó zúzalék egyenesen függönyként hullik az út felületére. Célszerű hátramenetben végezni ezt a műveletet, mert így a zúzalékterítő gép a már elterített zúzalékon halad.

A zúzalék terítése azonnal kövesse a kötőanyag kipermetezését, mielőtt még a kötőanyag megmerevedik. Később a zúzalékszemek megfelelő bevonására már nem lehet számítani.

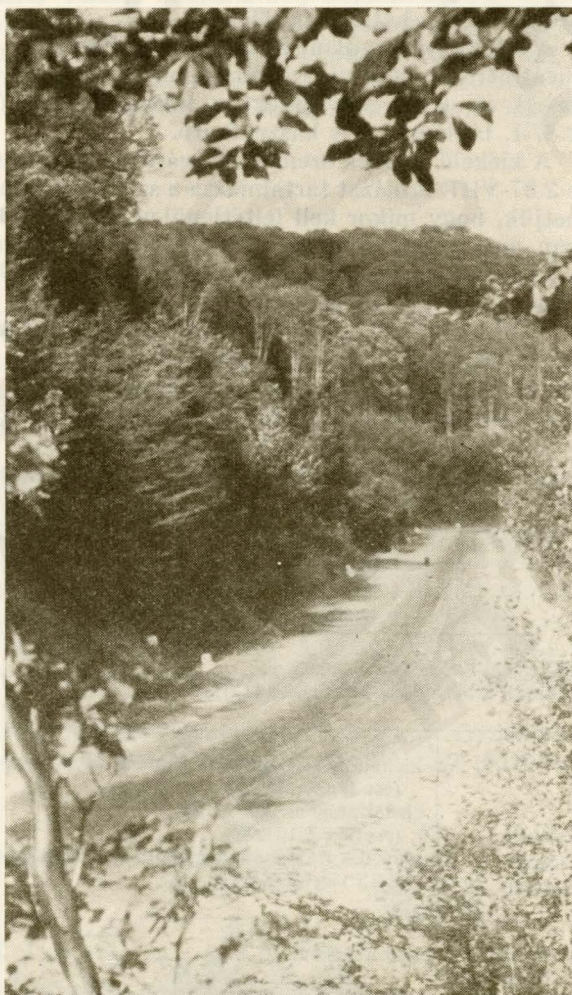
4. Tömörítés. A zúzalék elterítése után lehetőleg azonnal tömörítsünk. Erre a célra az univerzális gépláncunk (2.83. fejezet) bármelyik hengere használható. Jó, ha előbb gumihengerrel, majd 10 Mp-nál kisebb súlyú simítóhengerrel tömörítünk. Az építési technológiát a 2.87-8. ábra szemlélteti.

Bármivel végezzük is a tömörítést, a felületi bevonás elaszfaltozásához feltétlenül szükséges az építés utáni meleg időjárás és megfelelő, főként gumiabroncsos forgalom, melyet szükség esetén műforgalommal biztosítunk. Az elaszfaltozás ideje alatt, az utókezelés során, gondoskodni kell a még be nem kötött zúzalék sepréssel történő egyenes elosztásáról (2.87-9. ábra).

Bevont zúzalék esetén annyiban változik a technológia, hogy a kötőanyag mennyisége csökken. A kisebb mennyiségű kötőanyag kipermetezése rendszerint nehéz és túlada göllés következik be. A túlada göllés káros következményét csökkenthetjük és a felszín záródását siettetjük, ha a felszínre a tömörítés után Z 0/5-ös zúzalékot terítünk és ezt behengereljük.

c) Felületi bevonás erdei utakon

Felületi bevonás építése erdei utakon is mindenütt indokolt, mert a forgalom ma már túlnyomórészt gumiabroncsos járművekből áll, tehát a felületet meg kell védeni a szívóhatástól. Különösen áll ez olyan felületek bevonásánál, amelyeknek nincs kohéziója, tehát különösen károsodnak a szívóhatástól (2.87-10. ábra). A felületi bevonás mellett víz-záró, sima, esetleg érdes



2.87-10. ábra. Felületi bevonás régi erdei makadámpályán (Jávorkúti út, Keletbükk Áll. Erdőgazdaság)

felületet ad, amely, ha jó minőségű anyagokból készült (NZ), akkor a kopásnak is jól ellenáll, tehát a karbantartási költségeket csökkenti.

Eszerint javasolható a jó minőségű mechanikai stabilizációk bevonására, míg a makadám zúzottkőpályát nem is szabad enélkül építeni. Egyes, nem teljesen hézagmentes aszfaltburkolatok lezárásának, ill. kopóréteggel való ellátásának is legegyszerűbb módszere.

2.872 Itatott makadám

Amikor a zúzottkőréteget kötőanyaggal permetezzük le és a kötőanyag nemcsak a zúzottkőszemeket, hanem a hézagokba hengerelt zúzalékszemeket is bevonja, akkor itatott makadámról beszélünk. Az itatott makadámot mindig felületi bevonás zárja le. Az itatás mértéke szerint lehet fél- és teljes itatású makadám. Általában mindig valamilyen alapra kerül.

Az így előállított szerkezet nagy kohézióval rendelkezik, a terhelést jól elosztva adja át az alapnak, tartós, felülete sima, teljesen vízzáró és a gumiabroncs szívó hatásának ellenáll.

Az itatott makadám szerkezeti felépítésében — általában a zúzottkő szemcseátmérőjével azonos vastagságban készül — a felületi bevonásnál ismeretett elvek érvényesülnek. A kötőanyag minőségének meghatározására a 2.87-I. táblázat itt is használható.

A kiékelő zúzalék szemnagyságára és szükséges mennyiségére vonatkozóan a 2.87-VIII. táblázat tartalmazza a szükséges adatokat. A táblázatból megítélhetjük, hogy mikor kell feltétlenül nemes zúzalékot (NZ) használni, és mikor van meg a lehetősége az olcsóbb, egyszer tört zúzalék (Z) alkalmazásának.

Ugyanebben a táblázatban találjuk meg a 2.87-I. táblázat alapján kiválasztott kötőanyag szükséges mennyiségét is.

A félitatás csak annyiban különbözik a teljes itatástól, hogy a zúzottkőréteg hézagaiba száraz, kötött részt nem tartalmazó homokot seprünk be, amely leperogve a zúzottkőszemek hézagainak alsó felét kitölti. Emiatt a teljes itatáshoz szükséges kötőanyagmennyiségnek kb. 60%-a is elegendő az itatáshoz.

2.87-VIII. táblázat. Itatott és félig itatott makadámhoz szükséges anyagok mennyisége a felületi bevonás nélkül

Anyagok		1 m ² szerkezethez szükséges anyagmennyiség	
		teljes itatásnál	félitatásnál
Hengerlési zúzottkő Z 40/65		0,07 – 0,08 m ³	0,07 – 0,08 m ³
Homok a hézagok kitöltéséhez H 0/5			25 – 35 kp
Zúzalék	kiékeléshez NZ 12/20 (esetleg Z 10/25)	13 – 15 kp	13 – 15 kp
	első itatáshoz NZ 12/20 (esetleg Z 10/25)	20 – 25 kp	
	második itatáshoz vagy félitatáshoz NZ 8/12 vagy NZ 5/8	12 – 20 kp	20 – 30 kp
Kötőanyag 2.87-I. táblázat szerint	első itatáshoz	3,0 – 3,7 kp	
	második itatáshoz vagy félitatáshoz	2,0 – 2,3 kp	3,4 – 4,0 kp

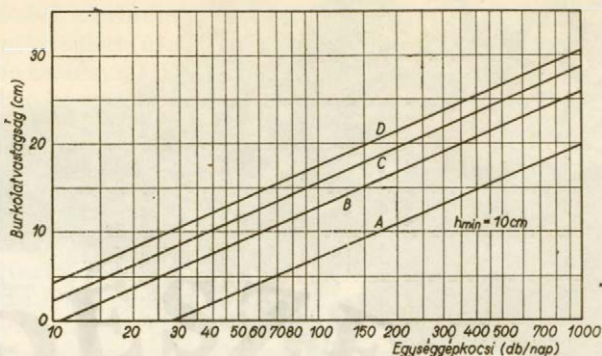
a) Itatott makadám tervezése

Elsősorban pályaszerkezet-tervezési kérdések merülnek fel, melyekkel külön fejezetben foglalkozunk.

A 2.87-11. ábra méretezési grafikont mutat be.

Az itatott makadámnál előnyösebb jó minőségű, fagyálló zúzottkővet használni, ami nem zárja ki a saját termelésű zúzottkő alkalmazását. Az Építőipari Költségnormák is kétféle itatott makadámot különböztetnek meg.

A makadámok között felsorolt itatást egyszertört, kisebb mennyiségű zúzottkővel és kötőanyaggal, és az aszfaltburkolatok között említett itatást kétszertört, nagyobb mennyiségű zúzállékkal és kötőanyaggal. Ez a két változat rámutat mindjárt arra, hogy milyen határok között mozoghatunk az itatott makadám tervezésénél.



2.87-11. ábra. 7 cm vastag itatott makadám alapjának vastagsága száraz talajon

b) Itatott makadám építése

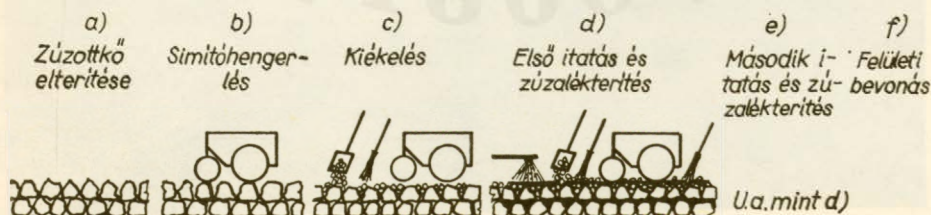
Az itatott makadám mindig valamilyen alapra kerül (makadám szórt alap vagy valamilyen stabilizáció). Az alap készítése után az itatott makadám építési technológiáját a 2.87-12. ábra szemlélteti.

1. Zúzottkő elterítése. A padkán prizmázott anyag terítése történhet kézzel vagy gréderrel, esetleg zúzottkőterítő adapterrel felszerelt billenőszekrényes kocsikkal (előzetes prizmázás nélkül). A Z 40/65 jelű zúzottkővet 7–8 cm vastagságban terítjük.

2. Zúzottkőréteg simítóhengerlése. Erre a célra a 10 Mp-nál könnyebb simítóhengert használjuk, amely néhány járattal lesimítja a zúzottkőréteget.

3. Kiekelés. A kiekelő zúzállékat elterítik, a hézagokba seprík és henger néhány járatával tömörítik. A zúzottkő éleinek ilyenkor nem szabad letöredezni. Ha ilyen jelenség mutatkozna, akkor a hengerlést abba kell azonnal hagyni, és a letöredezett részeket ki kell cserélni. Az esetleges hullámokat ki kell javítani a hullámvölgyek zúzottkővel való kitöltésével. A hengerlést egyébként akkor lehet befejezni, ha a gépkocsi nem hagy nyomot és a zúzottkőszemeket nem forgatja ki.

4. Első itatás és zúzállécterítés. A 2.87-VIII. táblázat szerint az első itatáshoz szükséges kötőanyag-mennyiséget kézzel vagy géppel a felszínre permetet-



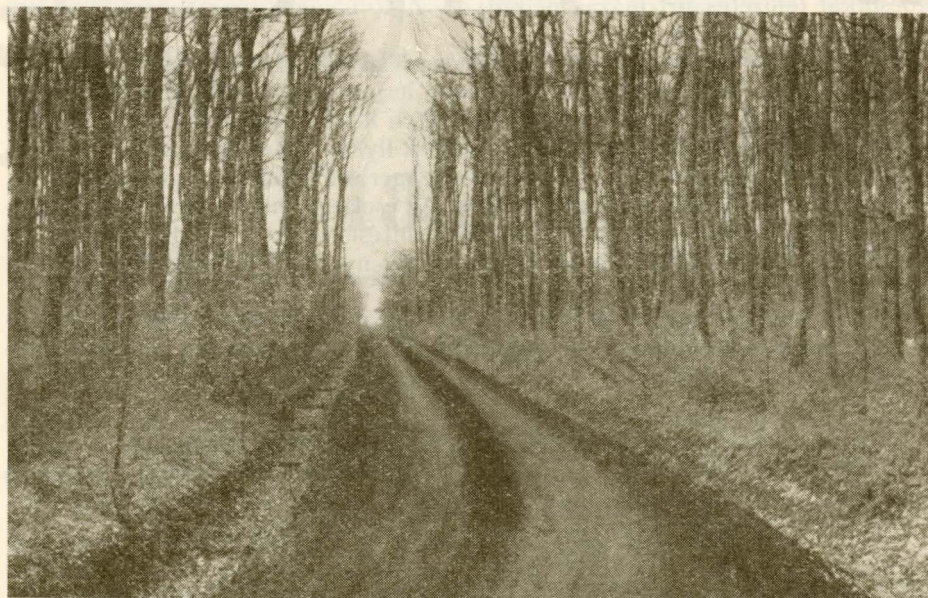
2.87-12. ábra. Itatott makadám építési technológiája



2.87-13. ábra. Itatott makadám építése a szurkosárokúton (Délzalai Áll. Erdőgazdaság)

zik, majd haladéktalanul elterítik az első itatás után szükséges zúzalékmennyiséget. Az elterítés egyenletességét szükség esetén sepréssel is fokozhatjuk. A zúzalékterítést azonnal követi a tömörítés. Erre a célra a gumihengert vagy a simítóhengert használjuk. Amikor a zúzalékszemek már teljesen benyomódtak a hézagokba — esetleg a kötőanyag kis cseppekben már a felszínre nyomódott fel —, akkor a be nem kötött zúzalékszemekeket sepréssel eltávolítjuk.

5. Második itatás és zúzalékterítés. A táblázat szerinti, a második itatáshoz szükséges kötőanyag kipermetezését ugyancsak követi a zúzalékterítés és tömörítés, ahogy azt az első itatásnál láttuk.



396 2.87-14. ábra. Elaszfaltozott itatott makadám

6. Felületi bevonás. Az előzőek szerint készített burkolatot át kell adni a forgalomnak. Ez azonnal megtörténhet útibitumen, útikátrány és HB-3 jelű hígított bitumen alkalmazása esetén, a HB-1 és HB-2 jelű, kisebb viszkozitású, hígított bitumen vagy emulzió használata után csak 2–3 nap múlva. Két héttig a járművek sebességét 15 km/óra-ra kell korlátozni, és a lesodort zúzalékot vissza kell seperni a burkolatra. 4–6 hetes forgalom után a tömörödés befejeződött, és a felületi bevonást az ismert módon elkészíthetjük.

A 2.87-13. ábra itatott makadám építését mutatja. A háttérben látszik a mészstabilizációból készített alap, középen a zúzottkő réteg terítése folyik, míg az előtérben a már elkészült itatott makadám látható. A 2.87-14. ábrán jól látható, hogy az egyjáratú erdei utakon, mivel a járművek mindig azonos nyomon közlekednek, csak ez a két sáv aszfaltosodik el. Műforgalom vagy a forgalom terelésével gondoskodni kell róla, hogy az elaszfaltosodás teljes szélességben megtörténjen.

A félig itatott makadám építése abban tér el az előzőektől, hogy a zúzottkő elterítése és simítóhengerlése után iszapmentes homokot terítünk el, amely a zúzottkőszemek közti alsó hézagokat kitölti. A homok ilyen módon a réteg itatását csak félig teszi lehetővé. A továbbiakban az építési technológia azonos a teljes itatású makadáméval, csak a 2.87-VIII. táblázat félig itatott makadámra vonatkozó anyagmennyiségei az irányadók.

c) Itatott makadám erdei utakon

A megfelelő alapra épített itatott makadámot a közutakon olyan nagyságú forgalomnál alkalmazzák, amilyen erdei utakon sohasem fordul elő. Ennek ellenére egyre szélesebb körben építik hazai erdei útjainkon is, és itt a közeljövő legáltalánosabb burkolattípusának tekinthető. Előnye elsősorban az építési technológia és a szükséges felszerelés egyszerűségében, valamint a szerkezet nagy szilárdságában, rugalmasságában, tartósságában és vízzáróságában rejlik. A vasabroncsos és gumiabroncsos forgalmat egyaránt bírja.

Hátránya, hogy az elaszfaltosodáshoz szükséges meleg és forgalom egyidejűleg alig biztosítható, mert az erdei utak forgalma nyáron rendszerint kicsi. Ezt kiküszöbölhetjük azzal, hogy meleg, napsütéses napokon a kora délutáni órákban gumihengert járattunk az úton, ún. műforgalmat biztosítunk.

2.873 Aszfaltzúzalék-szőnyeg

Az aszfaltzúzalék-szőnyeg pontosan meghatározott szemszerkezetű, rendszerint 20 mm-nél kisebb átmérőjű zúzalékból és meghatározott minőségű és mennyiségű kötőanyagból készülő aszfaltkeverék. Lehet hideg- és melegkeverék. Az előbbiek tárolhatók és hidegen is beépíthetők, ezért alkalmazásukra erdei utakon is sor kerülhet.

Mivel keverőgépek beszerzése erdei utakon egyelőre nem gazdaságos, azért melegkeverék beépítése csak kivételesen jöhet szóba. Újabban kielégítő minőségű hidegkeveréket készítenek hígított bitumen felhasználásával betonkeverőben. Az ilyen módon előállított vagy keverőtelepről vásárolt és vasúton szállított hideg keverék gazdaságos, és erdei utakon különös előnye az, hogy gyorsabban és biztosabban aszfaltosodik el. A hidegen helyszínre szállított keverék beépítése a következőképpen történik.

Az alapot úgy kell előkészíteni, mint felületi bevonásnál. Nagyon poros felületek esetén a már megismert módszeren túlmenően szükség lehet arra is, hogy olajozás útján javítsuk az alap és a szőnyeg közti tapadást. Az így elő-

készített alapra kell a szabványban előírt mennyiségű kötőanyagot kipermetezni. A kipermetezendő mennyiség a szőnyeg szemszerkezetétől függ. Erre azonnal elterítik a padkán készletezett keveréket. Ezután két változat lehetséges aszerint, hogy milyen a választott keverék szemszerkezete. Egyesekhez külön záróréteg kell, másoknál ez nem szükséges.

Ha külön záróréteg van, akkor az elterített keveréket kézhengerrel simítjuk le, elterítjük a záróréteg anyagát, majd 2–8 Mp súlyú hengerrel tömörítünk.

Külön zárórétegre akkor van szükség, ha a keverék hézagterfogata nagy, tehát a víz vagy szennyeződés behatolhat a rétegbe. Ha a keverék hézagterfogata kicsi, akkor a felszín nem hézagos, s így külön zárórétegre sincs szükség.

Ha nincs záróréteg, akkor azonnal a 2–8 Mp-os henger tömörítése következik az elterítés után.

A magyar szabvány szerint a zúzalékszőnyeg max. 20 mm szemcse nagyságú zúzalékból, a záróréteg pedig Z 0/5-ös zúzalékból áll. A szőnyeg vastagsága 3 cm-nél kisebb. A maximális szemcseátmérő a szőnyeg vastagságának $\frac{1}{2} - \frac{2}{3}$ -a közé essen. A zúzalék szemszerkezetére és a bitumenadagolásra, valamint a bitumen minősítésére a szabvány elegendő tájékoztatást nyújt. Ellenálló képessége a felületi bevonásnál nagyobb.

Stabilizációkon vagy makadám-rendszerrel készült alapokon jó burkolat, de használhatjuk az itatott makadám lezárására, ill. forgalomnövekedéskor a pályaszerkezet erősítésére is.

2.874 Kötőzúzalékos makadám

A kötőzúzalékos makadám abban különbözik az itatott makadámától, hogy a zúzottkőréteg hézagainak kitöltéséhez kötőanyaggal előre bevont és meghatározott szemszerkezetű zúzalékot (kötőzúzalék) használunk. A kötőzúzalék ún. hideg keverékként is készül, tehát szállítás után tárolható és hidegen beépíthető.

A kötőzúzalékos makadám építési technológiája a következő:

1. Z 45/65 jelű zúzottkő elterítése az alapon 8 cm laza vastagságban, majd simítóhengerlése.

2. A zúzottkőréteg permetezése HB-1 vagy HB-2 jelű hígított bitumennel. A permetezéshez más hasonló viszkozitású kötőanyag is használható. Az adagolása $1,5 \text{ kp/m}^2$, de feltétlenül be kell vonni a zúzottkövek felületét. Tehát, ha bevonatlan foltokat találunk, akkor az adagolást növelni kell.

3. Kötőzúzalék elterítése és behengerlése. 55 kp/m^2 kötőzúzalék mennyiségig egy rétegben teríthetjük és tömöríthetjük. Efeletti mennyiségnél két rétegben kell teríteni és tömöríteni úgy, hogy az első réteg 40–50%-ot tesz ki. Hengerlés közben gondoskodni kell a hullámmentes és megfelelő dőlésű felületek kialakításáról, a hullámvölgyekbe még terítünk anyagot, ill. a kiemelkedő részeket gereblyével fellazítjuk.

4. Záróréteg elterítése és tömörítése. A kötőzúzalék betömörítését azonnal követi a meghatározott szemszerkezetű záróréteg elterítése és tömörítése. Ehelyett alkalmazhatunk felületi bevonást vagy aszfaltzúzalék-szőnyeget is. Tavasszal és kora nyáron épült burkolatoknál elegendő $3 - 4 \text{ kp/m}^2$ adagolású Z 0/3 vagy Z 0/5 jelű bevonatlan zúzalék elterítése és hengerlése. Ilyenkor szükség esetén célszerű gumihengerrel műforgalmat biztosítani.

A kötőzúzalékos makadámot erdei utakon is előnyösen alkalmazhatjuk. Valószínűnek látszik, hogy az erdei utak elaszfaltosodásra kevésbé jó viszonyai között is jobb lesz a „beérése”, mint az itatott makadámnak. A kevert

anyag vásárlásának többletköltségeit részben megtakaríthatjuk, ha a felületi bevonás helyett Z 0/5-ös zúzalékkal zárjuk le a felületet.

A kevert anyagokból készült aszfaltok mindig jobb minőségűek a permetezés készülőknél. Így az impregnált (bevont) zúzalékkal készített felületi bevonás jobb a csupasz zúzalékból készítettétnél, és a kötőzúzalékos makadám jobb az itatott makadámnál.

Más aszfaltburkolatok ismertetésére nem térek ki, mert alkalmazásuk sem most, se belátható időn belül két körülmény miatt nem látszik indokoltnak. Egyrészt olyan nagyságrendű forgalomra alkalmasak, amekkora erdei útjainkon soha nem lesz, másrészt olyan berendezések (keverőtelepek) beszerzését kívánják, amelyeknek megfelelő kihasználása és megtérülése a szétszórt és kis volumenű erdei útépitéseknél kétséges. Megjegyzendő azonban, hogy a kevert aszfaltok előállítását betonkeverőben, hígított bitumenből, hideg keverékként, az aszfaltok alkalmazási körét erdei utakon kiszélesítheti.

A szóba jöhető eljárások közé sorolható még a bitumenes iszap alkalmazása, különösen érdes, nagy emelkedőben épülő bevonatok készítésénél, és az ún. nedves homok eljárás.

2.88 Pályaszerkezetek karbantartása

Minden műszaki létesítmény folyamatos és rendszeres karbantartást igényel. A karbantartás nemcsak az építmény állag-megóvására terjed ki, hanem a jó és üzemképes állapot fenntartását is szolgálja. A karbantartás és fenntartás szót a köznapi gyakorlat ugyanazon fogalom megjelölésére használja, szorosan véve az utóbbi magasabbrendű tevékenységet jelent az előbbinél.

A vízelvezetés biztosítása mellett csak azoknak a szerkezeteknek a fenntartási munkáira térek ki, amelyek erdei utak pályaszerkezetében burkolatként előfordulhatnak.

2.881 A vízelvezetés biztosítása

A pályaszerkezetek karbantartási munkái, bármilyen pályaszerkezetről legyen is szó, elsősorban a vízelvezetés biztosítására terjednek ki.

a) Padkanyesés

Az út felületére hullott csapadék lefolyását elsősorban a fűvel és gazzal benőtt padka akadályozhatja.

Az ilyen benőtt padkát le kell nyesni. A padkanyesés történhet kézi munkával vagy gépekkel. A padkanyesés gépi munkájára alkalmas a gréder, traktorra, Unimogra szerelt kés, kis traktorok (motorrobot PF 6 vagy FÜRGE III) adapterei, kés, eke, talajmaró, felszedő.

b) Ároktisztítás

Az árkokat rendszerint elegendő évente kétszer tisztítani: tavasszal és ősszel. A nyári záporok nagy intenzitású csapadéka sok hordalékot szállít, amely az árkokat feltölti és eltömi, ezért az őszi-téli csapadékos időszak előtt az árkokat tisztítani kell. Ugyanez vonatkozik a hóolvadás utáni időszakra is.

Az árkok tisztítása rendszerint kézi munkával történik. Ha annak veszélye áll fenn, hogy a kiemelt hordalékot az első eső visszamossa (hegy felőli részsű és terep), akkor a kiemelt anyagot a padkán kell kupacolni és vagy el kell szállítani, vagy a völgy felőli részsűre juttatni.

Az ároktisztítás háromszögárok esetén rendkívül gyorsan, gréderrel is végezhető. Ha azonban az igen olcsó és termelékeny gépi munkával kívánjuk megoldani az ároktisztítást, akkor a kerékvetőkéről le kell mondani, mert akadályozzák a gépek munkáját.

A padkák és árkok vízelvezető szerepét gyakran a buján feltörő növényzet akadályozza. Az árokban növő fű és gaz csökkenti az árok vízhozamát és elősegíti a hordalék lerakódását. Sok munkát takaríthatunk meg, ha vegyszeres gyomirtással több évre biztosítjuk a padkák és árkok tisztaságát.

e) Átereszek

Ha a víz lefolyását a padkán át az árokhoz biztosítottuk, és az árkok tiszták, akkor a következő akadályt az átereszek jelenthetik.

Az átereszeket gyakran még ma is úgy tisztítják meg az ágaktól és hordaléktól, hogy az útór bemászik az átereszbe. Ehelyett javasolható a Magasbakonyi Áll. Erdőgazdaságnál rendszeresített eszköz, amely 1 m-es összcscavarható alumínium rudakból áll, az útór könnyen magával viheti, szükséges hosszúságú rudat állthat össze, amelynek végére megfelelő szerszám erősíthető. Ezzel az eszközzel nemcsak a dolgozót kímélhetjük meg, hanem a munka is gyorsabban és könnyebben megy.

Az átereszekkel egyidejűleg természetesen az aknákat is ki kell tisztítani.

Értelemszerűen a vízterelő tisztítása is ide tartozik. Bár a helyesen tervezett vízterelő öntisztító, mégis előfordulhat, hogy ágak vagy nagyobb kódarabok beszorulása miatt eltömődik.

A vízelvezetést biztosító általános karbantartási munkák felsorolásánál a víz útját követtem, de a munkák sorrendje mégis fordított, mint ahogy az árok kiemelését is mindig a legmélyebb ponton, a befogadónál kell kezdeni.

A karbantartás többi munkája a fenntartandó útfelület minősége szerint változik.

2.882 Mechanikai stabilizáció fenntartása

A mechanikai stabilizációval készülő pályaszerkezetek fenntartási munkái lényegesen különböznek aszerint, hogy alkalmaztunk-e bitumenes felületi bevonást (záróréteget) vagy nem. A felületi bevonás nélkül készülő mechanikai stabilizáció fenntartási munkái azonosak a közönséges földútéval. Mivel azonban a mechanikai stabilizáció állékonysága nagyobb, azért a gyalulások száma kevesebb. A gyalulás során eltűnnek a kátyúk, az út terv szerinti profilját kapja vissza és ezzel nemcsak a járművek sima haladását biztosítjuk, hanem a tökéletes vízelvezetést is.

A fenntartási munkákat évszakok szerint csoportosíthatjuk. Tavasszal, ill. tavasz kezdetén el kell végezni a hóeltakarítást. Ez nemcsak az út felületére, hanem az árkokra is terjedjen ki, hogy a víznek, illetve az olvadó hólének lefolyása legyen. Ugyanekkor kell szabaddá tenni az átereszeket, és az árok levezetéseit is. Ezután többször gyaluljuk az út felületét, egészen az út teljes kiszáradásáig. Egyidejűleg – ha ennek szükségessége mutatkozik – a kátyúkat az út anyagával megegyező és a padkára erre a célra kikészített anyagból foltozzuk.

Nyáron csak olyan mértekben végezzünk fenntartási munkát, amennyire erre a forgalom rongáló hatása miatt szükség van. A nyári gyalulásokat mindig eső után kell elvégezni. Feltétlenül meg kell ragadni azt a pillanatot, amikor az út felületének víztartalma a legalkalmasabb a gyalulás elvégzésére. Ezenkívül szükség lehet még a padkára lesodort apróbb szemcsék visszaseprésére is. Ha a porképződés ellen is küzdeni akarunk, akkor kalciumkloriddal kell az út felszínét permetezni.

2.88-I. táblázat. Mechanikai stabilizáció (felületi bevonás nélkül) fenntartási munkái és költségei

Terhelési osztály	Egység-gépkocsi forgalom db/nap	Fenntartási gyalulások			Költsége évenként Ft/m ²
		száma évenként			
		tavaszi	nyár	ősz	
		db			
I.	< 10	1		1	1,20
II.	10 – 20	2		1	1,80
III.	20 – 30	2	1	1	2,40
IV.	30 – 50	3	1	1	3,0
V.	> 50	4	2	1	4,20

Az őszi fenntartási munkák során gondoskodunk arról, hogy az első fagy, ill. az első hóesés az út felszínét simán, a vízlevezető árkokat pedig a nyári záporok hordalékától megtisztítva találja.

Nagyobb méretű fenntartási vagy felújítási munkák előtt az út anyagát újból felül kell vizsgálni, hogy szemszerkezete és plasztikussága a forgalom és az atmoszferiliák hatására milyen mértékben változott meg. A felső elsárosodott réteg eltávolítása után friss anyagból új terítést (kopóréteget) készíthetünk, vagy valamilyen magasabbrendű burkolattal zárjuk le a mechanikai stabilizációt.

Az erdei utakon szükséges fenntartási gyalulások számát és költségeit a 2.88-I. táblázat tünteti fel.

2.883 Bitumenstabilizáció fenntartása

A fenntartási munkák lehetnek foltozók vagy az egész felületre kiterjedők. Foltozásnál a hibás részt függőleges falakkal kiemeljük, az így keletkező gödör falait 0,5 kp/m² adagolású hígított bitumennel körülpermetezzük és bitumenrel már előzőleg összekevert anyagot döngölünk a gödörbe. A felhasznált anyag összetétele lehetőleg azonos legyen a stabilizáció eredeti anyagával.

Az út egész területére kiterjedő fenntartási munkára akkor van szükség, ha nagy kiterjedésű területeken mutatkozik az út bomlása, morzsolódása. Az egész területre kiterjedő fenntartási munka különböző aszerint, hogy felületi bevonást alkalmaztunk-e vagy sem. Felületi bevonás alkalmazása esetén a gödröket foltozással ki kell javítani, és az egész felületre új bevonást adni. Ha nem alkalmaztunk felületi bevonást, akkor az utat 5–6 cm mélyen felszaggatjuk, megfelelő mennyiségű – rendszerint 1,0–1,5 kp/m² – kötőanyagot permetezzünk, elkeverjük a fellazított anyaggal és tömörítjük.

2.884 Makadám zúzottkőpálya fenntartása

A pálya fenntartása történhet foltozással és fenntartási hengerléssel.

Foltozásnál a felület gödreit a gödör nagysága szerint fenntartási zúzottkővel (Z 20/40) vagy zúzalékkal (Z 10/25) töltjük ki. A foltot locsolás közben döngöljük és homokos fedőanyaggal zárjuk le. Ezt a munkát célszerű esős időben végezni. Hazánkban közutakon évente 20–60 m³/km zúzottkővet használnak fel foltozásra.

A foltzás tökéletesebb és tartósabb, ha a meglazult részek eltávolítása után a gödröt betonkeverőben előállított hideg aszfaltkeverékkel töltjük ki, melyet alaposan bedöngölünk. A gödör kitöltése előtt felületét kötőanyaggal kell bepermetezni.

Ha a romlás nagy felületre terjed ki, vagy az út jelentős szakaszain olyan egyenetlenségek, alakváltozások, bordásodás stb. keletkeztek, melyek az út további gyors romlására vezetnek, vagy a sebesség erős csökkentésére kényszerítenek bennünket, akkor fenntartási hengerlésre van szükség. Ilyenkor először csákánnyal, vagy szaggatóval feltépjük a zúzottkőpályát. Ha a felazított anyag alkalmas a további beépítésre, akkor ráterítjük a pótlásul szükséges friss zúzottkő mennyiséget, és a továbbiakban úgy járunk el, mint új pálya építésekor. Ha a fellazított anyag nagyon elszárosodott vagy szétporlott, rossz minőségű, akkor meg kell rostálni vagy teljesen kicserélni.

A makadám zúzottkőpálya a gumibroncsos forgalmat nem bírja, ezért célszerű, ha felületi bevonással látjuk el, vagy kalciumkloriddal kezeljük. Ezen intézkedések elmulasztása esetén kb. 3–5 évenként költséges fenntartási hengerlésre van szükség.

2.885 Felületi bevonás fenntartása

Erdei utak pályaszerkezetei ma még túlnyomórészt felületi bevonással vannak lezárva. Megkülönböztethetjük a felületi bevonásszerű és a kátyúzással összekapcsolt fenntartási munkákat.

Az egész felületre kiterjedő vagy foltokban végzett felületi bevonásra van szükség, ha a bevonás hámlik, sikos, kereszt- vagy hosszirányban hullámos (csíkos), szivacsos, kisebb egyenetlenségeket kell kijavítani.

A leváló, hámló részek eltávolítása után a felületet le kell tisztítani, és a felületi bevonást az ismert módon elvégezni.

Felületi egyenetlenségek megszüntetésekor a letisztított felületre 0,6–0,9 kp/m² HB-1 jelű hígított bitument permetezünk, melyre pormentes NZ 2/5 jelű zúzalékot terítünk és bedöngöljük. Impregnált zúzalékot is használhatunk, de akkor a permetezett kötőanyagot kb. 10%-kal csökkenteni kell.

Helyenként jelentkező erősebben bomló foltokat kátyúzással javítjuk. A foltokat egyenes vonalnak mentén függőleges falakkal körülvágjuk, mely munkánál csákány, kézi vagy gépi véső használható. A körülvágott foltból minden laza anyagot el kell távolítani és pormentesre kitisztítani. Ezután 0,6–0,8 kp/m² adagolású HB-1, HB-2 vagy UB-40 jelű bitumennel permetezzük a kivágott foltokat. Kisebb kátyú esetén a felületi bevonások technológiájával impregnált zúzalékot döngölünk az így elkészített foltba, nagyobb kátyúk esetén pedig a következő módszer szerint járunk el:

A kátyú mélységének legfeljebb 2/3-ával egyenlő szemmagyságú zúzott anyagot döngölünk a foltba, melyet az itatás elveinek megfelelő mennyiségű és minőségű kötőanyaggal itatunk. Erre közepes szemmagyságú – pl. NZ 5/8 jelű – zúzalék kerül, alaposan bedöngölve.

Külön meg kell még emlékezni a felületi bevonások izzadásáról, amikor a felületen kötőanyag jelenik meg, a felület fényes, ragadós és fel is puhul, előrehaladott állapotban a kerekre ráragad és a kerek a felületet felszakítja.

Az izzadás oka mindig kötőanyagfelesleg, amely származhat túladagolásból, de származhat abból is, hogy később a forgalom alatt keletkezik a viszonylagos kötőanyag-többlet. Az utóbbi esetben a forgalom a zúzalékszemek egy részét kifordítja és az út szélére sodorja, minek következtében a helybenmaradó zúzalékszemekhez képest sok lesz a kötőanyag és bekövetkezik az izzadás.

A felületi bevonás alatti réteg	A felületi bevonás					
	30		50		70	
	egységgépkocsi/nap forgalom					
	élettartam- tama év	költsége éven- ként Ft/m ²	élettartam- tama év	költsége éven- ként Ft/m ²	élettartam- tama év	költsége éven- ként Ft/m ²
Mechanikai stabilizáció ..	5	1,80	4	2,25	3	3,—
Cementstabilizáció	7	1,29	6	1,50	5	1,80
Bitumenstabilizáció	7	1,29	6	1,50	5	1,80
Makadám	7	1,29	6	1,50	5	1,80
Itatott makadám	10	0,90	9	1,—	8	1,13

Az izzadást — egyébként helyes kötőanyagadagolás esetén — megelőzhetjük az előírt utókezeléssel, a lesodródó zúzalékszemek egyenletes visszaseprésével. A visszaseprést a zúzalék padkán bekövetkező elszennyeződése előtt kell elvégezni.

Az izzadó felületre az izzadás mértéke szerint NZ 2/5, 5/8 vagy 8/12 jelű zúzalékot kell teríteni és bedöngölni vagy lehengetni. A kisebb méretű zúzalékkal szükség szerint esetleg többször is meg kell ismételni az előbbi eljárást mindaddig, amíg az izzadás megszűnik.

A felületi bevonás fenntartási munkáit és hozzávetőleges költségeit a 2.88-II. táblázat tünteti fel.

2.886 Fenntartási munkák szervezése

A fenntartási munkákat jellegük és a szükséges felszerelés szerint két csoportba osztjuk.

Első csoportba sorolhatók a földutak, a mechanikai stabilizáció és a makadám zúzottkőpálya. A fenntartási munkákhoz szükséges felszerelés legfontosabb egységei a következők:

- 1 db 40–50 LE-s gumibroncsos traktor;
- 1 db vontatott gréder;
- 1 db gumihenger;
- 1 db rázó-döngölő;
- 1 db locsolókocsi;

billenőszekrényes, lehetőleg zúzalékterítő adapterrel felszerelt tehergépkocsi.

Az ide sorolt utak hosszának növekedésével jól kihasználható egy motorgréder is, melynek beszerzésével a fenntartási munkáknál feleslegessé válik a traktor és a vontatott gréder.

A fenntartási munkákat az előbbi gépcsoport egyidejű alkalmazásával úgy kell megszervezni, hogy egyszerre egy nagyobb szakasz összes fenntartási munkáit elvégezzék.

A második csoportba sorolható a bitumenstabilizáció és a felületi bevonás, tehát azok a fenntartási munkák, amelyeknél kötőanyagra is szükség van. A felszerelés legfontosabb egységei a következők:

- 1 db kistraktor (Motorrobot PF-6 vagy FÜRGE-3);
- 1 db pótkocsi kistraktorhoz;
- 1 db 120 literes bitumenmelegítő üst;
- 1 db kistraktor vontatású zúzalékszóró;
- 1 db kistraktor vontatású útfelszakító;
- 1 db útgyalu kistraktorhoz;
- 1 db rázódongóló.

A munkát itt is úgy kell megszervezni, hogy a karbantartó brigád hosszú időszakosan egyszerre végezzen el minden fenntartási munkát.

Egész felületre kiterjedő fenntartási munkánál mindkét esetben szükség van egy hengerre, amely a munka természete szerint lehet gumihenger, simahenger vagy vibróhenger.

Mindkét változatnál a munkások, eszközök és anyagok mozgatása gyors, ezért a munka termelékeny és rugalmasan alkalmazható a követelményekhez.

Megjegyzem, hogy egy jelenleg is érvényben levő rendelkezés a pályaszerkezettel épült erdei utak minden 4–6 km-es szakaszára egy állandó útkarbantartó alkalmazását írja elő. Ez az ún. útőri rendszer, melyet közutainknál ma is kiterjedten alkalmaznak, a fejlődés bizonyos fokán megfelelt a célnak. Ma még ugyan nincs elegendő tapasztalatunk a vázolt karbantartó brigád rendszerről, de az kétségtelen, hogy az útőri rendszerrel hovatovább nem leszünk képesek megoldani erdei útjaink fenntartását. Külföldi példák, hazai viszonyaink és a feladat természetének elemzése alapján az erdei utak fenntartásának biztosítása és állaguk romlásának megakadályozása érdekében a vázolt brigárendszer bevezetése, ill. szélesebbkörű kipróbálása javasolható.

2.89 Pályaszerkezetek tervezése és gazdaságossága

2.891 Méretezési módszerek

A pályaszerkezet méretezésénél figyelembe kell venni a forgalmat, a talajt, az éghajlati elemek hatását és a pályaszerkezet rétegeinek fizikai tulajdonságát.

A forgalom jellemzésére szolgál a jármű tengelynyomása, a gumiabroncs belső nyomása, az abroncs lenyomata (felfekvési felülete) és a járművek gyakorisága (a forgalom intenzitása, sűrűsége).

A pályaszerkezet méretezése szempontjából a talaj teherbíróképessége, rugalmassága és ezen tulajdonságok időjárási elemek hatására bekövetkező változása érdekel bennünket.

A forgalommal, talajjal és éghajlati elemekkel már részletesen foglalkoztunk. — A pályaszerkezet rétegeinek viselkedését a talajmechanikából ismeretes jellemzőkkel határozzuk meg: súrlódás, kohézió, hézagterefogat, száraz terfogat súly, alakváltozási modulusz stb.

Ma már vannak olyan eljárások, melyek segítségével az előbbi adatokkal vagy ezek leegyszerűsítésével a rugalmasságtan törvényei alapján méretezhetjük a pályaszerkezetet. Ezeknek az ún. egzakt módszereknek hibája az, hogy vagy nagyon bonyolultak és hosszadalmasak, vagy az egyszerűsítések miatt nem kevesebb bizonytalanságot rejtenek magukban, mint az egyszerűbb eljárások.

A semiempirikus (félig tapasztalati) módszerek az elméletre támaszkodnak ugyan, de sok tapasztalati adat kiértékelésének figyelembevételével adják meg a keresett méretet.

A tisztán empirikus módszerek a legegyszerűbb talajfizikai jellemzőkkel körülírt viszonyok között kizárólag tapasztalati adatok alapján adják meg a szükséges vastagságot.

A legismertebb és leginkább elterjedt módszerek, az egyszerűbbektől a bonyolultabbak felé haladva a következők:

a) Empirikus tapasztalati módszerek

1. Az AASHO talajosztályozáson alapuló méretezési táblázatokat mutat be a 2.89-I. és II. táblázat. Láthatjuk, hogy a talajon kívül vagy nem vesznek más figyelembe, vagy csak igen korlátozott mértékben. Alkalmazása általában túl-méretezésre vezet, bár a burkolatméretezés teljes mellőzésénél jobb eredményt érünk el.

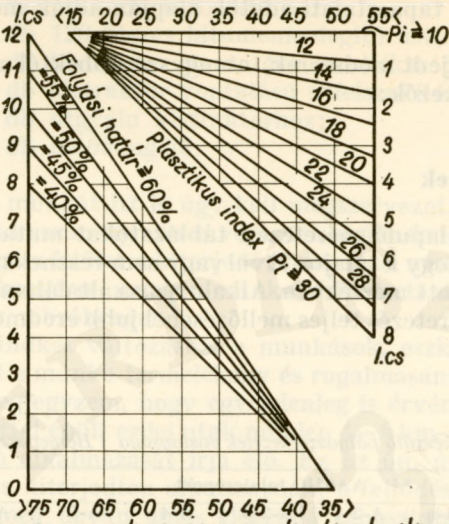
2.89-I. táblázat. Mechanikai stabilizációval készülő pályaszerkezetek vastagsága (Berger szerint)

Pályaszerkezet részei	AASHO talajcsoport						
	A-1-b	A-1-a	A-2-4 A-2-5 A-3	A-2-6 A-2-7	A-4	A-5	A-6
Pályaszerkezet vastagsága cm-ben							
1	2	3	4	5	6	7	8
Burkolat	5	5	5	5	5	5	5
Alap	0	12	13	15	20	20	20
Fagyvédő réteg (ágyzat) .	0	0-30	0	0-30	5-35	10-35	0-35
Összes vastagság	5	18-38	18	20-50	30-60	35-60	25-60

2.89-II. táblázat. Pályaszerkezet méretezése az AASHO talajosztályozás alapján bitumennel készülő burkolatok esetén (Duhm szerint)

Talajcsoport	Alap és burkolat együttes vastag- sága cm	Kerékterhelés 4,5 Mp			
		jó		rossz	
		víztelenítés			
		fagyérzékenység			
		nincs	van	nincs	van
		az A-3 vagy A-2 talajból készülő ágyzat vastagsága cm-ben			
A-1 b	0	0	0	0	0
A-1 a	13	10	10	10	10
A-2 a	13	0	0	0	0
A-3					
A-2 b	15	10	10	15	15
A-4	20	10	10	15	20
A-4-7	I	10	15	20	25
		15	25	30	35
A-5	20				
	II	30	35	40	45
A-5-7	I	10	15	20	25
A-6	II	20	15	20	25
	III	20	25	30	35
A-7	IV	25	30	35	40
	V	30	35	40	45

A $D=0,074$ mm-nél kisebb szemcsék súlyszázaléka



A $D=0,074$ mm-nél kisebb szemcsék súlyszázaléka

2.89-1. ábra. Csoportindex megállapítása

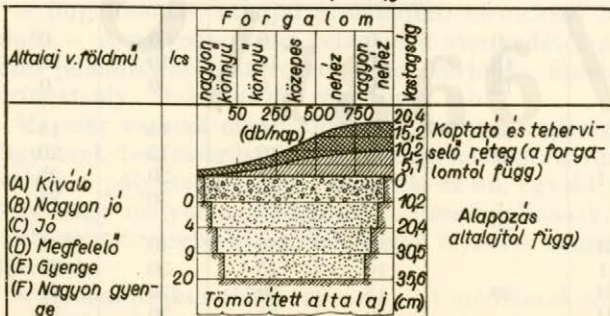
lyaszerkezet vastagsága. A módszer bevezetőjének, *D. J. Steele* mérnöknek eredeti grafikonját mutatja be a 2.89-2. ábra. Figyelembe veszi a forgalmat is, sőt a pályaszerkezet rétegződésére is utal. A kétirányban sraffozott rész aszfalt vagy beton. Az egyirányban sraffozott rész vagy azonos a burkolat anyagával, vagy az alap vastagságát növeli. Az alap legalább 10 cm vastag (külön jelölve) és szemcsés anyagból (zútottkő, mechanikai stabilizáció stb.) készül. Az ágyazat olyan anyagból készüljön, melynek csoportindexe 0–4 között van. Az eljárás feltételezi, hogy a tükör alatti talaj tömörségi foka $T_{rv} \cong 95\%$, az ágyazat pedig 100%.

Ez a módszer figyelembe veszi a talajt és a forgalmat, de a vastagságot több ezer megfigyelés alapján állapítja meg, tehát csak ott ad helyes eredményt ahol az adatgyűjtés helyével azonos geológiai származású talajok vannak. Számunkra különösen hátrányos, hogy az erdei utak forgalmi tartományában a forgalom változása alig érzékelhető.

A csoportindex módszerére készült általános méretezési görbéket mutat

a 2.89-3 ábra, míg a 2.89-4. ábra görbéi csak mechanikai stabilizációnál alkalmazhatók. Az utóbbi, *dr. Aichorn*tól származó görbékhez átszámítási grafikon is tartozik, melynek segítségével a 4,5 Mp keréknnyomásra készült görbéről leolvasott vastagságokat átszámíthatjuk más keréknnyomáshoz tartozó vastagságokra.

$$\text{Az alapozási réteg vastagsága: } v = \frac{11}{4} J_{cs} - \frac{1}{16} J_{cs}^2$$

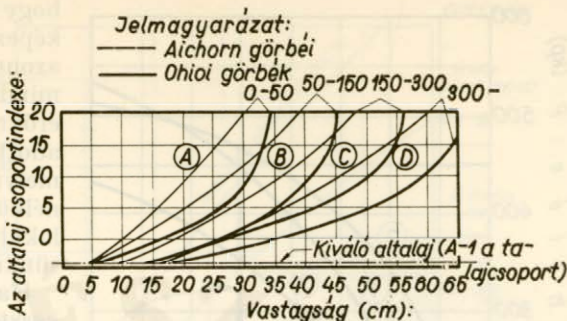


406 2.89-2. ábra. Burkolatméretezés a csoportindex alapján

Pl. ha a 4,5 Mp keréknyomásra készült görbén $I_{cs}=20$ és max 50 t/gk/nap esetén 35 cm pályaszerkezet vastagságát olvasunk le, de 6 Mp keréknyomással kell számolnunk, akkor a következőképpen járunk el: az átszámító grafikonon 4,5 Mp-hoz 1,08, 6 Mp-hoz 1,30 tartozik. Ezek arányában módosul a vastagság: $v = 35 \cdot 1,30 / 1,08 = 42$ cm.

3. A következő pályaszerkezet-méretezési eljárás az ún. CBR módszer. California Bearing Ratio szavakból származik a név, melyet hazánkban kaliforniai teherbírási tényezőnek nevezünk. A módszert eredeti alakjában Porter dolgozta ki közúti pályaszerkezetekre. Lényegében az adott talajt egy ideális makadámburkolattal hasonlítja össze, és ennek alapján adja meg a pályaszerkezet vastagságát.

A CBR% laboratóriumi meghatározásának menetét mutatja be a 2.89-5. ábra. Először az ún. Proctor-vizsgálattal megállapítjuk, hogy melyik víztartalomnál éri el a talaj a max. tömörséget. A legtömörebb hengert – rendszerint 4 napos áztatás után – terheljük. A terhelés egy gyűrű nyílásán át történik, amely a talaj feletti burkolat súlyának helyettesítésére szolgál. A terhelést a 19,2 cm² körkeresztmetszelvényű dugattyúval úgy növeljük, hogy a dugattyú behatolása 1,27 mm legyen percenként. Mérjük a különböző behatolásokhoz tartozó erőket, görbét szerkesztünk (2.891-6. ábra) és kiszámítjuk,



2.89-3. ábra. Burkolatméretezés a csoportindex alapján

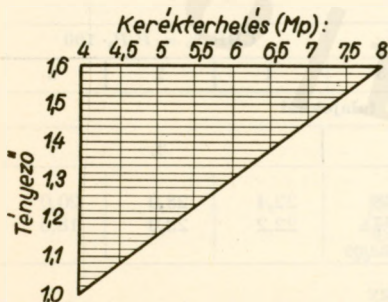
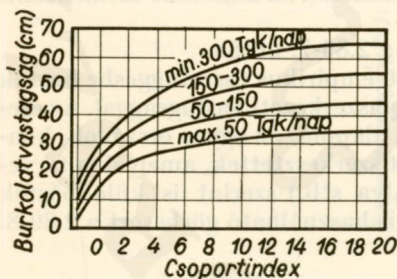
Könnyű forgalom: < 50 nehéz jármű/nap

Közepes forgalom: 50–300 nehéz jármű/nap

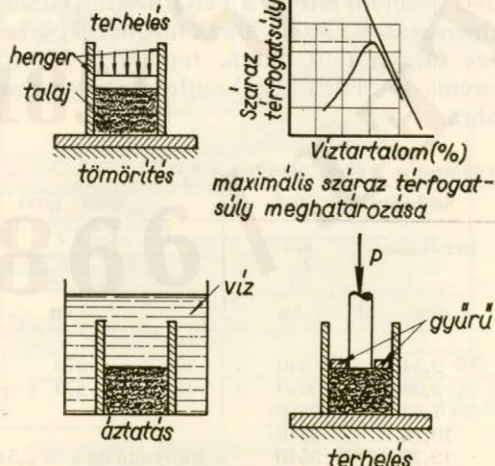
Nehéz forgalom: > 300 nehéz jármű/nap

A Az alap vastagsága, B A pályaszerkezet teljes vastagsága könnyű forgalom esetén. C Ua. közepes.

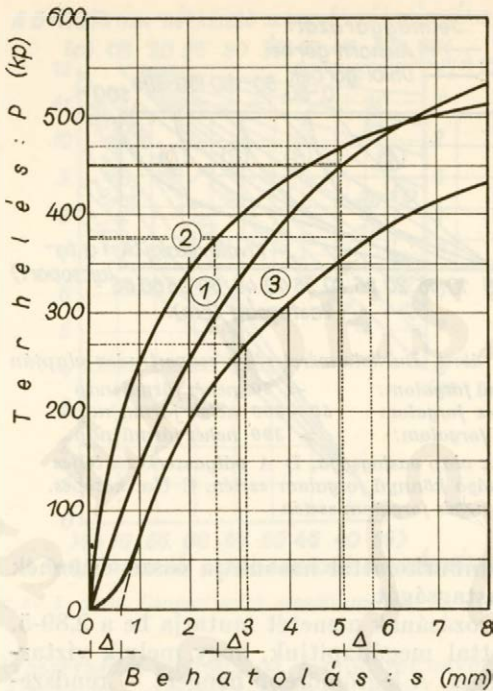
D Ua. nehéz forgalom esetén



2.89-4. ábra. Mechanikai stabilizáció vastagsága csoportindex alapján



2.89-5. ábra. A CBR% laboratóriumi meghatározásának menete



2.89-6. ábra. CBR behatolási görbe a CBR% meghatározása

behatolást előidéző P_s erőket látjuk, míg a táblázat jobb oldalán három különböző talajnál a szabványos behatolásnál mért P erőket és ezek alapján számított CBR%-ot olvashatjuk le. Ugyanezen mérési adatokat szemléltetik a behatolási görbék is.

Jellegzetes behatolási görbéket láthatunk a 2.89-7. ábrán.

Az előbbi módon meghatározott CBR%-ot empirikus összefüggésbe hozták a különböző kerékterheléseknél szükséges pályaszerkezeti vastagsággal. Az eredeti görbétől eltérő, a helyi megfigyeléseken alapuló, az egyes országok, kontinensrészek viszonyainak megfelelő görbéket szerkesztettek, amelyek a tervezés tárgya (autópálya, repülőtéri kifutópálya stb.) szerint is különböztek egymástól. Ezek közül mutat be egy nálunk is használható görbesort a 2.89-8. ábra.

Táblázat a 2.89-6. ábrához

Szabványos értékek		s-nél mért P			CBR % = $P/P_s \cdot 100$		
Behatolás s	erő P_s	1	2	3	1	2	3
		talajoknál					
mm	kp	kp			%		
2,54	1340	300	375	268	22,4	28,0	20,0
5,08	2040	452	470	377	22,2	23,0	18,5
7,62	2570						
10,16	3110						
12,70	3510						

irányadó az $s = 2,54$ vagy
 $s = 5,08$ mm-nél mért CBR %
közül a nagyobb

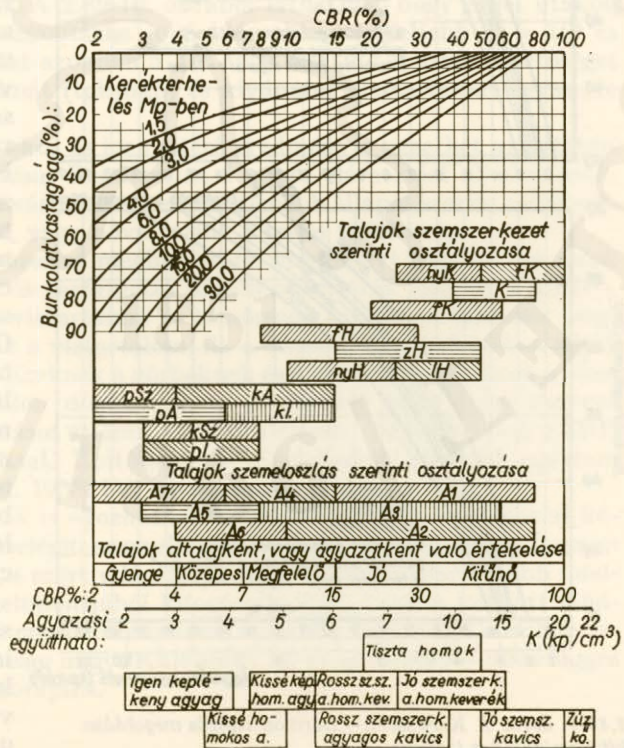
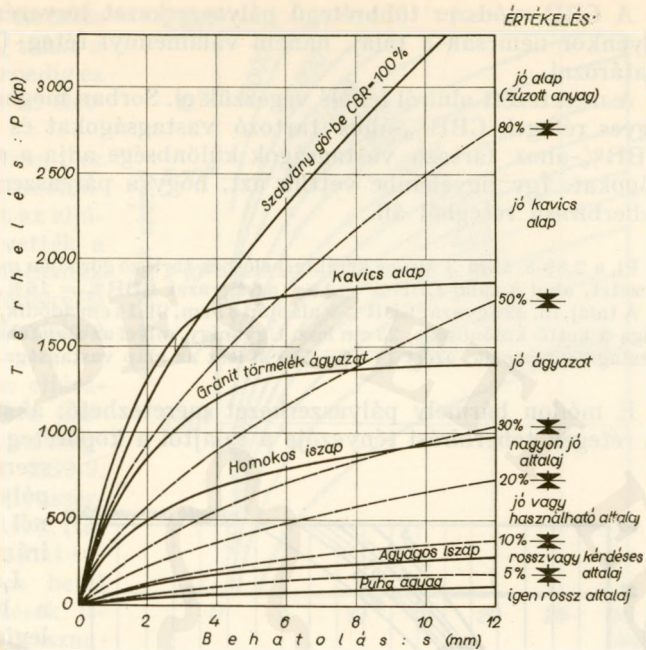
hogy az összehasonlítási alapot képező tömör zúzottkórtegnél az azonos behatolásokhoz szükséges, mindig azonos értékben felvett erőnek hány %-át mértük az adott esetben. Ez az ún. CBR%, melynek helyszíni – mintavétel nélküli – meghatározására is kialakult módszer áll rendelkezésünkre.

Ha a mérési adatok alapján szerkesztett görbe kezdeti szakasza homorú – az ábrán 3 jelű görbe –, akkor a homorú szakasz végén húzott érintő Δ távolságot metsz ki a tengelyből. Ennek a pontnak kellene a kezdőpontba esni, azért a szabványos behatoláshoz tartozó terheléseket ennyivel nagyobb behatolásnál fogjuk megkeresni.

Irányadó az $s = 2,54$ mm-nél és az $s = 5,08$ mm-nél (0,1" és 0,2") mért CBR% közül a nagyobb. Az ábrához tartozó táblázatból a számítás menete kivehető.

A táblázat bal oldalán az ideális, összehasonlítási alapot képező makadám burkolaton a szabványos

2.89-7. ábra. Jellegzetes behatolási görbék



2.89-8. ábra. CBR méretezési görbék

A CBR-módszer többrétegű pályaszerkezet tervezésére is felhasználható. Ilyenkor nemcsak a talaj, hanem valamennyi réteg CBR%-át is meg kell határozni.

A méretezést alulról felfelé végezzük el. Sorban meghatározzuk a talaj és az egyes rétegek CBR%-ához tartozó vastagságokat és a szomszédos rétegek CBR%-ához tartozó vastagságok különbsége adja a szükséges rétegvastagságokat. Így figyelembe vettük azt, hogy a pályaszerkezet több különböző teherbírású rétegből áll.

Pl. a 2.89-8. ábra 3 Mp-os kerékterheléshez tartozó görbéjén méretezzünk egy pályaszerkezetet, ahol a talaj CBR % = 4%, az ágyazat CBR % = 16%, az alap CBR % = 35%.

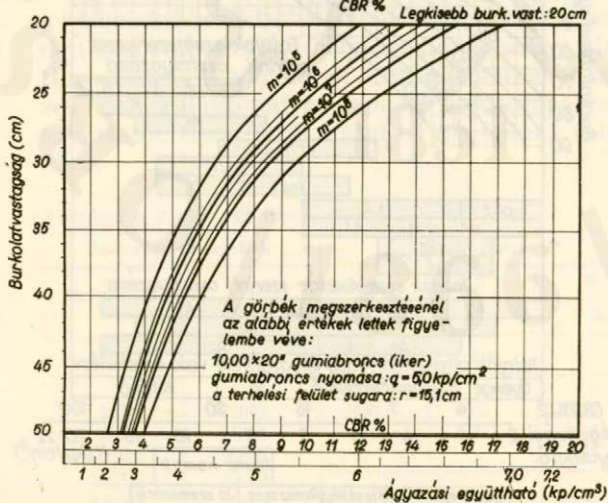
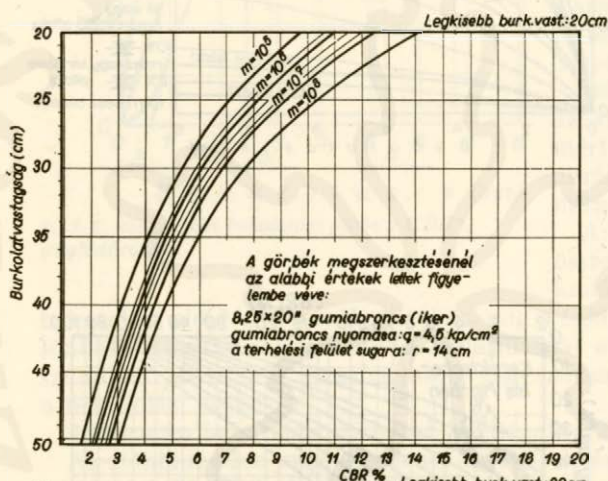
A talaj, ill. az ágyazat CBR %-a alapján 37 cm, ill. 14 cm adódik, tehát az ágyazat vastagsága a kettő különbsége, 23 cm lesz. Ugyanígy, mivel az alap teherbírási tényezőjéhez 3 cm vastagság tartozik, azért $14 - 3 = 11$ cm lesz az alap vastagsága.

E módon bármely pályaszerkezet méretezhető, akárhány rétegből áll is. A rétegek teherbírási tényezője a talajtól a kopóréteg felé haladva szükség-

szerűen emelkedik, ez a pályaszerkezet tervezésénél követendő helyes irányelveknek is megfelel.

Látható azonban, hogy a burkolatnak nevezett legfelső réteget ezen a módon már nem méretezhetjük, mert nem tudunk különbséget képezni. Márpedig a rendszerint nagy szilárdságú anyagból készülő burkolatok vastagságának néhány cm-es változása lényeges hatással van az egész pályaszerkezet teherbírására. Helyszíni kísérletek igazolták, hogy az aszfaltbeton burkolat vastagságának 5 cm-es növelése 20 cm-es ágyazatvastagítással volt egyenértékű. A CBR-eljárás keletkezésének helyén, ahol legrégebben alkalmazzák, az ismertetet módon méretezett ágyazatra és alapra rendszerint 3,5" (8,9 cm) burkolat kerül, melyből legalább a felső 2,0" (5,1 cm) aszfaltból készül.

Az eljárás bizonytalansága főként az áztatás időtartamának megválasztásában rejlik. Továbbá figyelembe veszi ugyan a kerékterhelést, de



2.89-9. ábra. A Kerkhoven – Dormon eljárás megoldása két gumibroncs típusra

nem veszi figyelembe a terhelés ismétlődésének számát, tehát a forgalom sűrűségét, márpedig ez döntő hatással lehet az út élettartamára.

Kerkhoven és *Dormon* ez utóbbi hiányosságot kiküszöbölték és úgy dolgozták át az eljárást, hogy figyelembe vették a gépkocsik gumibroncsának belső nyomását és felfekvési területét, valamint a forgalom sűrűségét is.

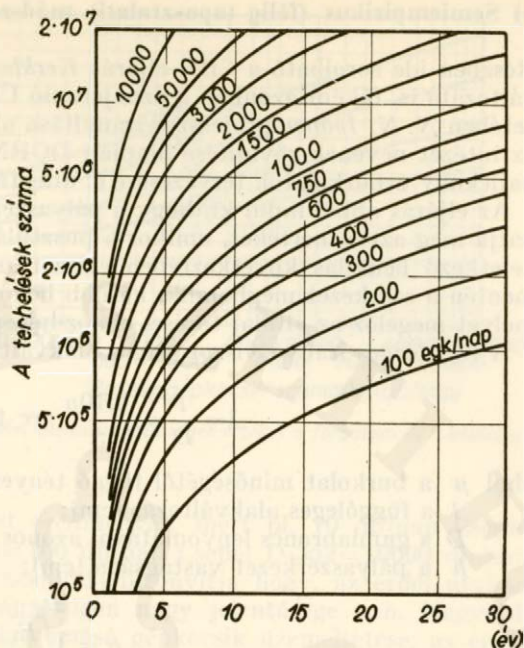
Kerkhoven és *Dormon* eljárásának két abroncstípusra *Gáspár László* által kidolgozott megoldását mutatja be a 2.89-9. ábra, melyen az útpályaszerkezet vastagságát a CBR% (talaj), a gumibroncsleányomat sugara (r), a gumibroncs belső nyomása (q), a terhelések ismétlődésének száma a használat ideje alatt (m), tehát a forgalom összes jellemzőinek függvényében olvashatjuk le.

A terhelés ismétlődésének száma tetszés szerinti időre a napi forgalom függvényében meghatározható. A 2.89-10. ábrából láthatjuk, hogy erdei utakon a terhelés ismétlődése a számításba jövő időszakban legfeljebb $m = 10^5$ és $m = 10^6$ között, rendszerint azonban $5 \cdot 10^5$ alatt lesz. Ez a szám lehetőséget ad arra, hogy az út fogalmát (tgk/nap) és kívánatos élettartamát egyszerre vegyük számításba.

Nagy bizonytalanságot okoz és igen eltérő eredményre vezethet az áztatási idő különböző megválasztása. Rendszerint 4 napos elárasztást alkalmaznak, de ettől el is térhetünk és a várható legkedvezőtlenebb állapot szerint csökkenthetjük az elárasztás idejét, vagy növelhetjük a teljes telítődésig.

Lazányi megállapításai szerint megbízhatóbb eredményt kapunk, ha a sok laboratóriumi hibaforrást is tartalmazó áztatásos eljárás helyett a CBR% megállapítását különböző víztartalmú és tömörségű mintákon többször megismételjük. Az eredmények a víztartalom, ill. a tömörség függvényében adják meg a CBR% változását. Ezeknek a görbéknek és a helyi viszonyoknak a vizsgálatra megbízhatóbb módon döntheti el a mértékadó teherbírási tényező problémáját, mint az áztatásos eljárás. (*Lazányi István*: Tapasztalatok a CBR burkolatméretezési eljárással. Építőipari és Közlekedési Műszaki egyetem Tudományos Közleményei. 1958. IV. kötet, 6. sz.)

Bár a tapasztalati görbék is okozhatnak eltéréseket, mégis a gyakorlat követelményeit rendszerint kielégíti ez az eljárás, különösen *Kerkhoven* és *Dormon* által javított formájában, s ezért világszerte ez az egyik legelterjedtebb módszer. Az erdei útpályaszerkezetünk mérete rendszerint a görbék végpontjai körül olvasható le, ahol a bizonytalanság nagy. Különösen áll ez az általános összefüggés itt nem közölt függvényábrájára.



2.89-10. ábra. A terhelés ismétlődésének számítása

b) Semiempirikus (félig tapasztalati) módszerek

Részben ide sorolható a CBR-eljárás *Kerkhoven* és *Dormon* által módosított változata is, főként azonban a Szovjetunió Útügyi Tudományos Kutató Intézetében *N. N. Ivanov* professzor irányítása alatt kidolgozott módszer, melyet az intézet nevének rövidítése alapján DORNII néven ismernek. (Irányelvek hajlékony útburkolatok tervezésére c. utasítás V. Sz. N. 40–46.)

Az eljárás abból indul ki, hogy a pályaszerkezet alakváltozása nem haladhatja meg azt a mértéket, amikor a pusztulás megkezdődik. A terhelés alatt keletkező behajlás következtében először repedések lépnek fel, majd ezek mentén a szerkezet megbomlik, később bekövetkezik a teljes tönkremenetel, melyet megelőz az altalaj törése, elmozdulása a csúszólapok mentén.

A függőleges irányú viszonylagos alakváltozás kritikus értéke:

$$\lambda = \frac{l}{D} = \frac{0,10\mu}{\pi} \text{ arc tg } n \frac{h}{D},$$

ahol μ a burkolat minőségétől függő tényező (0,85–1,6);

l a függőleges alakváltozás [cm];

D a gumiabroncs lenyomatával azonos területű kör átmérője cm;

h a pályaszerkezet vastagsága [cm];

$$n = \sqrt[2,5]{\frac{E_1}{E_0}}$$

ahol E_1 a burkolat alakváltozási modulusa;

E_0 a talaj alakváltozási modulusa.

Többretegű pályaszerkezetnél az egyes rétegek teherbírását olyan egyetlen réteggel helyettesítjük, mely egyenértékű viselkedést mutat. Jellemzője az egyenértékű alakváltozási modulus (E_e). (Lásd a 2.469 fejezet Feszültségeloszlás kétrétegű rendszerben c. részét.)

A forgalmi adatok (a kerék terhelése, felfekvési területe, belső nyomás és teherismétlődések száma) és a pályaszerkezet megengedhető viszonylagos alakváltozása alapján meghatározható az az egyenértékű alakváltozási modulus, mely szükséges ahhoz, hogy a forgalmi adatokkal jellemzett terhelést a pályaszerkezet elviselje.

$$E_{e-sz} = \frac{\pi}{2} \frac{p}{\lambda} K \mu,$$

ahol p a kerék alatti fajlagos nyomás kp/cm^2 ;

λ értéke: 0,03–0,06;

$K = 0,5 + 0,65 \log \gamma \cdot N$;

γ értéke az út szélességével fordítottan arányos (0,45–1,0);

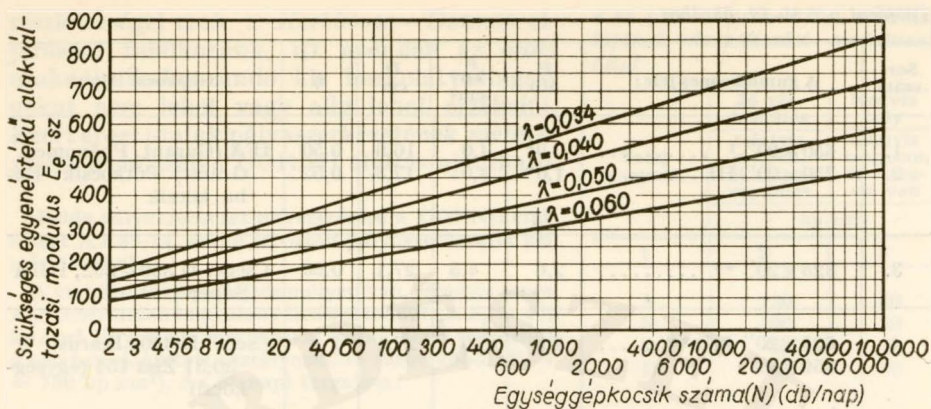
N az út keresztmetszélyén naponta áthaladó egységgépkocsik száma;

μ biztonsági tényező (0,85–1,6).

A szükséges egyenértékű alakváltozási modulus értéke a viszonylagos alakváltozás függvényében leolvasható a 2.89-11. ábra grafikonjáról is.

Az egységgépkocsi adatai gyakorlatilag azonosak a Csepel D-420 és a ZISZ-141 tehergépkocsi adataival. Az erdei utakon közlekedő más gépkocsi-típusoknak az egységgépkocsira való átszámítására szolgál a 2.89-12. ábra.

A vizsgált területen használt gépkocsi-típusok alapján kell meghatározni az erdei utak egységgépkocsiban számított terhelését. Az erdei utak forgalmi osztályozása is az egységgépkocsi-forgalom alapján történik. A járművek



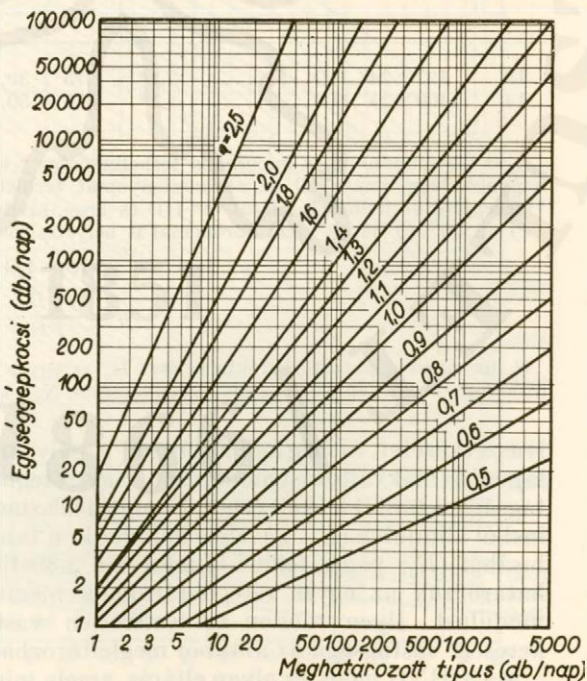
2.89-11. ábra. Az egyenértékű alakváltozási modulus szükséges értékei a forgalom és a viszonylagos alakváltozás függvényében

figyelembevétele lényeges eltérést eredményez, mert pl. 10 db/nap Csepel D-700=50 db/nap Csepel D-420=100 db/nap Csepel D-352=10000 db/nap pótkocsi (traktor nélkül). Ez a számítás bizonyítja hogy, az erdei utakon közlekedő járművek kiválasztásának igen nagy jelentősége van. Nagyobb teherbírású, tehát nagyobb keréknyomású gépkocsik üzemeltetése, az erdőfeltárhálózat kiépítésének költségeit jelentősen növeli, mert az ilyen gépkocsik sokkal vastagabb burkolatot kívánnak.

Szükséges még a talaj alakváltozási modulusának az ismerete, melyet felvehetünk táblázat alapján, helyszíni próbaterhelés vagy laboratóriumi vizsgálat eredményeképpen, esetleg régi utak megfigyelése alapján. Ez a rendszer a talaj alakváltozási modulusának felvételénél figyelembe veszi az éghajlatot (csapadék, napsütés) és a víztelenítési viszonyokat. A 2.89-III. táblázat megadja az erdei utak talajának alakváltozási modulusait. Ha a DORNII már ismert talajosztályozása alapján meghatározzuk a talajcsoportot, akkor ebből a táblázatból kaphatjuk a keresett alakváltozási modulusokat.

Természetesen szükséges az útépitési anyagok, illetve a nálunk szokásos pályaszerkezetek alakváltozási modulusának az ismerete is, melyet a 2.89-IV. táblázatból vehetünk ki.

A pályaszerkezet méretezések először is meg kell határozni a szükséges (E_{e-sz}) alakváltozási modulusot, fel kell vázolni a méretezett pá-



2.89-12. ábra. Az egységgépkocsi-forgalom kiszámítása 413

Táblázat a 2.89-12. ábrához

Sor-szám	A gumiabroncs jele:	P Mp	p kp/ cm ²	D cm	η	Gépkocsi típus
1.	650-20'' ¹	0,9*	4,0	16,9	0,50	IFA (Garant, Phänomen, Granit) Pótkocsik: Rába kocsik
2.	750×20'' HD.....	1,0*	4,0	17,8	0,52	
3.	825×20'' **	2,6	4,5	27,1	0,90	Csepel D 350-352, Rába Super
4.	825×20'' HD **	2,9	5,0	27,1	1	Csepel D 420; Ikarus 30,31 Ziss 151 (egységkocsi)
5.	850×20'' HD	3,5	5,75	27,8	1,18	Ikarusz 30,31 Csepel 130
6.	900×20'' **	3,0	4,5	29,1	0,97	
7.	900×20'' HD ²	3,5	5,6	28,4	1,17	Ziss 150
8.	1000×20''	3,6	5,0	30,3	1,11	MÁVAG Lo-450
9.	1100×20''	4,2	5,0	32,7	1,20	Renault, TR-S; M-5; Tatra; Federal
10.	1100×20'' HD.....	4,6	5,5	32,6	1,32	
11.	1200×20''	4,8	5,25	34,1	1,32	Mercedes 6 to; Szu. Trolley Csepel 700; Ikarusz 55, 60, 601
12.	1200×22'' ***	5,3	5,25	36,0	1,39	
13.	127×24'' HD.....	2,1*	1,75	39,1	0,50	Mezőgazd. járművek Dömper
14.	1400×24'' HD.....	4,1*	5,75	30,1	1,28	

P az iker-gumiabroncs maximális terhelhetősége * egyes abroncs. p az abroncs előírt legnagyobb légnnyomása. D az abroncslenyomat területével egyenlő területű kör átmérője. **terepjáró kivételben is készül *** HD és Trop. kivételben is.

1) 32×6'' 2) 36×8'' jelű abronccsal is helyettesíthető

$$\log N = 0,77(\eta - 1) + \eta \log N_x$$

$$\eta = \frac{P_x D_x}{PD}$$

P_x az egyes gépkocsik kerékterhelése. D_x az egyes gépkocsik gumiabroncslenyomatának átmérője. P és D ugyanaz az egységgépkocsinál. N_x a különböző típusú gépkocsik napi száma

lyaszerkezetet, és meg kell határozni a pályaszerkezet egyes rétegeinek és a talajnak az alakváltozási modulusát. Egy rétegnek lehet csak határozatlan a vastagsága, a többit fel kell venni. Ezután a felszínen szükséges alakváltozási modulusból kiindulva (E_{c-sz}) lefelé haladunk, a talaj tényleges alakváltozási modulusából (E_0) pedig felfelé kiindulva a 2.89-13. ábra segítségével sorban meghatározzuk az egyes réteghatároknak megfelelő egyenértékű alakváltozási modulusot. Ilyen módon az ismeretlen vastagságú réteget közrefogjuk és keresett vastagsága az ábrából meghatározható.

A DORNII módszer olyan eljárás, amely mindazokat a körülményeket figyelembe veszi, amelyek a pályaszerkezet méreteire hatással vannak. Hasonló

részletességgel csak a *Kerkhoven—Dornon* eljárásnál találkozunk, itt azonban az erdei utaknál alkalmazandó kis burkolatvastagságokat nem lehet vagy alig lehet érzékelni. Ezért erdei utaink pályaszerkezetének méretezésére leginkább a DORNII eljárás ajánlható.

Példa pályaszerkezet méretezésére a DORNII eljárással. A 2.89-14. ábrán felvázolt pályaszerkezetet kell méreteznünk.

A víztelenítés jó, talajvíz mélyen van, rétegvíz nincs. A jó teherbírású talaj alakváltozási modulusa $E_0 = 172 \text{ kp/cm}^2$. Egyrétegű mechanikai stabilizációt tervezünk a helyben előállított osztályozatlan zúzottkőből ($E_1 = 780 \text{ kp/cm}^2$). Az út napi forgalma:

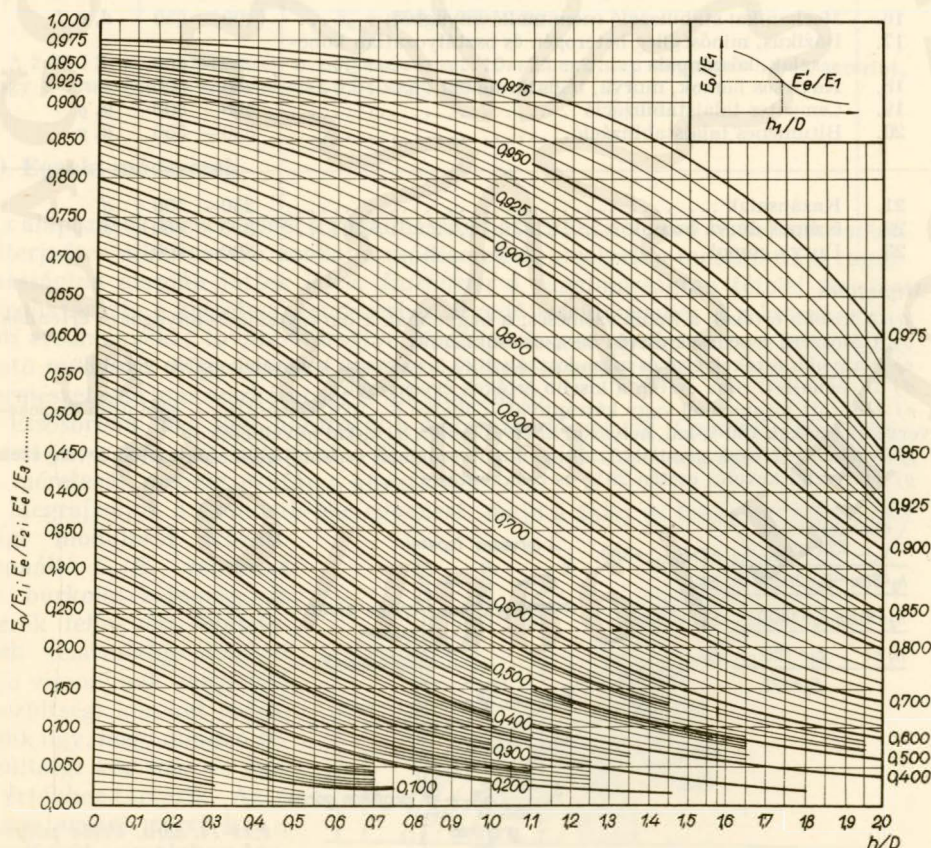
85 db Csepel-700
300 db 5 t-ás Tatra tggk
210 db Zisz-150 tggk
200 db Csepel D-420

1000 egységgépkocsi/nap
1900 egységgépkocsi/nap
900 egységgépkocsi/nap
200 egységgépkocsi/nap
4000 egk/nap

2.89-III. táblázat. Erdei utak talajának alakváltozási modulusai (E_0)

Talaj csoport	Jó víztelenítés	Nedves hely
	talajvíz mélyen, ill. rétegvíz nincs	talajvíz magasan, ill. rétegvíz van
kp/cm ²		
1	2	3
A	130	80
B	100	50
C	90	40
D	80	30

Az átszámítás a 2.89-12. ábra segítségével végezhető el. A 2.89-11. ábra alapján ez a forgalom – melyet csak a sokoldalúbb példa kedvéért vettem fel – $\lambda = 0,4$ viszonylagos alakváltozásnál $E_{0-sz} = 560 \text{ kp/cm}^2$ egyenértékű alakváltozással bíró szerkezetet kíván.

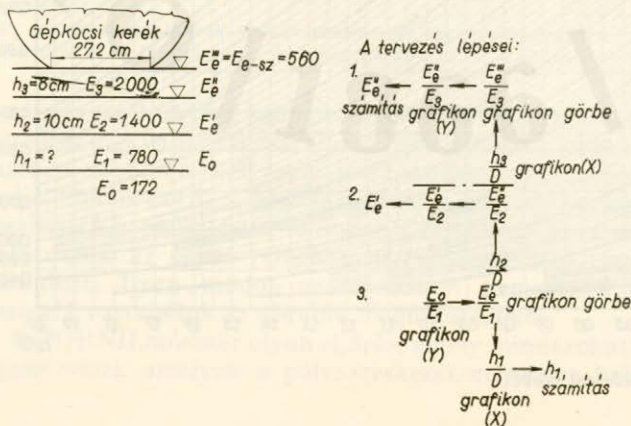


2.89-13. ábra. A Dornii méretezési görbéi

Sor szám	Az anyag megnevezése	E kg/cm ²	Megjegyzés
1.	Aszfaltbeton	2800 – 3000	a, b
2.	Kockakövek, betonlapok	2500 – 2800	
3.	Homokaszfalt	2200 – 2400	b
4.	Kevert makadám	2000 – 2200	
5.	Itatott makadám	1500 – 2000	c, d
6.	Kötözőzúzalékos makadám	1400 – 1800	d
7.	Terméskő, keramit	1500 – 1700	c
8.	Felületi bevonású makadám	1200 – 1400	c, d
9.	Kötőanyaggal portalanított makadám	1000 – 1300	c, d
10.	Vízzel kötött makadám	800 – 1200	c, d
11.	Rakott alap	800 – 1150	c – d
12.	Durva zúzottkő (szórt) alap	800 – 1000	d
13.	Folytonos szemeloszlású makadám	600 – 900	d, e
14.	Javított szemeloszlású talaj 6 – 10 % cementtel stabilizálva	600 – 900	d, f, g
15.	Javított szemeloszlású talaj bitumennel stabilizálva ..	550 – 800	d, f, g
16.	Mechanikai stabilizáció (nem málló anyagból)	400 – 650	d, e, f
17.	Bázikus, minőségileg heterogén és osztályozatlan kohósalak, kőszénpala	450 – 600	d
18.	Kavicsos homok, murva, téglatörmelék	400 – 600	f
19.	Cementes talajstabilizáció	400 – 600	d, g
20.	Bitumenes talajstabilizáció	350 – 550	d, g
21.	Kazánsalak	250 – 500	d
22.	Izapos durva homok	350 – 450	d
23.	Durva homok	300 – 400	

Megjegyzés:

- a) A kisebb értékek a finom szemcsés, a nagyobbak a durvaszemcsés anyagokra értendők
- b) Hálószerű repedések esetén 50 %-os csökkentés
- c) Nagyobb értékek első és másodosztályú kő és savanyú kohósalak esetén vehetők
- d) II. éghajlati zóna esetén a kisebb értékek érvényesek
- e) Hígított bitumennel vagy kátránnyal – illetve 6 – 10 % cementtel – gépi úton összekeverve az értékek 100 %-kal, helyszíni keverés esetén 80 %-kal növelhetők
- f) A kisebb értékek gömbölyű, a nagyobbak szögletes (zúzott) szemcsék esetén érvényesek
- g) Helyszíni keverés esetén 20 %-os csökkentés



2.89-14. ábra. Példa pályaszerkezet méretezésére a Dornii-eljárással

A méretezés menete a 2.89-13. ábra felhasználásával a következő:
 $\frac{E_0}{E_1} = \frac{172}{780} = 0,220$, ezt felkeressük az Y tengelyen és haladunk az $\frac{E_e''}{E_1} = \frac{560}{780} = 0,720$ görbég.

A metszéspontot levetítve az X tengelyre kapjuk $\frac{h}{D} = 1,58$ -at, melyből $h = 27,1 \cdot 1,58 = 42,8$ cm vastagságot, mivel $D = 27,1$ cm az egk. abroncslenyomatával egyenlő területű kör átmérője.

Látni fogjuk, hogy ilyen méretű forgalomnál általában nem gazdaságos egyrétegű pályaszerkezetet tervezni. Méretezzük ezért ugyanezre a forgalomra a 2.89-14. ábrán vázolt szerkezetet.

A két aszfaltréteg vastagságát felvesszük, majd felülről lefelé, ill. alulról felfelé haladva közrefogjuk a méretezendő réteget.

$$\frac{E_e''}{E_3} = \frac{560}{2000} = 0,280 \quad \frac{h_3}{D} = \frac{8}{27,1} = 0,295 \quad \frac{E_e''}{E_3} = 0,200 \quad E_e'' = E_3 \cdot 0,200 \quad E_e'' = 400$$

$$\frac{E_e''}{E_2} = \frac{400}{1400} = 0,286 \quad \frac{h_2}{D} = \frac{10}{27,1} = 0,369 \quad \frac{E_e''}{E_2} = 0,183 \quad E_e'' = E_2 \cdot 0,183 \quad E_e'' = 256$$

$$\frac{E_e''}{E_1} = \frac{256}{780} = 0,328 \quad \frac{E_0}{E_1} = \frac{172}{780} = 0,221 \quad \frac{h_1}{D} = 0,36 \quad h_1 = 27,1 \cdot 0,36 = 9,8$$

Példa az ellenőrzésre: Egy jó teherbíró talajon ($E_0 = 146$ kp/cm²) lévő 12 cm vastag cementstabilizációnak ($E_1 = 600$) keressük a teherbírását.

$$\frac{E_0}{E_1} = \frac{146}{600} = 0,243 \quad \frac{h}{D} = \frac{12}{27,1} = 0,44 \quad \frac{E_e''}{E_1} = 0,380,$$

$$E_e'' = 600 \cdot 0,380 = 228$$

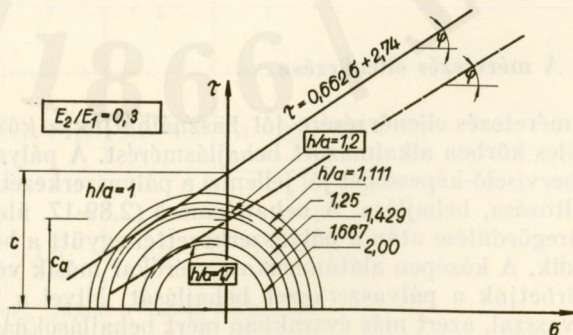
A 2.89-11. ábra szerint ez a pályaszerkezet 10–25 egk/nap forgalmat bír el, aszerint, hogy a viszonylagos alakváltozás 0,04 vagy 0,05.

e) Egzakt módszerek

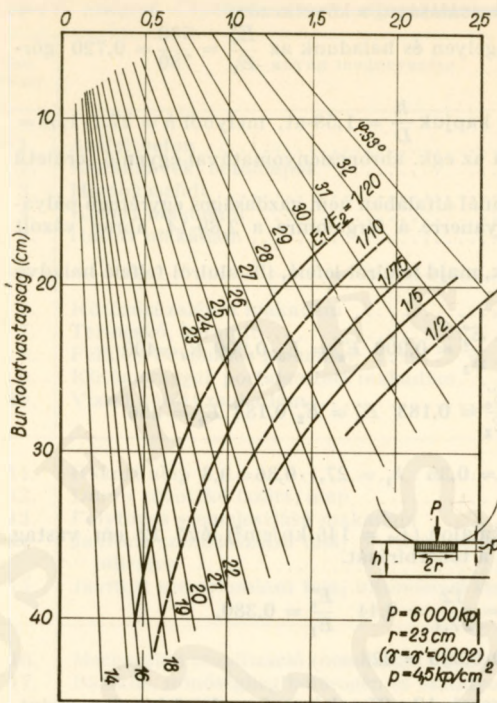
Az alapozások tervezésénél a rugalmasság határát el nem érő terhelések esetén kiterjedten alkalmazzák azokat a módszereket, amelyek a matematikai rugalmasságtan alapján jöttek létre. *Burmister* a rugalmasságtan tételei alapján meghatározta a kétrétegű rendszerben ébredő feszültségeket. Ezeket az elméleti eredményeket továbbfejlesztve *Kézdi* professzor gyakorlatban is használható módszert dolgozott ki a cementstabilizáció méretezésére, mely módszer természetesen más szerkezetnél is alkalmazható.

Elsősorban meg kell határozni a méretezendő anyag *Coulomb*-féle egyenesét ($\tau = \sigma \cdot \tan \varphi + c$), valamint a talaj és burkolat rugalmassági modulusát. A méretezés menete ezután a következő:

Megrajzoljuk a *Coulomb*-féle egyenest, majd a talaj és burkolat rugalmassági modulusai között fennálló E_2/E_1 , valamint a burkolatvastagság és kerék felfekvési felületének félátmérője közötti h/a viszonyoknak megfelelő feszültségi köröket rajzolunk úgy, hogy minden feszültségi kör más és más h értékhez tartozik. Az a h vastagsági méret lesz a megfelelő, amelyhez tartozó főfeszültségi kör



2.89-15. ábra. Burkolatméretezés dr. Kézdi módszerével



2.89-16. ábra. Burkolatméretezés Dr. Járay szerint

érinti a Coulomb-féle egyenest (2.89-15. ábra).

A szerkesztést megkönnyíti Kézdi Árpád műszaki egyetemi tanár táblázata. (Kézdi Árpád: Cementtalajutak vizsgálata és méretezése. – Közlekedési Kiadó, 1951. – 81. oldal.) A táblázat lehetőséget nyújt arra is, hogy különböző E_2/E_1 viszonyra szerkesszük meg a főfeszültségi köröket, tehát a cementadagolásnak a szükséges vastagságra gyakorolt hatását is vizsgáljuk.

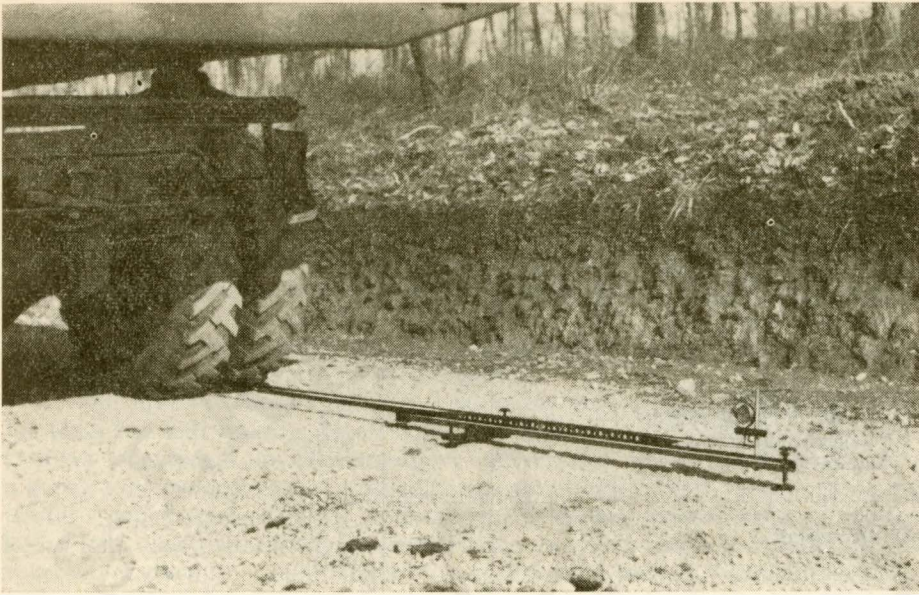
Az így kapott eredmény azonban semmi biztonságot sem rejt magában, mert határesetet állapít meg. Ezért Kézdi professzor azt javasolja, hogy a Coulomb-féle egyenest olyan értékek figyelembevételével szerkesszük meg, amelyeknél a feszültségek és alakváltozások még arányosak. Ilyen módon megfelelő biztonságot tartalmazó eredményt kapunk, s ez megfelel a kiinduló alapul szolgáló matematikai rugalmasságtan törvényeinek is.

Ugyancsak egzakt módszernek tekinthető Járay Jenő által javasolt módszer is. A kétrétegű módszerben Burmister által megállapított feszültségeloszlásból és Terzaghi törőterhelési képletéből kiindulva határozza meg a pályaszerkezet vastagságát. Módszerének egy felvett terhelésre készített megoldását mutatja be a 2.89-16. ábra, melyen a súrlódási szög, valamint az összenyomódási modulusok (talaj és a pályaszerkezet) hányadosának függvényében a keresett vastagság leolvasható.

Összefoglalva a pályaszerkezet méretezéséről mondottakat, megállapítható, hogy itt kell tükröződni minden olyan körülménynek, melyet a pályaszerkezet tervezésénél figyelembe kell venni (forgalom, talaj, éghajlat). A javított CBR és a DORNII eljárás, a gyakorlatiasság adta határok között, erre meg is adja a lehetőséget. A sajátos erdőgazdasági tényezők inkább a pályaszerkezet szükségességére, az építési technológia milyenségére és a munkaszervezésre hatnak.

d) A méretezés ellenőrzése

A méretezés ellenőrzésére jól használhatjuk a közúti útépitésnél hazánkban széles körben alkalmazott behajlasmérést. A pályaszerkezet és talaj együttes teherviselő-képességét jól jellemzi a pályaszerkezet teher alatti rugalmas alakváltozása, behajlása. A behajlasmérő (2.89-17. ábra) tapogató karja a kerék előregördülése után a pályaszerkezettel együtt a behajlott helyzettől felemelkedik. A közepén alátámasztott mérőkar másik végén 0,01 mm pontossággal mérhetjük a pályaszerkezet behajlását. Mivel a talaj teherbírása legkisebb tavasszal, azért más évszakban mért behajlásoknál korrekciós tényezőt alkalmazunk (2.89-V. táblázat). Az MSZ 2509 T sz. szabvány megadja azokat a



2.89-17. ábra. Billenőkaros behajlásmérő

behajlásokat (2.89-VI. táblázat), melyek az állékonyság biztosítása érdekében maximális értéknek tekintendők.

Ugyanitt található meg a mérési eljárás pontos ismertetése és a megengedett keréknyomás számításának módja is. A nagyon gyakorlatias és már az erdészeti útépitési gyakorlatban is alkalmazott mérési módszerrel kapcsolat-

2.89-V. táblázat. A behajlásértékek évszakos korrekciós tényezői a talajnemek és az útburkolat állapot függvényében

Időszak	Talajnem			
	kavics, homok	homokliszt és iszap		agyag
		Az útburkolat állapota		
		jó	rossz	
korrekciós tényező				
Tavaszi nedves (olvadási) időszak (március – április)	1	1	1	1
Átmeneti időszak (május – június)	1	1,1 – 1,4	1,1 – 1,9	1,1 – 1,2
Száraz időszak (július – november)	1	1,5	2,0	1,3

Megjegyzés: Ha a talaj átfagyott, akkor a mérés eredménye nem mértékadó.

2.89-VI. táblázat. Az útpályaszerkezeti alapon, ill. a kész burkolaton megengedhető legnagyobb behajlások

Burkolat neve	A forgalom nagysága Mp/nap		
	1000 alatt	1000 – 2500	2500 felett
	megengedhető behajlás mm-ben		
Makadám burkolatok (kötőzúzalékos, félitatásos, portalanított és vízzel kötött makadám; aszfalt-szőnyegek és bitumenes felületi bevonás)	1,6 (1,3)	1,5 (1,2)	– –
Aszfaltburkolatok (4 – 10 cm vastag aszfalt-rétegek, teljes itatású makadám)	–	1,3 (1,0)	1,1 (0,8)
Öntött aszfalt	–	–	1,0 (0,7)

Megjegyzés: A zárójeles értékek a kész útburkolatra vonatkoznak.

ban csak annyit jegyzünk meg, hogy a makadám és itatott makadám pályaszerkezeteknél utótömörödés játszódik le az építés után, melynek során a behajlások csökkennek, és állandó értéküket, a forgalomtól függően, 1 – 1,5 év múlva érik el.

2.892 Pályaszerkezetek tervezése

A pályaszerkezetek tervezésének ismertetését három nagy részre oszthatjuk, a tervezés előmunkálatainak és a pályaszerkezetek tervezésénél érvényesítendő elveknek összefoglalására, valamint az előzőek alapján tervezett szerkezet építésének organizációjára.

A tervezés előmunkálataihoz tartozik a talajfeltárás, a talajminták laboratóriumi vizsgálata, talajmechanikai szakvélemény készítése, gépi munka lehetőségeinek és körülményeinek tanulmányozása, építőanyagok helyszínre szállításának és tárolásának lehetőségei és körülményei, végül, de nem utolsósorban a munkaerő biztosításának problémája.

a) A tervezés előmunkálatai

1. Talajfeltárás. Enélkül nem lehet egyidejűleg gazdaságosan és biztonságosan is tervezni. Pályaszerkezetek esetében lehetőleg a földmű építése után egy évvel végezzük, amikor a veszélyes szakaszok már biztosan megmutatkoznak. Talajfeltárást elsősorban az út tengelyvonalában végzünk 100 – 300 m-enként, de szükség esetén – pl. rétegvíz felkutatása céljából – a tengelyvonalra merőleges vonalak mentén is. Feltétlenül fel kell tárni a helyi anyagnyerőhelyeket (homok, homokos kavics, természetes kötőrmelék, agyag stb.), és átlagmintákat kell begyűjteni a bányának alkalmas helyekről. A talajfeltárás részleteire vonatkozólag utalok a 2.471 fejezetre.

2. Laboratóriumi vizsgálatok. A talajfeltárás során begyűjtött mintákból mindig meg kell állapítani legalább a folyási és sodrási határt, a plasztikus indexet, a szemeloszlást, a természetes víztartalmat, száraz térfogatsúlyt, és meg kell szerkeszteni a Proctor-görbét, melyről leolvassuk a talaj maximális száraz térfogatsúlyát és optimális víztartalmát, ezek alapján pedig számíthatjuk a tömörségi fokot. Ezen túlmenően a helyi körülmények és az alkalmazni kívánt pályaszerkezet természete szerint szükség lehet a kapilláris emelkedés meghatározására, stabilizációknál a stabilizáció Proctor-görbéjére, keverési arány vagy adagolás ellenőrzésére szilárdsági vizsgálatokkal, a CBR% vagy alakváltozási modulusz meghatározására, a Ca-, SO₃-tartalom és a p_H mérésére stb.

3. Talajmechanikai szakvélemény. Ebben foglaljuk össze az 1. és 2. alatti munkákat és vonjuk le a következtetéseket.

4. Gépi munka lehetőségének és körülményeinek tanulmányozása. Vizsgálat tárgyává kell tenni a gépek felvonulásának és munkahelyen való mozgásának lehetőségét, az üzemanyaggal való ellátást, karbantartás szervezését, a gépek más erdőgazdasági munkákban való elfoglaltságát. Gondosan ki kell jelölni a gépek fordulólhelyeit, szükség esetén ilyenek megtervezéséről gondoskodni kell, mert egyébként a fordulólhelyig és vissza megtett út tetemes idővesztést okoz és a technológia időszükségletét növeli. A fordulólhelyeket az egy napi építési hosszal kell összehangba hozni. Mindezek alapján tájékozódunk arról, hogy milyen gépeket milyen feltételek között üzemeltethetünk, ez természetesen hat a technológia megválasztására és kialakítására is, s tervezésünk biztos alapokon fog nyugodni.

5. Építőanyagok helyszínre szállításának és tárolásának lehetőségei. Fel kell mérni a rendelkezésünkre álló szállítási kapacitás nagyságát (db és Mp) és minőségét (pótkocsi, tehergépkocsi merev vagy billenő rakfelülettel stb.). A kapacitás nagysága meghatározhatja a választott módszer anyagigényét, minősége pedig a technológiára hat. Tájékozódni kell az ömlesztett, időjárásra nem érzékeny anyagok (zúzottkő, zúzalék, homok, homokos kavics stb.) tárolására alkalmas helyekről, gondolva az ésszerű, esetleg gépesített fel- és leterhelés lehetőségének biztosítására, ha erre szükség van. Cementnek feltétlenül, mésznek lehetőleg száraz tárolólhelyiség szükséges. Ha ilyen nincs az építési hely közelében, akkor vagy ideiglenes raktárról (sátor, műanyagfólia, barakk) kell gondoskodni, vagy eleve nem lehet szó ezeknek az anyagoknak a tervezéséről. A jelenlegi és a várható építési helyekhez képest központi vasútállomáson a hígított bitumen fogadásáról, ill. tárolásáról kell gondoskodni. Az illetékes államvasúti szervek előzetes véleményét ki kell kérni. Részben ezektől a tényezőktől függ, hogy melyik szerkezetet választjuk ki, és ennek milyen legyen az építési technológiája.

6. Munkaerő. A gépkapacitás és a rendelkezésünkre álló munkaerő mennyisége és minősége eleve determinálhatja a szerkezet kiválasztását. A reális munkaszervezés megkívánja annak ismeretét, hogy a munkások gyalog is elérhetik a munkahelyet vagy gondoskodni kell helyszínre szállításukról, illetve közeli munkásszálláson is elhelyezhetők.

b) Pályaszerkezet tervezésénél érvényesítendő elvek összefoglalása

1. Feszültségeloszlás. A pályaszerkezetben a terhelés okozta feszültségek általában a mélységgel csökkennek, tehát a pályaszerkezet rétegeinek igénybevétele is csökken, ezért minél mélyebben fekvő rétegről van szó, annál kisebb szilárdságú anyagból készülhet. Minél nagyobb szilárdságú anyagból készül egy réteg, annál többet vesz fel a terhelésből.

2. Talaj és ágyazat. A pályaszerkezet alatt a talajra már csak olyan nagy terhelés juthat, amely nem okoz maradó alakváltozást. Bár meg kell kívánunk, hogy a talaj tömörségi foka $T_{ry} \cong 95\%$ legyen a normál Proctorra vonatkoztatva, mégis előfordulhat, hogy magasan álló talajvíz, rétegvíz, vízelenítési problémák, mikroklimában vagy a talaj fizikai tulajdonságaiban rejlő okok miatt a megkívánt tömörségi fokot nem lehet elérni, vagy számítani lehet a talaj későbbi felpuhulására. Ilyenkor ágyazatot kell tervezni. Ágyazatra van szükség a fagyveszélyes talajokon és az erősen térfogatváltozó talajokon is. Ágyazatnak alkalmas anyag szemeloszlási határgörbéit mutatja be a 2.89-18. ábra. Általában bármely szemcsés anyag (homok, homokos kavics, murva, természetes kötőrmelék) alkalmas ágyazati anyagoknak. Feltétel csak az, hogy vízzel szemben érzéketlen legyen és lehetőleg jó vízáteresztő is. Ha az ágyazatot fagyveszély elhárítására tervezzük, akkor szemeloszlási görbéje feleljen meg a 2.85-II. táblázatban közölt, erre a célra alkalmas szemszerkezetnek.

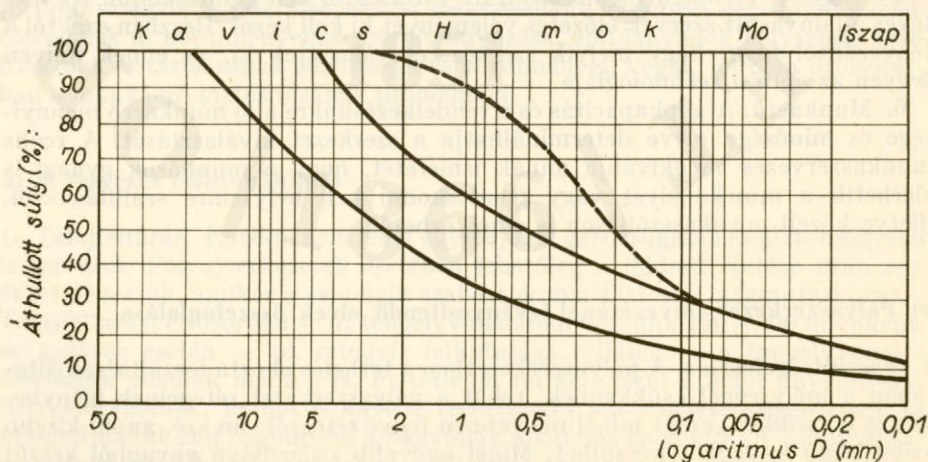
Erdei utakon az ágyazat vastagsága 15–20 cm. Ahol a vízkedvelő növények vagy a talajfeltárás ún. „nedves” talajt jelez, mindenütt ágyazatot kell tervezni. Szovjet előírások szerint a DORNII talajosztályozás *D* talajára makadám pályaszerkezetet csak ágyazat közbeiktatásával szabad építeni.

3. Helyi anyagok. A helyi anyagokat mindig úgy kell tervezni, hogy minél nagyobb hányadban helyi anyagokból épüljenek. Eszerint a szükséges teherbírás biztosítása érdekében a helyi anyagokból készülő rétegek vastagságát kell növelni, míg a messziről szállított vagy drága anyagokból álló rétegeket a még kivitelezhető legkisebb méretre tervezzük.

4. Burkolatméretezés. A pályaszerkezet kialakítására ható tényezők (2.81. fejezet) – az erdőgazdasági tényezők kivételével – a pályaszerkezet méretezésében realizálódnak. A pályaszerkezet gazdaságos tervezése csak méretezéssel képzelhető el. Amint tudjuk, a jó módszer figyelembe veszi a forgalmat, talajviszonyokat és éghajlatot is.

A megfelelő teherviselő-képességet többféleképpen biztosíthatjuk. Készülhet a pályaszerkezet tetszés szerint 1, 2, 3, vagy 4 rétegből is, és ezen belül különböző lehet az egyes rétegek vastagsága is. Lényeges az, hogy a pályaszerkezet egésze a választott burkolatméretezés alapján elegendő teherbírású legyen az adott forgalmi, időjárási és talajviszonyok között.

A pályaszerkezet elvi felépítéséből (2.8-1. ábra) fakad, de ugyanakkor kielégítjük az 1., 2. és 3. pontok alatt vázolt elveket is, ha az alapot és ágyazatot



422 2.89-18. ábra. Ágyazati anyag határgörbéi

vastagítjuk, a burkolatot pedig a technikailag lehetséges legkisebb méretben, de jó minőségű anyagból építjük. Az egyes rétegek anyagának kiválasztásánál különösen az 1. és 3. pont alattiakat kell figyelembe venni.

5. Az útépítési technika mai fejlettségi fokán erdőgazdaságainknál a 2.89-VII., VIII. és IX. táblázatban szereplő korszerű pályaszerkezetek terjedtek el. Ezek a megoldások, az ismertetett elveknek megfelelnek, egyszerű, ill. olyan berendezéseket, felszereléseket kívánnak, amelyek nem igényelnek nagy beruházást, vagy a beruházás gyorsan megtérül, a 2.83. fejezetben ismertetett univerzális géplánccal megépíthetők. A táblázatban közölt pályaszerkezetek természetesen csak például szolgálnak, ezektől a jelen fejezet alapján el lehet és el is kell térni, ha a körülmények úgy kívánják. Végeredményben azt mondhatjuk, hogy a helyi körülmények alapján minden pályaszerkezet más és más.

A 2.89-VII-VIII-IX. táblázatokhoz szükséges néhány megjegyzést fűzni. Ha a DORNII módszerrel méretezünk vagy ellenőrzünk egy pályaszerkezetet, akkor lényegesen eltérő eredményt kapunk aszerint, hogy a viszonylagos alakváltozást (λ) mekkorának vesszük fel. Az eredeti előírás, a pályaszerkezet anyagától és a várható forgalomtól függően, különböző viszonylagos alakváltozásokat enged meg.

Ha nagyobb alakváltozást engedünk meg, akkor a pályaszerkezet jobban behajlik, és a nagyobb hajlítási eredményeképpen keletkező nagyobb húzófeszültségek hamarabb okoznak repedéseket, minek következtében a pályaszerkezet gyorsabban bomlik, a karbantartási költségek nőnek, az élettartam csökken. A 2.89-VII. és a 2.89-VIII. táblázat adatait aránylag kicsi ($\lambda = 0,04$) viszonylagos alakváltozás figyelembevételével számítottam, tehát a rétegek mérete, ill. az adott szerkezetben megengedett forgalom nagyobb biztonságot rejt magában, mint a 2.89-IX. táblázat adatai, ahol a viszonylagos alakváltozás nagyobb ($\lambda = 0,05$).

Ha nagyobb behajlást engedünk meg, akkor ehhez nagyobb terhelés, vagy ami ugyanazt jelenti, nagyobb forgalom tartozik. A 2.89-11. ábra alapján megítélhető, hogy különböző viszonylagos alakváltozás esetén hogyan változik a megengedett forgalom. Pl. ha $\lambda = 0,04$ és a megengedett forgalom $N = 30$, akkor $\lambda = 0,034$ -nál $N = 13$, $\lambda = 0,05$ -nél $N = 100$ és $\lambda = 0,06$ -nál $N = 600$.

A szovjet és részben a hazai erdei utakon szerzett újabb tapasztalatok azt mutatják, hogy a nagyobb alakváltozási moduluszal ($\lambda = 0,05 - 0,06$) méretezett pályaszerkezetek néha nem elég állékonyak. Különösen két esetben következik be a pályaszerkezet gyors romlása.

Egyrészt akkor, amikor a magasan fekvő talajvíz, vagy még inkább az időszakos, de bőséges rétegvíz teljesen felpuhítja az alépitményt, esetleg fagykrák következik be, és a talaj alakváltozási modulusza mélyen a feltételezett alá süllyed. Ilyenkor a pályaszerkezet egyenértékű alakváltozási modulusza is csökken, ezért nagyobb behajlások keletkeznek, melyek a pályaszerkezetet hosszabb-rövidebb idő alatt tönkreteszik, először a megnövekedett hajlítói igénybevétel miatt repedések keletkeznek, később megkezdődik a bomlás.

Másrészt kereshetjük a romlás okát a kivitelezés minőségi hibáiban is. Ilyenkor az egyes rétegek tényleges alakváltozási modulusza (E_1, E_2, \dots) nem éri el a méretezésnél feltételezett értéket, következésképp az egész szerkezet egyenértékű alakváltozási modulusza (E_0) is kisebb lesz, tehát azonos terhelés nagyobb behajlást okoz, amely az előbbieken már vázolt módon megindítja a szerkezet bomlását. Különösen súlyos a helyzet akkor, ha ez a hiba egyidejűleg fordul elő az előző bekezdésben leírt állapottal.

Szerencsés esetben, jó víztelenítésnél, a talaj alakváltozási modulusza rendszerint nagyobb, mint a számításba vett érték. Ilyenkor az egyenértékű alakváltozási modulusz is nagyobb, a behajlás pedig kisebb lesz, a pályaszerkezet nagyobb forgalmat bír el a számítottnál. Mindenesetre a táblázatok adatainak más méretezési eljárások eredményeivel való összehasonlítása azt mutatja, hogy rendszerint elegendő a száraz talajra méretezni, a nedves talajon adódó vastagságokra többnyire csak rövid szakaszokon, ill. egészen szélsőséges viszonyok között van szükség.

A forgalmi adatok értékelésénél gondolni kell a 2.89-12 sz. ábrán közölt összefüggésekre, vagyis a különböző járművek átszámítására egységgépkocsira. Pl. traktorral vontatott pótkocsikból álló forgalomból jóval nagyobbat bír el az út, mint a 3,5 Mp-os vagy 7,0 Mp-os gépkocsik terheléséből. Az egységgépkocsik egy fordulója sem azonos két áthaladással, mert a kifelé üresen haladó gépkocsi alatt nyilván kisebb igénybevétel keletkezik.

Az előbbi bekezdésekben vázolt összefüggéseket figyelembe kell venni a pályaszerkezet vastagságának méretezésénél, így a közölt táblázatokkal kapcsolatban is. A vastagsági méretek több tényező eredményeként adódnak. Ezeknek a tényezőknek az állandóságát nem mindig tudjuk biztosítani (E_0, E_1, E_2, \dots), illetve nem rendelkezünk elég tapasztalattal a felvételükhöz (λ). Ezért kellett megvizsgálni az eredmény változását a tényezők változásának függvényében. Ilyen természetű bizonytalanságok minden méretezési eljárásnál vannak. Ennek ellenére a pályaszerkezet méretezése mégis gazdaságosabb ered-

2.89-VII. Adott forgalomra méretezett gyökori pályaszerkezetek $\lambda = 0,04$

Sor sz.	Pályaszerkezet rétegei	Vastagságok és a megengedett forgalom																															
		száraz						nedves																									
		A			B			C			D			A			B			C			D										
		talajon			talajon			talajon			talajon			talajon			talajon			talajon			talajon										
		30	50	70	100	30	50	70	100	30	50	70	100	30	50	70	100	30	50	70	100	30	50	70	100								
1.	Vizes makadám felületi bevonással (Z 40/65), Szórt alap (Z 65/100), Ágyazat murvából	15	8	10	12	10	10	12	12	8	8	8	10	12	12	12	8	10	12	12	10	10	10	10	10	12	10	12	12	12			
2.	Folytonos szemel- oszlású makadám (Z 0/20)*, Szórt alap (Z 0/100)*, Mészstabilizáció ..	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5			
3.	Itatott makadám . Szórt alap (Z 0/65) folyt. szemel- oszlású makadám*	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7			
4.	Itatott makadám . Szórt alap, Mészstabilizáció ..	10	12	13	15	14	16	18	19	15	18	19	21	17	19	21	23	17	19	21	23	24	27	29	31	27	30	32	34	29	33	36	38
		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7		
		11	12	14	16	15	17	19	21	7	9	10	12	8	10	11	13	18	21	23	25	28	30	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
		-	-	-	-	-	-	-	-	15	15	15	15	15	15	15	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

* Vibróhengerrel egy rétegben, simahengerrel max. 15 cm vastag rétegben tömörítve

2.89-VIII. táblázat. Adott méretű pályaszerkezetek ellenőrzése a megengedhető forgalomra, ha $\lambda = 0,04$

Sor sz.	Pályaszerkezet rétegei												Nedves																											
	Száras						talajon						A						B						C						D									
	cm	egk/nap	cm	egk/nap	cm	egk/nap	cm	egk/nap	cm	egk/nap	cm	egk/nap	cm	egk/nap	cm	egk/nap	cm	egk/nap	cm	egk/nap	cm	egk/nap	cm	egk/nap	cm	egk/nap	cm	egk/nap	cm	egk/nap	cm	egk/nap	cm	egk/nap						
a pályaszerkezet adott méreteihez tartozó megengedett forgalom																																								
5.	7	50	7	25	7	18	7	70	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	10		
	15		15																																					
6.	7	90	7	35	7	25	7	16	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15		
	15		15																																					
7.	7	55	7	28	7	13	7	13	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	15	7	12		
	15		15																																					
8.																																								
9.	12	30	12	15	12	12	12	9	12	15	12	15	12	15	12	15	12	15	12	15	12	15	12	15	12	15	12	15	12	15	12	15	12	15	12	15	12	15	12	15
	15		15																																					
10.	3	14	3	9	3	30	3	21	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15
	15		15																																					

2.89-IX. táblázat. Adott méretű pályaszerkezetek ellenőrzése a megengedett forgalomra, ha $\lambda = 0,05$

Sor- sz.	Pályaszerkezet rétegei	Száras								Nedves																							
		A				B				C				D				A				B				C				D			
		cm	egk/ nap	cm	egk/ nap	cm	egk/ nap	cm	egk/ nap	cm	egk/ nap	cm	egk/ nap	cm	egk/ nap	cm	egk/ nap	cm	egk/ nap	cm	egk/ nap	cm	egk/ nap	cm	egk/ nap	cm	egk/ nap	cm	egk/ nap				
a pályaszerkezet adott méreteihez tartozó megengedett forgalom																																	
6.	Itatott makadám Mészstabilizáció	—	—	—	—	7	30	7	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
		—	—	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15			
9.	Bitumenstabilizáció oltan HK-ból Mechanikai stabilizáció oltan HK-ból	12	100	15	15	12	35	12	25	12	25	12	25	12	15	12	15	12	15	12	15	12	15	12	15	12	15	12	15	12	15		
10.	Aszfaltzsalékszőnyeg Cementstabilizáció	3	40	15	15	3	100	3	70	3	70	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15	3	15		
	Mészstabilizáció	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
11.	Felületi bevonás Mészstabilizáció	—	—	—	—	1,5	11	1,5	9	1,5	15	1,5	15	1,5	15	1,5	15	1,5	15	1,5	15	1,5	15	1,5	15	1,5	15	1,5	15	1,5	15		

ményt ad a túlméretezésnél, mert a rövid szakaszokon, ill. egyes helyeken esetleg tönkrement pályaszerkezet helyreállítására és megerősítésére fordított költség messze alatta marad a túlméretezésből adódó többletköltségnek.

Bármely mérési eljárásnál a legnagyobb biztonság mellett a leggazdaságosabb eredményt akkor kapjuk, ha a várható legkedvezőtlenebb körülmények között a helyszínen vagy megbízható laboratóriumi viszonyok között közvetlen méréssel határozzuk meg a tényezőket (E_0 , E_1 , E_2 , CBR % stb.).

c) Építési organizáció

Miután a tervezési előmunkálatok során gyűjtött adatok és a tervezési elvek alapján megterveztük a pályaszerkezetet, feltétlenül el kell készíteni az építés organizációját is. Egyrészt ezzel ellenőrizzük terveink realitását, másrészt gazdaságos kivitelezés enélkül alig képzelhető el.

1. Először kiszámítjuk az építési technológia egyes ütemeinek időszükségletét, majd egymás alá írjuk a technológiában résztvevő gépeket és eszközöket. Ezután az egyes ütemek időléptéknek megfelelő különböző szélességű oszlopaiba vízszintes vonalakkal bejelöljük a gépek és eszközök üzemelési idejét. Ilyen módon jó áttekintést szerezhetünk arról, hogy nincs-e átfedés, az erőgépek kihasználása a technológia adta keretek között maximális-e, megvan-e az átszerelésekhez szükséges idő stb. Szükség esetén – ha erre elvileg lehetőség van – változtatunk a technológián is, egyes ütemek időszükségletét több gép alkalmazásával csökkentjük, másutt fordítva. Cél az egy nap alatt megépíthető hossz biztonságos növelése.

2. Meghatározzuk az építést kiszolgáló anyagszállításnál a járművek teher- és üresjáratának, fel- és leterhelésének időszükségletét. Ezt egybevetjük az építési technológia anyagigényével, amelyből meghatározható a szükséges szállítási kapacitás. A pályaszerkezet építése esetleg két lépcsőben is történhet. Pl. elől halad az alap építése, pár száz méterrel mögötte egyidejűleg folyik a burkolat építése. Ha a munkát így tudjuk megszervezni, akkor könnyebben nyílik lehetőség a szállítási kapacitás egésznapos kihasználására, amelyről mindenképpen gondoskodni kell.

Itt csupán egyik lehetőségét vázoltam az építési organizációnak, amely másképp is elképzelhető. Valamilyen módon azonban feltétlenül el kell készíteni. Az a jó organizáció, amely kellő biztonsággal a legnagyobb teljesítményt eredményezi. A Szállításszervezés c. fejezet ismeretei itt is jól felhasználhatók.

2.393 Héjburkolatok

Ismeretes, hogy az erdei utak tervezésére jellemző a technikai minimumra való törekvés. Ismerjük ennek okát is. Bizonyos körülmények között ennek az elvnek alkalmazásában odáig is elmehetünk, hogy a pályaszerkezetet tudatosan alulméretezzük, tehát a megfelelően tömörített alépitményre csak egy kopóréteget vagy vékony burkolatot építünk. Az alulméretezett pályaszerkezetet héjburkolatnak nevezzük. A héjburkolat alkalmazásának feltételei a következők:

1. A talajvízszint olyan mélyen legyen, hogy a kapillárisan emelkedő víz ne veszélyeztesse (felpuhulás, fagyveszély) a pályaszerkezetet.

2. Ne legyen rétegvíz.

3. A keresztzelvényt vízzáró burkolattal úgy kell kialakítani, hogy a felszínen folyó csapadékvíz elvezetése biztosítva, illetve a beázás veszélye kizárt legyen.

Ha e feltételek bármelyikét nem tudjuk kielégíteni, akkor az előző meghatározás szerinti héjburkolat építéséről nem lehet szó.

Héjburkolat építését az indokolja, hogy ha meg lehet akadályozni a talaj átázását, akkor minden talaj teherbíró, a pályaszerkezet feladata tehát a sima és kopásnak ellenálló járófelület biztosítására és a víz beszívargásának megakadályozására korlátozódik.

Ennek megfelelően a héjburkolat mindig vízzáró (bitumenstabilizáció, aszfalt) és az építési technológiából következő minimális méretben készül.

Bár a Nyugatbükki Áll. Erdőgazdaságnál ezen elvek alapján épített héjburkolat több év jelentős forgalma alapján kiállta a gyakorlat próbáját, mégis hangsúlyoznom kell, hogy héjburkolatok építésére csak tapasztalt szakember, alapos megfontolás után vállalkozzon.

2.894 Pályaszerkezetek kiválasztása és gazdaságossága

Pályaszerkezetek tervezésénél minden konkrét esetben rendszerint több megoldás is lehetséges és felmerülhet az a kérdés is, hogy milyen határig gazdaságos a helyi anyagok alkalmazása?

Ezekre a kérdésekre a következő gondolat sor alapján adhatunk választ.

1. A lehetséges megoldások felvázolása. A helyi anyagok messzemenő felhasználásával és a 2.892. fejezetben részletezett elvek alapján felvázoljuk a lehetséges megoldásokat. Először az anyagokat választjuk ki, meghatározzuk a rétegek számát, majd méretezünk.

2. Építési költségek. Ha valamely konkrét esetben akkor elemezzük az építési költségeket, amikor a rétegek anyagát és vastagságát már meghatároztuk, azt látjuk, hogy állandó és változó részből tevődnek össze.

Állandó költség a felhasznált anyagok ára és az építési technológiában részletezett munkák költsége. Változó a fuvar költség, amelynek nagysága a beszerzés helyétől, ill. attól függ, hogy az Építőipari Költségnormák (ÉKN) milyen ár használatát írják elő. (Pl. a zúzottköveknek és a zúzaléknak leadó-állomási ára van, az anyagárban a vasúti fuvar költség bennfoglaltatik, tehát csak a vasútállomástól az építés helyéig számított közúti fuvar költség a változó a távolság függvényében. Ezzel szemben az osztályozatlan homokos kavics árát a termelési helyre adja meg az ÉKN, tehát itt a vasúti fuvar is változó lesz.)

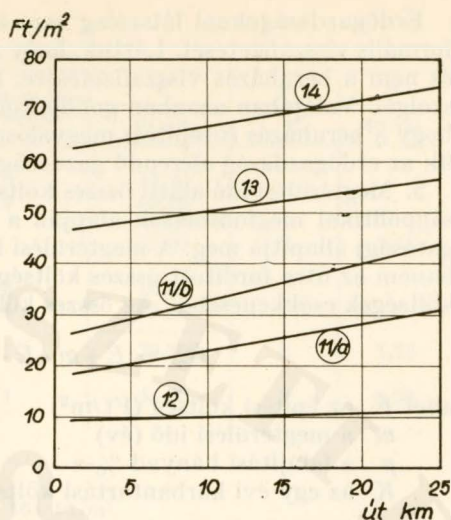
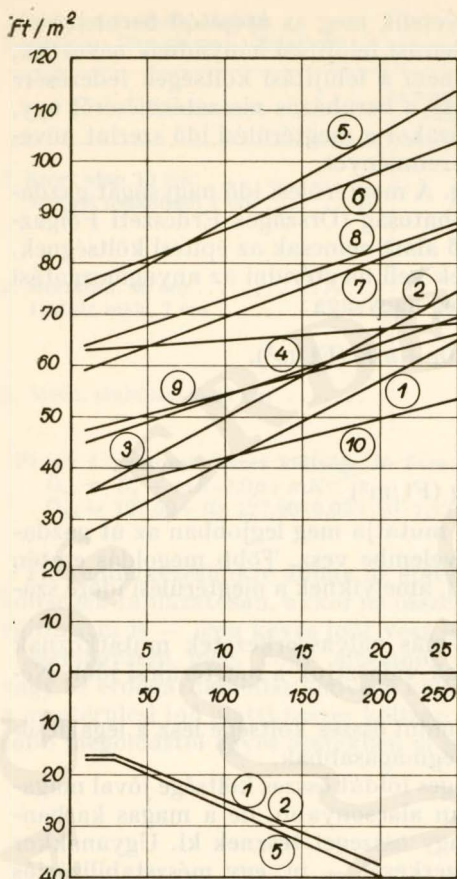
Ennek felismerése után az építési költségeket az anyagok szállítási távolságának függvényében ábrázolhatjuk. Példaként szolgálhat a 2.89-19. ábra. Adott a DORNII szerinti talajtípus és a forgalom (útosztály). E kettő minden egyes szerkezetre meghatároz egy vastagságot, amelyeknek építési költsége a szállítási távolság függvényében leolvasható. A közúti és vasúti fuvar távolsága alapján leolvasott költségeket össze kell adni.

Ily módon gyorsan eldönthető, hogy melyik változat adja a legkisebb építési költséget. Ez azonban nem elegendő. Látni fogjuk, hogy a legolcsóbb pályaszerkezet nem feltétlenül a leggazdaságosabb is.

3. Karbantartási költségek. Minden pályaszerkezet elhasználódik, s ezért karbantartásra szorul. A karbantartás célja az út gyors romlásának megakadályozása azzal, hogy a kisebb hibákat kijavítjuk és ezzel a további romlás gócait megszüntetjük.

Az elhasználódás mértéke és így a karbantartási költség is egyenesen arányos a forgalommal és fordítva az út minőségével (építési költségével). Az alacsony építési költségű pályaszerkezeteknek (pl. földút, mechanikai stabilizáció) rendszerint magas a karbantartási költsége, míg a magas építési költségűeké (pl. beton) alacsony.

A karbantartási költség évenként merül fel, nagysága a helyi körülményektől függ. Ilyenek: a rendelkezésre álló és karbantartáshoz felhasználható helyi



2.89-19. ábra. Példa az építési költség-grafikonokra. 1 Mechanikai stabilizáció. 2 Ua. felületi bevonással. 3 Mechanikai stabilizáció saját otlan Z-ből. 4 Cementstabilizáció. 5 Bitumenstabilizáció. 6 Makadám vásárolt anyagokból felületi bevonással. 7 Ua. saját anyagokból. 8 Itatott makadám saját anyagokból mech. stab-ból készített alapon. 9 Szórt alap vásárolt anyagból. 10 Ua. Saját anyagból. 11/a Mechanikai stabilizáció saját otlan Z-ből ágyazatnak 10 cm vastag. 11/b Ua. 15 cm vastag. 12 Mészstabilizáció 15 cm vastag. 13 Itatott makadám, 7 cm vastag vásárolt egyszer tört anyagokból. 14 Ua. kétszer tört anyagokból

anyagok, szállítási távolságok (fuvar költségek), eszközök és berendezések, a karbantartási munkák szervezése. Tájékozódásul szolgálhat a 2.84-III, 2.88-I. és 2.88-II. táblázat. A táblázatok értékeitől a helyi körülmények szerint kisebb-nagyobb eltérés lehetséges.

4. Felújítási hányad. A beruházás (építési költség) meghatározott hányadát – jelenleg 2%-át – minden évben befizeti az erdőgazdaság, melynek akumulációjából fedezi az utak felújítását, ezért felújítási hányadnak nevezük. A felújítási hányad látszólag azonos a más beruházások után fizetendő leírással, de célját tekintve eltér tőlük, mert a leírás akumulációjából új beruházásokat fedeznek, míg a felújítási hányad csak a felújítási munkák fedezésére szolgál.

5. Megtérülési idő. Minden beruházástól meg kell kívánni, hogy közvetlenül vagy közvetve gazdaságos legyen, tehát növelje a termelékenységet, csökkentse az önköltséget. A beruházás következtében megtakarítások mutatkoznak – utaknál elsősorban az anyagmozgatási költségekben –, melyekből bizonyos idő alatt megtérül a beruházás összege. Ez a megtérülési idő.

Erdőgazdaságoknál látszólag nem követelik meg az útépitési beruházások formális visszafizetését. Láttuk, hogy a leírást felújítási hányadnak nevezzük, és nem a beruházás visszafizetésére, hanem a felújítási költségek fedezésére szolgál. Valójában azonban gondoskodnak a beruházás visszatérüléséről úgy, hogy a beruházás (útépités) megvalósulásakor a megtérülési idő szerint növekszik az erdőgazdaság elérendő gazdasági eredményét.

5. **Megtérülési idő alatti összes költség.** A megtérülési idő nagyságát gazdaságpolitikai megfontolások alapján a főhatóság (Országos Erdészeti Főigazgatóság) állapítja meg. A megtérülési idő alatt nemcsak az építési költségnek, hanem az útra fordított összes költségnek kell megtérülni az anyagmozgatási költségek csökkenéséből. Az összes költség nagysága:

$$\ddot{O}_m = \dot{E} + m \cdot \dot{E} \cdot 0,0p + mK \text{ (Ft/m}^2\text{)},$$

ahol \dot{E} az építési költség (Ft/m²)

m a megtérülési idő (év)

p a felújítási hányad %-a

K az egy évi karbantartási költség (Ft/m²)

A megtérülési idő alatti összes költség mutatja meg legjobban az út gazdaságosságát, mert minden ráfordítást figyelembe vesz. Több megoldás esetén mindig azt kell kiválasztani és megépíteni, amelyeknek a megtérülési időre számított összes költsége minimális.

7. **A megtérülési idő hatása.** Más és más pályaszerkezetek mutatkoznak gazdaságosnak aszerint, hogy mekkorának választjuk a megtérülési időt. Néhány példán jól érzékelhetjük ezt.

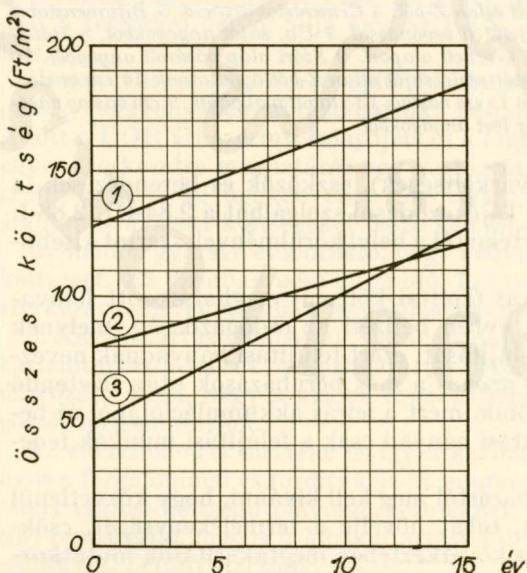
Legyen $m=5$ év. Akkor a közönséges földút összes költsége lesz a legalacsonyabb, bár a karbantartási költségek a legmagasabbak.

Ha $m=10$ vagy 20 év, akkor a közönséges földút összes költsége jóval magasabb lesz, mert az építési költsége ugyan alacsonyabb, de a magas karbantartási költségek ennyi idő alatt már nagy összeget tesznek ki. Ugyanakkor egy sokkal magasabb építési költségű szerkezet – pl. egy mézstabilizációs alapra épített itatott makadám burkolat – összes költsége alacsonyabb lesz a kis karbantartási költségek miatt.

Végül, ha $m=50$ év, akkor az egyébként kiemelkedően legdrágább betonburkolatok összes költsége lesz a legkevesebb az alacsony karbantartási költségek miatt.

Az előbbi összefüggést szemlélteti a 2.89-20. ábra. Ha a megtérülési időt 12,5 év alatt választjuk, akkor a harmadik, ha felette, akkor a második változat mutatkozik a leggazdaságosabbnak.

A megtérülési idő megválasztásával elege szabályozhatjuk, hogy a nagyobb forgalmú utakra jobb, kisebb karbantartást igénylő szerkezetek kerüljenek, a kisebb forgalmúra fordítva.



2.89-20. ábra. Az összes költségek változása a megtérülési idő függvényében

Táblázat a 2.89-20. ábrához
 Forgalom: 70 e.gk/nap. Talaj: D

Pályaszerkezet	A 2.89–19. sz. ábra vonal száma	\dot{E}	p	K
		Ft/m ²	%	Ft/m ²
1. Szórt alap 10 cm	9	58,40		
Itatott makadám 7 cm	14	69,10		
		127,50	2	1,13
2. Mészstab. 15 cm	12	10,20		
Itatott mak. 7 cm	14	69,10		
		79,30	2	1,13
3. Mech. stabilizáció 31 cm	1	48,70	2	4,20

Pl. az 1. változat összes költsége 10 évre:

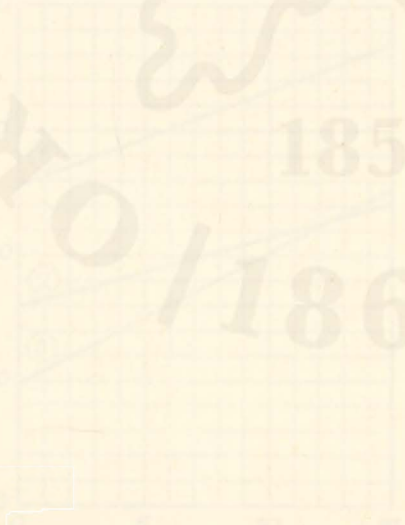
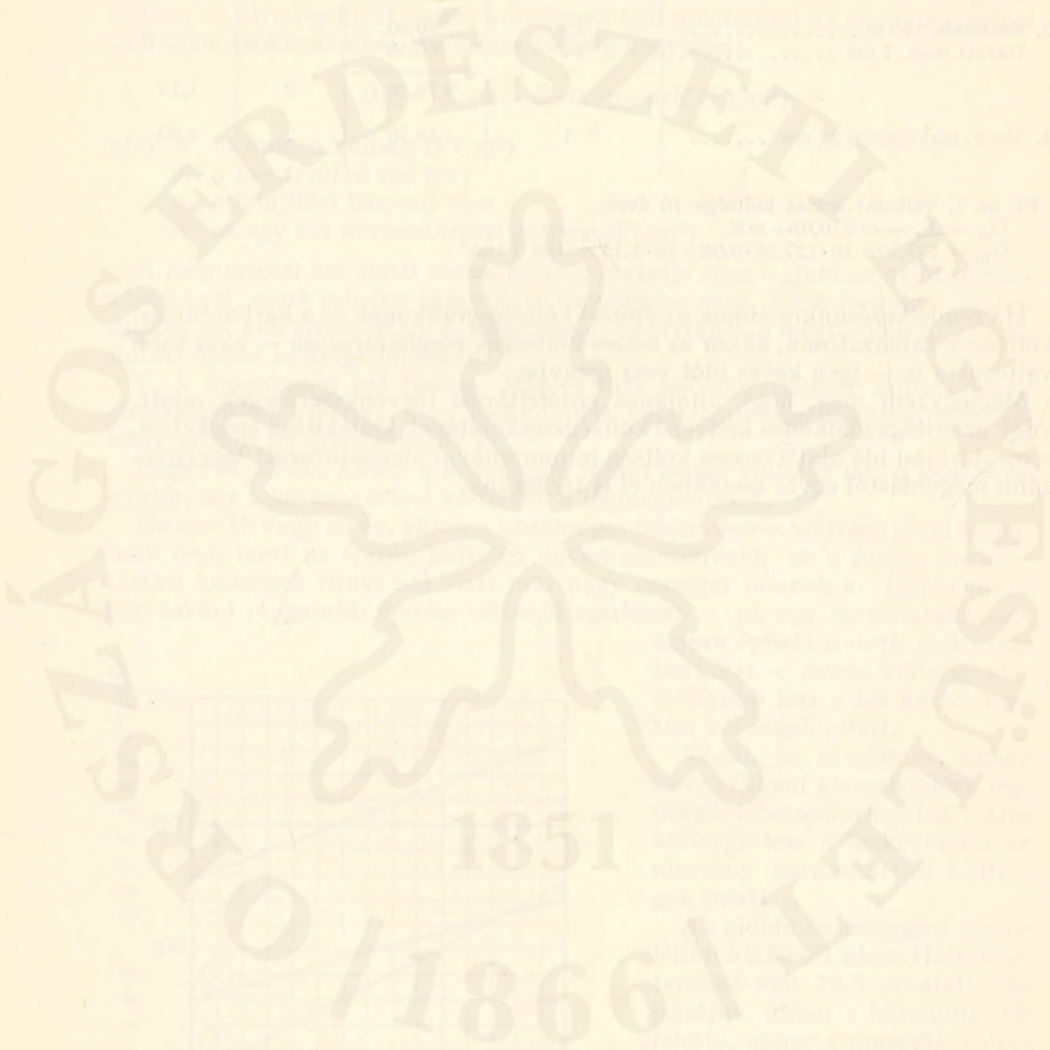
$$\dot{O}_m = \dot{E}_1 + m\dot{E} \cdot 0,0p + mK$$

$$\dot{O}_{10} = 127,50 + 10 \cdot 127,50 \cdot 0,02 + 10 \cdot 1,13 = 164 \text{ Ft/m}^2$$

Ha rendelkezésünkre állnak az építési költség-grafikonok és a karbantartási költségek táblázatosan, akkor az összes költségek meghatározása – akár több változatra is – igen kevés időt vesz igénybe.

Megjegyzem még, hogy általános erdőfeltárási törvényszerűségek miatt, vagy az erdőgazdálkodás kedvező költségstruktúrájának kialakítása érdekében, a megtérülési idő alatti összes költség minimumával meghatározott legkedvezőbb megoldástól egyes esetekben el is térhetünk.

Érdékes és hasznos információkat tartalmazó kiadványok megvásárolhatók a kiadványboltban.
Formális részletekért látogasson be a honlapra: www.erdaszeti.hu
A kiadványboltban megvásárolhatók a kiadványok, amelyek a kiadványboltban
A kiadványboltban megvásárolhatók a kiadványok, amelyek a kiadványboltban



Magyar Erdészeti Egyesület
Erdészeti Kiadványbolt

3. Az erdőgazdasági anyagmozgatás tervezése és költségszámítása

3.1 Az anyagmozgatási folyamat alapegyenletei

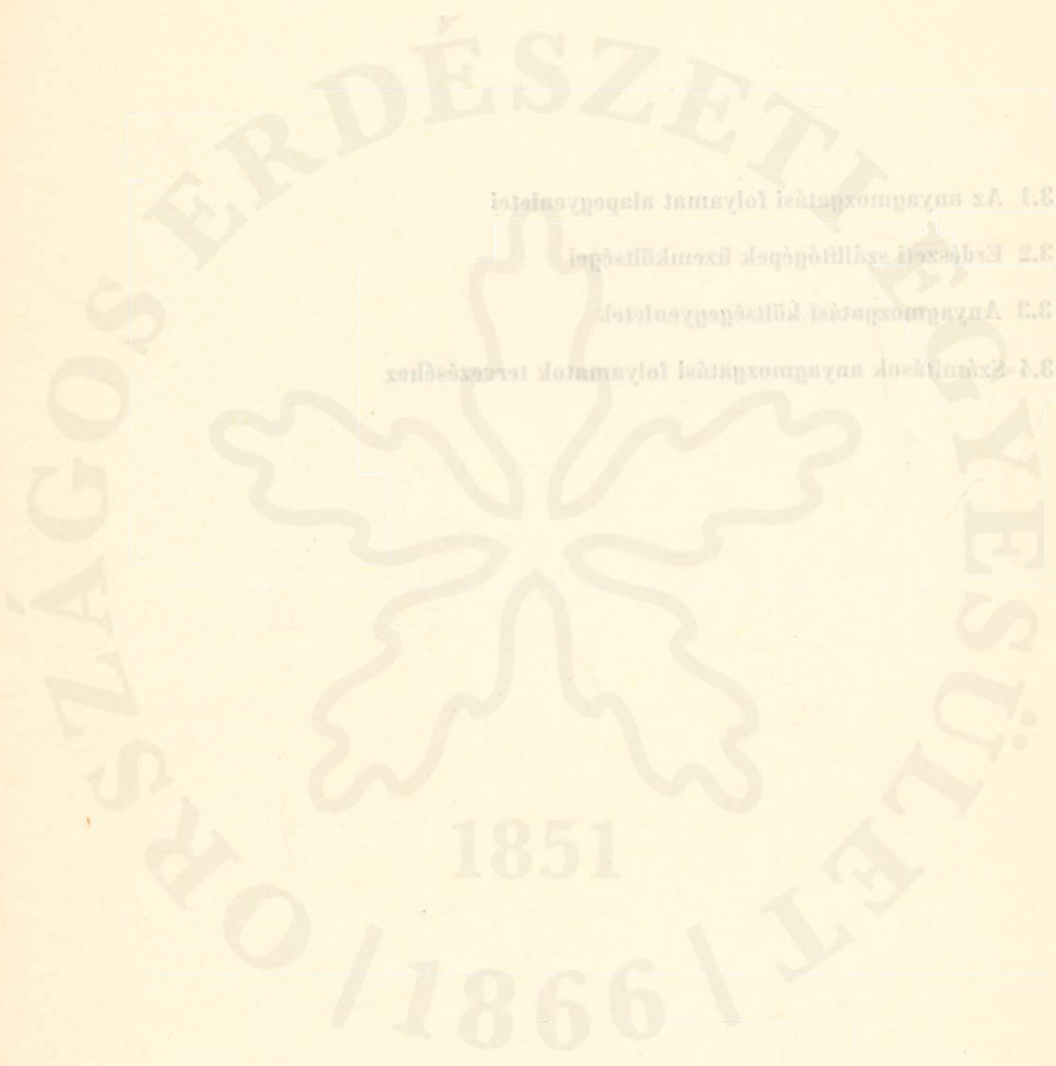
3.2 Erdészeti szállítógépek üzemköltségei

3.3 Anyagmozgatási költségegyenletek

3.4 Számítások anyagmozgatási folyamatok tervezéséhez

3. Az erdőgazdasági anyagmozgatás tervezése és költségvetésének

- 3.1. Az anyagmozgatási folyamat alapvetései
- 3.2. Erdészeti szállítógépek összehasonlítása
- 3.3. Anyagmozgatási költségvetés
- 3.4. Szállítások anyagmozgatási folyamatok tervezéshez



3.1 Az anyagmozgatási folyamat alapegyenletei

Az 1.3 fejezetben láttuk, hogy az anyagmozgatási folyamat a következő alpműveletekből áll: anyagfelrakás (felterhelés), tehermenet, anyaglerakás (leterhelés), üres menet. Ezek az alpműveletek kiegészülhetnek, módosulhatnak. További vizsgálatainkat az erdészeti szállításban leggyakrabban előforduló ingajáratra fogjuk elvégezni.

Jelölések:

s az anyagmozgatási távolság [km],

$v_{\bar{u}}$ üresjárat sebesség [km/ó],

v_t tehermeneti sebesség [km/ó],

r_t tényleges rakodási idő percekben

\acute{a}_t állásidő a felterhelés helyén percekben (előkészítés, felrakás vagy felkapcsolás, fordulás stb.)

\acute{a}_l állásidő a leterhelés helyén percekben (lerakás vagy lekapcsolás, fordulás stb.),

n napi hasznos üzemóra

\bar{U} üzemóra költség [Ft/ó]

a) Szállítási forduló időszükséglete és a naponkénti térésszám. A teljes forduló időszükséglete:

$$I [\text{perc}] = \left(\frac{s}{v_{\bar{u}}} + \frac{s}{v_t} \right) 60 + \acute{a}_t + \acute{a}_l \quad (3-1)$$

Az üres és teherjárat sebességek helyett az átlagsebességet alkalmazva:

$$v = \frac{2v_{\bar{u}} \cdot v_t}{v_{\bar{u}} + v_t}$$

és $\acute{a}_t + \acute{a}_l = \acute{a}$ értéket behelyettesítve, az egyenlet egyszerűbb formát nyer:

$$I [\text{perc}] = \frac{120s}{v} + \acute{a} \quad (3-2)$$

Az óránkénti teljesíthető fordulók száma pedig:

$$f_0 = \frac{60}{60 \left(\frac{s}{v_{\bar{u}}} + \frac{s}{v_t} \right) + \acute{a}_t + \acute{a}_l} \quad (3-3)$$

illetve

$$f_0 = \frac{60}{\frac{120s}{v} + a} \quad (3-4)$$

Ha az óránkénti fordulósámot a napi üzemórával szorozzuk, a napi forduló számot kapjuk:

$$f_n = n \cdot f_0$$

b) Az óránkénti vagy naponkénti teljesítményt megkapjuk, ha a kapott értékeket az eszköz által egyszeri forduló alatt elvihető faanyagmennyiséggel szorozzuk $[q]$.

A $q[\text{m}^3]$ átlagos dinamikus teherbírás, illetve kapacitás, melyet több menet alapján számíthatunk ki, esetünkben nem más, mint a teljesített $\text{m}^3 \cdot \text{km} : \text{km}$

$$M[\text{m}^3/\text{óra}] = \frac{60 \cdot q}{\left(\frac{s}{v_a} + \frac{s}{v_t}\right)60 + a_t + a_1} \quad (3-5/a)$$

$$M[\text{m}^3/\text{óra}] = \frac{60 \cdot q \cdot v}{120s + a \cdot v} \quad (3-5/b)$$

Az óránkénti (naponkénti) szállítási teljesítmény

$$Q[\text{m}^3 \cdot \text{km}/\text{óra}] = \frac{60 \cdot q \cdot s}{\left(\frac{s}{v_a} + \frac{s}{v_t}\right)60 + a_t + a_1} \quad (3-6/a)$$

illetve

$$Q[\text{m}^3 \cdot \text{km}/\text{óra}] = \frac{60 \cdot q \cdot v \cdot s}{120s + a \cdot v} \quad (3-6/b)$$

Az egyenleteket ábrázoló teljesítmény-görbék hiperbolák. Paramétereiket a 3.1-1. ábra mutatja be.

Az egyes tényezők, mint a sebesség, állásidő, dinamikus teherbírás alakulása a teljesítmény nagyságára eltérő befolyást gyakorolnak. A teljesítményre gyakorolt hatásukat a 3.1-2 a, b, c ábrákon mutatjuk be.

A dinamikus teherbírás és az állásidő között bizonyos összefüggés van, mert nagyobb teherbíráshoz nagyobb rakodási idő is tartozik. Az állásidő a teherbírásnak általában lineáris függvénye, azaz $a = m \cdot q + b$, ahol m és b a rakodási technológiától függő állandó érték.

Pontosabb vizsgálatoknál nem hagyható figyelmen kívül az a kapcsolat sem, mely a dinamikus teherbírás és a v_t között van. Ez különösen nagyobb sebességű járműveknél jelentkezik.

Két különböző eszköz teljesítménygörbéjének metszéspontja (az a pont, ahol vagy amely távolságnál a teljesítmény azonos) a következő egyenlettel fejezhető ki:

$$s_a = \frac{v_1 \cdot v_2 (q_2 \cdot a_1 - q_1 \cdot a_2)}{120(q_1 \cdot v_1 - q_2 \cdot v_2)} \quad (3-7)$$

436 Ezt a távolságot egyenérték-távolságnak nevezzük (aequivalens).

Ha a forduló alatt megtett utat osztjuk a forduló időszükségletével, az ún. üzemi sebességet kapjuk, mely különösen nagyobb távolságoknál jellemző szám:

$$v'[\text{km/ó}] = \frac{120s}{I} = \frac{120s}{\frac{120s}{v} + á} = \frac{120s \cdot v}{120s + á \cdot v}$$

A műszaki és az üzemi sebesség viszonya legalább 0,75 – 0,85 legyen.

Ezen összefüggések segítségével az egyes eszközök teljesítményei a legkülönbözőbb üzemi viszonyok között összehasonlíthatók. Az egyes pálya-viszonyoknak megfelelő üzemi sebességeket a pálya-ellenállás és a terhelések ismeretében a Müller-féle diagram segítségével határozhatjuk meg.

A görbék futásának alakulására – tehát a teljesítmények változására – a rakodási (állási) idő csak kis távolságoknál gyakorol jelentős hatást. Ez arra mutat, hogy a kis távolságokon működő közelítő eszközök teljesítményeit a fel- és leterhelési idő csökkentésével vagy az állásidőt rövidítő egyéb szervezési rendszabályokkal emelhetjük.

Anyagmozgató eszközeink üzemidejük egy részét mozgásban, azaz a szállítási út leküzdésében, más részét állásban töltik. A mozgási és az állási idő aránya jellemzője az egyes műveletek gazdaságos alkalmazásának.

A két teljesítménygörbe alakulása – mint azt a 3.1-1. ábrán kivehetjük – $s = \infty$ felé haladva ellentétes tendenciájú. Az M értéke először rohamosan, majd alig csökken, a Q értéke fordítva. A két mennyiség szorzata jellemző a szállítási teljesítményre. Legnagyobb értékük ott van, ahol az állásidő és mozgásidő egymással egyenlő. Ezt a távolságot hatékonysági határnak nevezhetjük, mert alatta az eszköz használata, mivel többet tölt állásban, mint menetben, nem ésszerű, az eszköz nem hatékony.

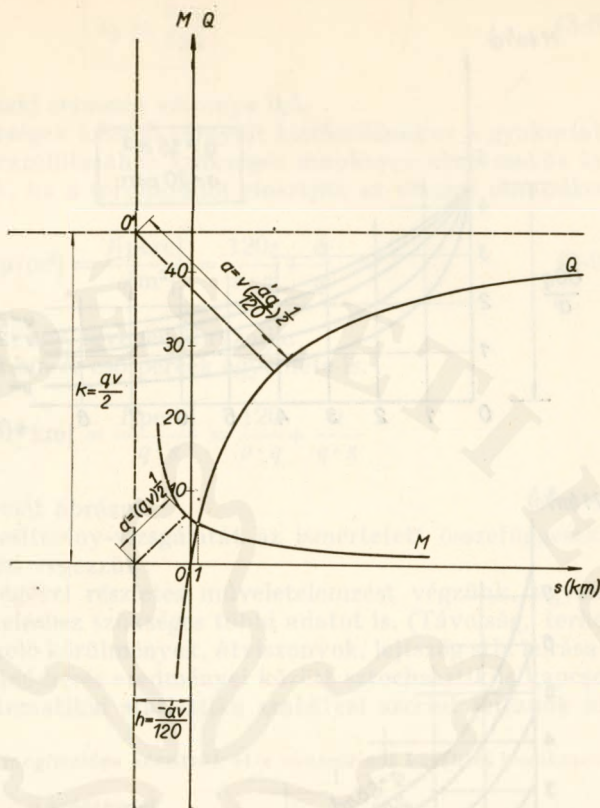
A hatékonysági határ értéke levezethető.

$T = Q \cdot M$, illetve behelyettesítve a megfelelő értékeket:

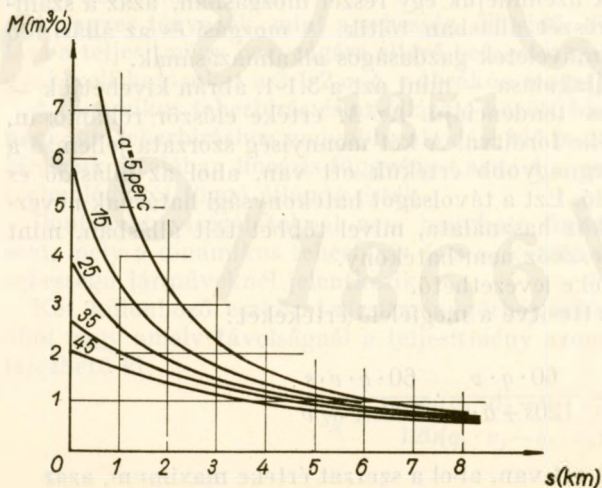
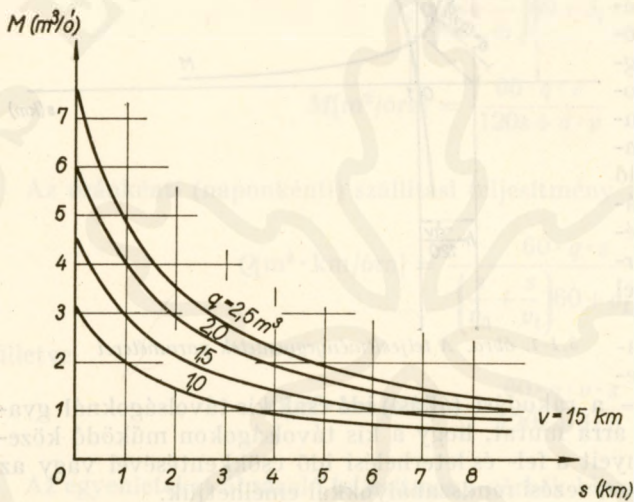
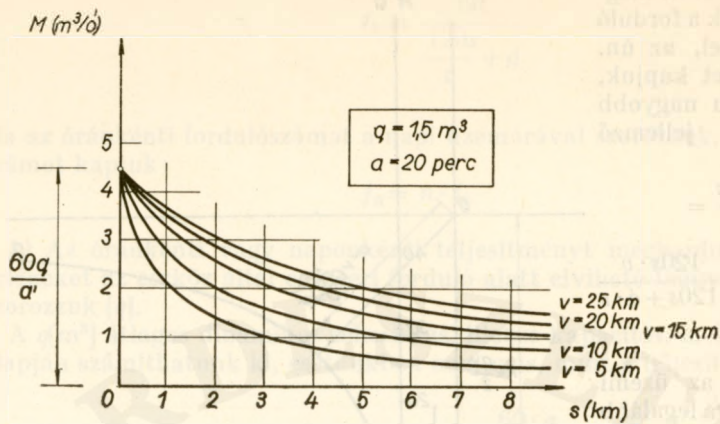
$$T = \frac{60 \cdot q \cdot v}{120s + á \cdot v} \cdot \frac{60 \cdot q \cdot v \cdot s}{120s + á \cdot v}$$

A hatékonysági határ (s_h) ott van, ahol a szorzat értéke maximum, azaz

$$\frac{dT}{ds} = 0 = (60 \cdot v \cdot q)^2 \left[-2s(120s + áv)^{-3} \cdot 120 + (120s + áv)^{-2} \right], \quad 437$$



3.1-1. ábra. A teljesítményegyenletek paramétereit



438 3.1-2. ábra. A teljesítmény alakulása. a) Változó sebességnél. b) Dinamikus teherbírásnál. c) Állásidőnél

ahonnan

$$s_h = \frac{a \cdot v}{120} \quad (3-8)$$

ha $s = s_h$ az üzemi és műszaki sebesség viszonya 0,5.

Az anyagmozgatási költségek később tárgyalt kiszámításához a gyakorlatban az egy m^3 faanyag leszállításához szükséges munkaperceket szokás kifejezni. Ezeket megkapjuk, ha a forduló-időt elosztjuk az átlagos dinamikus teherbírással:

$$k[p/m^3] = \frac{I[\text{perc}]}{q[m^3]} = \frac{120s}{v \cdot q} + \frac{a}{q} \quad (3-9)$$

A kapcsolatot, mint látjuk, egy egyenes ábrázolja.

Ugyanígy felírható a m^3 -km-re eső percek egyenlete is.

$$k'[p/m^3km] = \frac{I[\text{perc}]}{q \cdot s} = \frac{120}{v \cdot q} + \frac{a}{q \cdot s}$$

Az egyenlet egy hiperbolát ábrázol.

Az egyes eszközök teljesítmény-vizsgálatát az ismertetett összefüggések alapján a következőképpen végezzük:

Pontos időmérés segítségével részletes műveletelemzést végzünk, ugyanakkor felvesszük a kiértékeléshez szükséges többi adatot is. (Távolság, terhelés és a sebességet befolyásoló körülmények, útviszonyok, lejtűzög stb. leírása.) A több fordulóra végzett időmérés eredményei között sztochasztikus kapcsolatot áll fenn, melyet a matematikai statisztika szabályai szerint fejezünk ki,

1. A következő adatoknak megfelelően készítsük el a vonszolások közelítés munkaperc egyenletét.

Művelet: Közelítés. Hely: 76 a erdőrésztlet

Körülmények: Felszabadító vágás, az erdőrésztlet 75% -a tölgy-újulattal fedett, közeli-tendő tölgyrönk.

Művelet leírása: Vonzás lánccal, egy lóval. Menetenként 2 db rönköt kapcsolunk fel. A felkapcsolás sűrű újulatban.

Időjárás: Fagypont alatt néhány fok. Derült.

A műveletelemeket stopperórával vettük fel. A felvétel eredményét a 3.1-I. táblázatban adjuk.

Az időmérési adatokat a 3.1-II. táblázatban értékeltük ki.

A regressziós egyenes jellemző adatai a táblázat alapján:

$$b = \frac{\Sigma xy}{\Sigma x^2} = \frac{4376,3}{13,263} = 0,33$$
$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x} = 32 - 0,33 \cdot 76,7 = 6,69$$
$$r = \frac{\Sigma xy}{\sqrt{\Sigma x^2 \Sigma y^2}} = \frac{4376,3}{\sqrt{13263 \cdot 2211}} = 0,806$$

Az egyenes egyenlete érvényes 2 db összesen 0,265 m^3 átlagtérfogató tölgyrönk vonzására

$$I[p/m^3] = 0,33 \cdot s_k[m] + 6,7$$

2. Egy lovasfogat teherbírása kiszállításban 2 m^3 . Sebessége tehermenetben 3,8 $km/ó$, üresen 5,2 $km/ó$. Állásidő (rakodás, fordulás stb.) felterhelésnél 35 perc, leterhelésnél 25 perc. Mekkora a m^3 teljesítménye 10 műszakóra alatt 1,8 km távolságon és mekkora a hatékonysági határ?

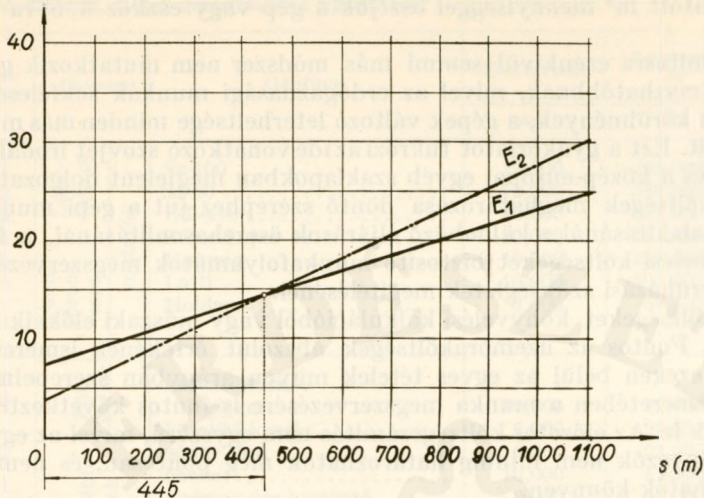
$$v = \frac{2v_a \cdot v_t}{v_a + v_t} = \frac{2 \cdot 3,8 \cdot 5,2}{9,0} = 4,4 \text{ km/ó}$$

$$a = a_t + a_l = 25 + 35$$

Sor- szám	Közeli- tés tá- volsága S	Von- szalék térfoga- ta	Lejt- fok	Darab térfog- at	Üres- menet	Teher menet	Fel- kap- csolás	Lekap- csolás	Zavar- idő	Összes menet- idő	Összes állás idő
	m	mm	fok	db/m ³	perc						
1.	25	0,258	- 4	7,74	0,43	0,41	1,66	0,75	-	0,84	2,41
2.	32	0,304	- 4	6,57	0,83	0,87	1,08	0,30	0,75	1,70	2,11
3.	51	0,285	- 4	7,02	2,18	1,88	2,17	0,41	1,25	4,06	3,83
4.	54	0,174	- 4	11,50	1,90	2,23	1,50	0,27	-	4,13	1,77
5.	58	0,272	- 4	7,35	1,40	2,03	2,03	0,66	-	3,43	2,69
6.	68	0,282	- 4	7,08	1,30	1,55	3,53	1,08	-	2,85	4,61
7.	75	0,291	- 4	6,84	1,68	2,41	2,66	0,75	0,55	4,09	3,96
8.	48	0,354	+ 2	5,54	0,98	2,25	1,63	1,08	0,75	3,23	3,46
9.	80	0,245	+ 2	8,15	2,01	3,08	3,43	0,48	-	5,09	3,91
10.	82	0,226	+ 2	8,85	2,19	3,13	3,45	0,38	-	5,32	3,83
11.	91	0,305	+ 2	6,54	2,13	3,25	3,25	0,43	-	5,38	3,68
12.	100	0,216	+ 2	9,26	2,11	2,93	3,72	0,58	0,92	5,04	5,22
13.	105	0,206	+ 3	9,73	2,30	2,98	4,41	0,53	-	4,28	4,94
14.	105	0,275	+ 3	7,27	2,97	2,58	2,58	0,41	-	5,55	2,99
15.	95	0,229	+ 2	8,72	2,52	2,17	2,78	0,75	-	4,69	3,53
16.	110	0,245	+ 3	8,16	3,30	5,08	3,92	0,58	-	8,38	4,50
17.	125	0,341	+ 3	5,87	2,93	3,41	4,70	0,50	1,00	6,34	5,20
Σ	1304	4,508	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Átl.	76,7	0,265	-	7,55	-	-	-	-	-	-	-

3.1-II. táblázat. Időmérés kiértékelése

Sor- szám	Közeli- tési tá- volság x [m]	Térési idő y [p/m ³]	$x = x - \bar{x}$	$y = y - \bar{y}$	xy	x ²	y ²
1.	25	13	- 51,7	- 19	+ 982,3	2673	361
2.	32	13	- 44,7	- 19	+ 849,3	1998	361
3.	51	28	- 25,7	- 4	+ 102,8	660	16
4.	54	34	- 22,7	+ 2	- 45,4	515	4
5.	58	22	- 18,7	- 10	+ 187,0	350	100
6.	68	26	- 8,7	- 6	+ 52,2	76	36
7.	75	28	- 1,7	- 4	+ 6,8	3	16
8.	48	19	- 28,7	- 13	+ 373,1	824	169
9.	80	38	+ 3,3	+ 6	+ 19,8	11	36
10.	82	40	+ 5,3	+ 8	+ 42,2	28	64
11.	91	30	+ 14,3	- 2	- 28,6	204	4
12.	100	47	+ 23,3	+ 15	+ 349,5	543	225
13.	105	50	+ 28,3	+ 18	+ 509,4	801	324
14.	105	30	+ 28,3	- 2	- 56,6	801	4
15.	95	37	+ 18,3	+ 5	+ 91,5	334	25
16.	110	53	+ 33,3	+ 21	+ 699,3	1109	441
17.	125	37	+ 48,3	+ 5	+ 241,5	2333	25
Σ	1304	545	x = 0	y = 0	+ 4376,3	13263	2211
Átl.	$76,7 = \bar{x}$	$3,2 = \bar{y}$					

$k(\text{perc}/\text{m}^3)$ 

3.1-3. ábra.
Munkaperc
diagramok
(lásd a szám-
példát)

$$M = n \frac{60 \cdot q \cdot v}{120 s + \acute{a} \cdot v} = 10 \frac{60 \cdot 2 \cdot 4,4}{120 \cdot 1,8 + 60 \cdot 4,4} = 11 \text{ m}^3/\text{nap}$$

$$s_h = \frac{\acute{a}v}{120} = \frac{60 \cdot 4,4}{120} = 2,2 \text{ km, tehát a lovasfogat mozgási teljesítménye nincs}$$

kihasználva.

3. Egy tehergépkocsival 15 km távolságra tűzifát szállítunk. A rakodó képessége 4 m³, sebessége 40 km/ó. Ha a napi teljesítmény 30 m³ tíz műszakóra alatt, mekkora a t/gk. egy fordulóra eső állásideje és mekkora a hatékonysági határ?

A 3-5/b képletből kifejezve:

$$\acute{a} = \frac{60q \cdot n}{M} - \frac{120s}{v} = \frac{60 \cdot 4 \cdot 10}{30} - \frac{120 \cdot 15}{40} = 35 \text{ perc}$$

$$s_h = \frac{35 \cdot 40}{120} = 11,66 \text{ km}$$

4. Két közelítő kerékpár között kell választani. Az óráköltségük egyforma. Az egyik sebessége 4 km/ó, teherbírása 2 m³, állásideje 15 perc. A másik 3,5 km/ó sebességgel mozog, 1,5 m³ rönköt képes elszállítani és állásideje 6 perc. Milyen távolságon alkalmazzuk az egyiket és milyenen a másikat? Szerkesszük meg a munkaperc diagramot is.

$$s_a = \frac{4 \cdot 3,5(1,5 \cdot 15 - 2 \cdot 6)}{120(2 \cdot 4 - 1,5 \cdot 3,5)} = 0,445 \text{ km} = 445 \text{ m}$$

A hatékonysági határok:

$$1. s_h = \frac{15 \cdot 4}{120} = 0,500 \text{ km} = 500 \text{ m}$$

$$2. s_h = \frac{6 \cdot 3,5}{120} = 0,175 \text{ km} = 175 \text{ m}$$

Az első eszköz hatékonysága 500 m-nél kezdődik. Ez csaknem egybeesik az egyenértékű távolsággal. Így döntésünk az lesz, hogy az első kerékpárt 500 m felett, a másikat ez alatt használjuk.

3.2 Erdészeti szállítógépek üzemköltségei

Gazdaságossági számításoknál az egy m³-re eső szállítási költséget szokás figyelembe venni. A gépek költségeinek egy m³-re eső részét, az üzemóra- (továbbiakban ü. ó.) költségeik alapján határozzuk meg, úgy, hogy az egy ü.ó.

alatt megmozgatott m^3 mennyiséggel osztjuk a gép vagy eszköz ü. ó.-ra eső költségét.

A költségszámításra ezenkívül semmi más módszer nem mutatkozik gyakorlatilag alkalmazhatóbbnak, mivel az erdőgazdasági munkák sokfélesége, a változó üzemi körülmények, a gépek változó leterheltsége minden más módszert megnehezít. Ezt a gyakorlatot tükrözi az ide vonatkozó szovjet irodalom (Buvert, 1951) és a közép-európai egyéb szaklapokban megjelent dolgozatok.

Az üzemóráköltségek meghatározása döntő szerephez jut a gépi munkatechnológiák kialakításánál, a különböző eljárások összehasonlításánál, a legkedvezőbb termelési költségeket biztosító munkafolyamatok megszervezésénél és a gépi beruházási szükségletek megítélésénél.

Az üzemóráköltségeket könyvelési kalkulációból vagy műszaki előkalkulációból nyerjük. Fontos az üzemóráköltség abszolút értékének ismeretén kívül is, hogy ezeken belül az egyes tételek milyen arányban szerepelnek, mert ezeknek ismeretében a munka megszervezésére is fontos következtetéseket vonhatunk le. Az előzetes költségszámítás nem egyszerű, mivel az egyes költségkötő tényezők nem mindig határozhatók meg pontosan, és nem is mindig definiálhatók könnyen.

Az új gépek beszerzésénél, de a meglévő gépek üzemének jobb megszervezésénél is elkerülhetetlen az előkalkuláció készítése, amelynek természetesen – amennyiben ilyenekkel rendelkezünk – tényszámokon, vagyis az utókalkuláción kell alapulnia.

Előkalkuláció elvégzésénél, a költségek felosztása a következő:

- a) Állandó költségek;
- b) változó költségek;
- c) bérek és szociális terhek.

a) *Állandó költségek.* Magukba foglalják a gépek elhelyezési költségeit és az amortizációt. Az amortizáció, mint tudjuk, az értékcsökkenési leírás egy része. A másik rész a felújítás, melyet a gyakorlatban a folyó javításoktól nehezen különíthetünk el, éppen ezért célszerű azokkal együtt tárgyalni. Az amortizáció nagyságát géptípusonként pénzügyminiszteri rendelet szabályozza, mely géptípusonként állapítja meg az amortizációs kulcsot. Ez a kérdést annyira általánosítja, hogy gépegységek, vagy géptípusok ü. ó. költségeinek kiszámítására már alig alkalmas.

Az amortizáció számításának alapja: a gépek élettartama és a vetítés alapja.

A gépek élettartamát produktív ü. ó.-ban szokás megadni. Produktív ü. ó. alatt a gépnek ténylegesen munkában töltött idejét értjük, tehát felvonulás, javítás stb. nélküli ü. ó.-kat.

Egyes gépek ü. ó.-ban kifejezett élettartamát a hazai gyakorlat alapján a 3.2-I. táblázatban foglaltuk össze. Ha a gépek árát az élettartammal elosztjuk, megkapjuk az ü. ó.-ra eső amortizáció értékét.

A tehergépkocsik élettartamát a közlekedési szervek lefutott km-ek szerint fejezik ki. A teljes elhasználódást 200 000–300 000 km között tételezik fel. Az erdőgazdaság külterjes viszonyai között 250 000 km-rel számolhatunk. Az összehasonlító számítások részére azonban jobb, ha itt is produktív órákat veszünk vetítési alapul. Az amortizáció nagyságát ezen az alapon, *Eötvös* és *Gockler* után, a 3.2-II. táblázatban adjuk meg.

- b) *A változó költségeket* a következő tényezők teszik ki:

Üzemanyag-költségek, a kihasználás és a fogyasztás alapján (lásd a 2.225. fejezetet).

Kenőanyag-költségek, kenőolajra az üzemanyag 4–5%-át tervezhetjük.

442 Mivel hazai viszonyainknál a kenő- és tüzelőanyag árviszonya kb. 7,9-szeres,

3.2-I. táblázat. Gépek amortizációja típusonként

Sor-szám	Csoport	Géptípus	Élettartam	Beszerzési ár	Amortizáció
			óra	Ft	Ft/óra
1.	Lánc-talpas	Sz-100	12,000	468,000	39,00
2.		Sz-80	12,000	380,000	31,60
3.		DT-413	10,000	213,000	21,30
4.		Zetor Super 42	10,000	114,400	11,44
5.	Gumi-abroncsos	Unimog	10,000	251,900	25,19
6.		Latil	10,000	503,500	50,35
7.		Holder	8,000	66,400	8,30
8.		Pót-kocsik	közúti billenő		
9.	légfékes		10,000	57,600	5,76
	közelítő kocsi		6,000	26,800	4,46
	gödör fúró		6,000	23,600	1,53
10.	Egyébb gépek	hóeke	10,000	12,600	1,26
11.		Unimog ütegyengető	8,000	40,000	5,00
12.		erdészeti csörlő	10,000	40,000	4,000
13.					

3.2-II. táblázat. Teherautók amortizációjának raksúly szerint (Eötvös–Gockler után)

1	2	3	4	5	6	7	8
Teherautó-típus a raksúly nagysága szerint	Beszerzési ár	Élettartam	Éves teljesítmény tényező	Elhasználódás éve	Éves produktív órák tényező	Összes produktív órák	Amortizáció
Mp	Ft	km	km	3 : 4	5 × 6	5 × 6	Ft/órák
						2 : 7	
0,75	52 000	200 000	46 025	4,35	1315	5720	9,01
1,5	80 000	227 300	46 025	4,94	1315	6494	12,32
2,0	90 000	245 580	46 025	5,34	1315	7022	12,82
2,5	108 000	263 600	46 025	5,73	1315	7535	14,33
3,5	150 000	300 000	46 025	6,52	1315	8574	17,49

az 5%-ra $7,9 \times 5 = 39,50\%$ -ot, azaz mintegy 40%-os üzemanyag-árat kapunk, ami azt jelenti, hogy a felhasznált kenőanyag az üzemanyag értékének 40%-át teszi ki.

Gumiabroncsok, lánc-talpak költségeinek kiszámítása.

A 2.226. pontban mondtak irányadók.

A javítási költségek a gépek beszerzésétől kezdődőleg mindinkább emelkedő irányzatot mutatnak. Egyrészt a felhasznált műhelyórákból, másrészt az alkatrészekből állanak. Meghatározásuknál legjobb a műhelyeink tényezőiből kiindulni. Tájékoztatásul szolgáló adatok:

Vontatók és munkagépek évi javítási költsége az áruk 16%-a.

Tehergépkocsik és pótkocsik javítási költsége az áruk 20%-a.

c) A bérek és szociális terhek az alkalmazott technológiához szükséges kezelői létszám bérézése alapján merülnek fel.

Példa. Állapítsuk meg egy Zetor Super 42 vontató üzemóra-költségeit.

a) Állandó költségek. Amortizáció a 32-I. táblázat alapján 11,44 Ft/ó

b) Változó költségek:

Üzemanyag-költség 20 %-os leterhelés mellett, ha a vontató fogyasztása 360 g/LE óra	
42 LE · 0,20 · 360 = 3,2 kg á 2,21	7,07 Ft/ó
Kenőanyag, az üzemanyagár 40 %-a	2,80 Ft/ó
Gumiabronsz 9500 : 2400	3,90 Ft/ó
Karbantartás a c rovat 25 %-a, azaz 7,41 × 0,25	1,85 Ft/ó
Javítás, a beszerzés 16 %-a	18,30 Ft/ó
Összesen	33,92 Ft/ó

c) Munkabérek és szociális terhek

Vezető órabére	6,00 Ft/ó
Szociális teher 23,5 %	1,41 Ft/ó
Összesen	7,41 Ft/ó

Összegezés:	Állandó költségek	11,44 Ft/ó	21,6 %
	Változó költségek	33,92 Ft/ó	64,3 %
	Munkabérek és szociális terhek	7,41 Ft/ó	14,1 %
	Összesen:	52,77 Ft/ü.ó	100,00 %

3.3 Anyagmozgatási költségegyenletek

Az erdészeti anyagmozgatás költségeit m^3 -re vagy m^3 km-re vetítve határozzuk meg. Az üzemóraköltségek ismeretében a Ft/ m^3 vagy Ft/ m^3 km költségek meghatározása a következőképpen történik:

A (3-9) egyenletből indulunk ki

$$k[p/m^3] = \frac{120s}{v \cdot q} + \frac{a}{q}$$

Ha ismerjük az ü. ó. költséget (jelöljük \dot{U} [Ft/ó]-val), ebből az üzemperekre eső költség kiszámítható 60-nal való osztás útján. Így a fajlagos anyagmozgatási költség:

$$K[Ft/m^3] = \frac{k[p/m^3] \cdot \dot{U}[Ft/ó]}{60 [p/ó]} = \frac{2\dot{U}}{v \cdot q} \cdot s + \frac{a \cdot \dot{U}}{60 \cdot q} \quad (3-10)$$

Az egyenlet analitikailag az ún. költségegyenest ábrázolja, ahol az iránytangens, $\operatorname{tg} \alpha = \frac{2\dot{U}}{v \cdot q}$, az y tengelyből levágott darab $= \frac{a \cdot \dot{U}}{60 \cdot q}$ (3.3-1. ábra).

Az azonos költségeknek megfelelő távolságot, vagyis a költségegyenesek metszéspontjait a következő egyenlet fejezi ki:

$$s_a = \frac{v_1 \cdot v_2 (q_2 \cdot a_1 \cdot \dot{U}_1 - q_1 \cdot a_2 \cdot \dot{U}_2)}{120(q_1 \cdot v_1 \cdot \dot{U}_2 - q_2 \cdot v_2 \cdot \dot{U}_1)} \quad (3-11)$$

A (3-10) egyenletből az is kitűnik, hogy míg a távolsággal arányos költségeket a sebesség növelése és a teherbírás is kedvezően befolyásolja, addig a teherbírás a távolságtól független költségekre csak akkor van jótékony hatással, ha a növekedéssel együtt az a rakodási és kezelési költségek nem emelkednek arányosan.

A szállítási munka (m^3/km) költségei már nem egyenes arányban változnak. Ha $Q[m^3 km/ó]$ értékét figyelembe vesszük, $K''[Ft/m^3 km]$ -re következő egyenletet nyerjük:

$$K''[Ft/m^3 km] = \frac{\dot{U}(120 s + \dot{a} \cdot v)}{60 q \cdot v \cdot s} = \frac{2\dot{U}}{q \cdot v} + \frac{\dot{U} \cdot \dot{a}}{60 \cdot q \cdot s} \quad (3-12)$$

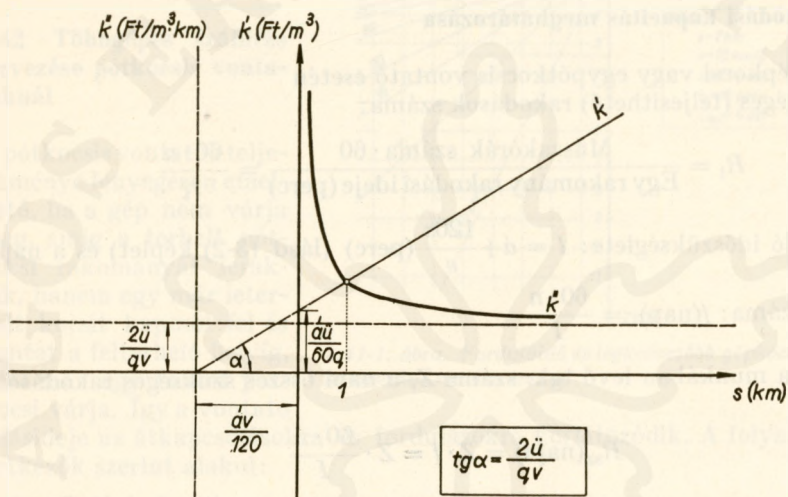
Az egyenlet hiperbolát ábrázol.

Az egyenérték-távolság a $m^3 km$ egységárra is azonos az egyenlettel.

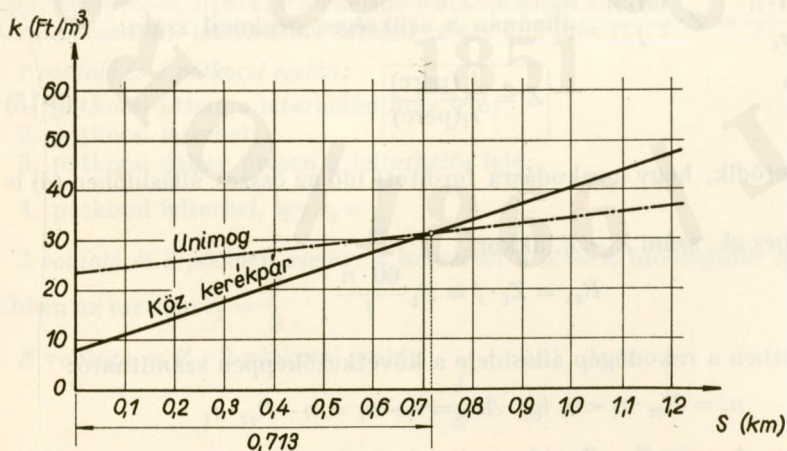
Egy fogatos közelítő kerékpárral szemben milyen távolságon túl alkalmazunk Unimog vontatót és Zelop kerékpárt közelítésben, akkor ha

a) Az Unimog ü.ó. költsége 70,0 Ft, teherbírása 2,5 m^3 , állásideje 50 p és sebessége az adott terepen 5,3 $km/ó$.

b) A közelítő kerékpár ü.ó. költsége 24,0 Ft, teherbírása 1 m^3 , állásideje 20 perc és sebessége ugyanott 1,5 $km/ó$.



3.3-1. ábra. Anyagmozgatási költségdiagramok értelmezése



3.3-2. ábra. Unimog vontató és közelítő kerékpár összehasonlítása közelítési munkában

A költséggyenesek a következők:

$$a) K'[\text{Ft/m}^3] = \frac{2 \cdot 70}{5,3 \cdot 2,5} \cdot s + \frac{50 \cdot 70}{60 \cdot 2,5} = 10,6s + 23,4$$

$$b) K'[\text{Ft/m}^3] = \frac{2 \cdot 24}{1,5 \cdot 1} s + \frac{20 \cdot 24}{60 \cdot 1} = 32 s + 8$$

(lásd 3.3-2. ábra)

Az egyenérték-távolság a (3-11) egyenlet szerint:

$$s_a = \frac{5,3 \cdot 1,5(1 \cdot 50 \cdot 70 - 2,5 \cdot 20 \cdot 24)}{120(2,5 \cdot 5,3 \cdot 24 - 1,0 \cdot 1,5 \cdot 70)} = 0,713 \text{ km.}$$

Ezen a távolságon felül az Unimog vontató gazdaságosabb.

3.4 Számítások anyagmozgatási folyamatok tervezéséhez

3.4.1 Rakodási kapacitás meghatározása

a) Tehergépköcsi vagy egypótkocsis vontató esetén

A lehetséges (teljesíthető) rakodások száma:

$$R_t = \frac{\text{Műszakórák száma} \cdot 60}{\text{Egy rakomány rakodási ideje (perc)}} = \frac{60 \cdot n}{r_t}$$

A forduló időszükséglete: $I = a + \frac{120s}{v}$ (perc) (lásd (3-2) képlet) és a napi

$$\text{fordulók száma: } f(\text{nap}) = \frac{60 \cdot n}{I}$$

akkor, ha a munkában levő tkg. száma Z , a napi összes szükséges rakodások száma:

$$R_{sz}(\text{napi}) = Z \cdot f = Z \cdot \frac{60 \cdot n}{I}$$

A rakodóberendezés által teljesíthető rakodások számának – kedvező esetben – egyenlőnek kell lennie a szükséges rakodások számával, azaz

$$R_t = R_{sz}, \text{ behelyettesítve}$$

$$\frac{60 \cdot n}{r_t} = Z \cdot \frac{60 \cdot n}{I}, \text{ ahonnan a szükséges gépköcsi szám:}$$

$$Z = \frac{I \text{ (perc)}}{r_t \text{ (perc)}} \quad (3-13)$$

Magától értetődik, hogy a rakodásra fordított idő az összes állásidőben (a) is benne van.

Ha a tényleges gk. szám $Z_t < Z$, akkor

$$R_{sz} = Z_t \cdot f = Z_t \cdot \frac{60 \cdot n}{I}$$

ebben az esetben a rakodógép állásideje a következőképpen számítható:

$$n_r = R_{sz} \cdot r_t < n, \text{ így } \Delta n_r = n - n_r = n - R_{sz} \cdot r_t$$

Ha a tényleges gk. szám $Z_t > Z$, akkor a kocsis várakozási ideje:

$$n_r = R_{sz} \cdot r_t > n, \text{ így } \Delta n_k = n_r - n = R_{sz} \cdot r_t - n$$

A fordulóidő és a szükséges gk. szám meghatározására nomogram képezhető. A nomogramban a különböző r_t rakodási időkhöz a megfelelő gk. szám kikereshető (3.41-1. ábra).

A számítás arra az esetre érvényes, ha $\hat{a}_t = \hat{a}_1$. Ha az $\hat{a}_1 < \hat{a}_t$, a tehergépkocsik a felterhelés helyén várakoznak.

3.42 Többgépes szállítás tervezése pótkocsis vontatóknál

A pótkocsis vontatók teljesítménye lényegesen emelhető, ha a gép nem várja meg, amíg a terhelt pótkocsi rakományát lerakják, hanem egy már leterhelt kocsit kapcsol fel és vontat a felterhelő helyig, ahol már egy rakott pótkocsi várja. Így a vontató állásideje az átkapcsolásokra és fordulásokra korlátozódik. A folyamat a következők szerint alakul:

1 vontató és 3 pótkocsi esetén:

1. pótkocsi útban a leterhelési hely felé;
2. pótkocsi leterhel, majd üresen a felterhelőhelyre megy;
3. pótkocsi felterhel.

Egy fordulóidő: $I[\text{perc}] = \text{menetidő} + \text{átkapcsolási idő}$.

A rakodásra, ill. leterhelésre rendelkezésre álló idő: $r_1 = I$

2 vontató és 4 pótkocsi esetén:

1. pótkocsi útban a leterhelési hely felé;
2. pótkocsi leterhel;
3. pótkocsi útban üresen a felterhelés felé;
4. pótkocsi felterhel, így $r_2 = \frac{I}{2}$

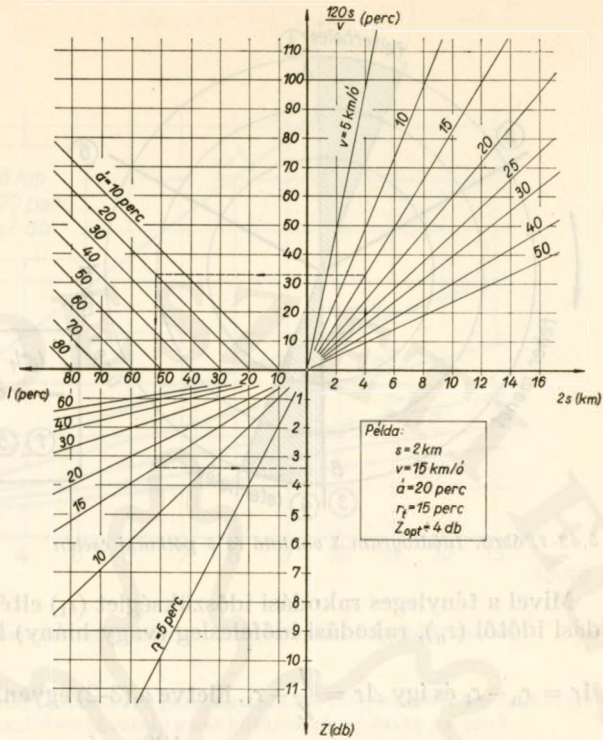
3 vontató és 5 pótkocsi esetén: a helyzetet a 3.42-1. idődiagram mutatja be.

Ebben az esetben $r_3 = \frac{I}{3}$

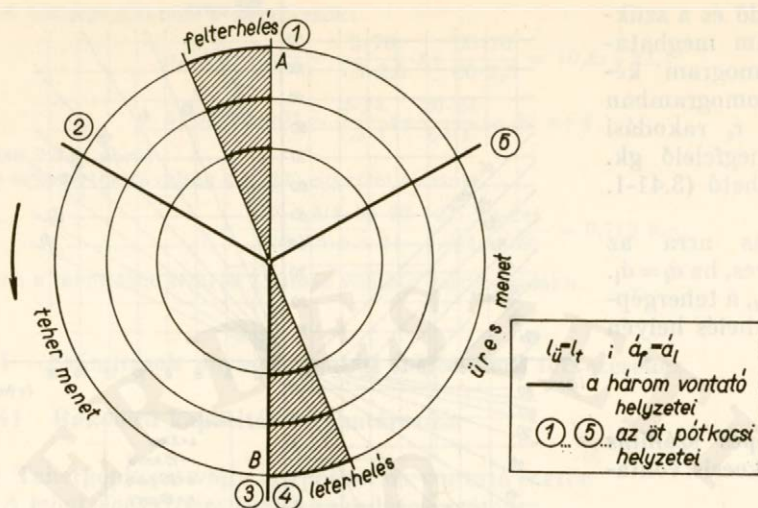
Z vontató és Z+2 pótkocsi esetén

$$r_n = \frac{I}{Z} \quad (3-14)$$

Többgépes szállításnál tehát 2 pótkocsival többre van szükségünk, mint ahány erőgépünk van.



3.41-1. ábra. Fordulóidő és legkedvezőbb gépkocsiszám meghatározása nomogrammal



3.42-1. ábra. Idődiagram 3 vontató és 5 pótkocsi esetén

Mivel a tényleges rakodási időszükséglet (r_t) eltér a rendelkezésre álló rakodási időtől (r_n), rakodási időfelesleg (vagy hiány) keletkezik:

$\Delta r = r_n - r_t$ és így $\Delta r = \frac{l}{Z} - r_t$, illetve a (3-2) egyenlet adatait behelyettesítve:

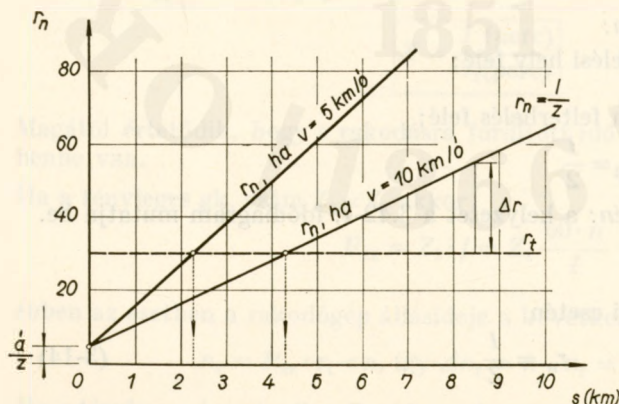
$$\Delta r = \frac{120s}{v \cdot Z} + \frac{a}{Z} - r_t \quad (3-15)$$

Ha a rakodási kapacitás teljes kihasználása érdekében a rakodási időfelesleget ki akarjuk küszöbölni, azaz

$$\Delta r = 0 \text{ esetén } r_n = r_t$$

$$r_n = r_t = \frac{120s}{v \cdot Z} + \frac{a}{Z} \text{ a tényleges rakodási idő, azaz}$$

erre kell méretezni a rakodási kapacitást. Ha a kapacitás ennél kisebb, a vontatók, ha ennél nagyobb, akkor a rakodómunkások (gépek) várnak.



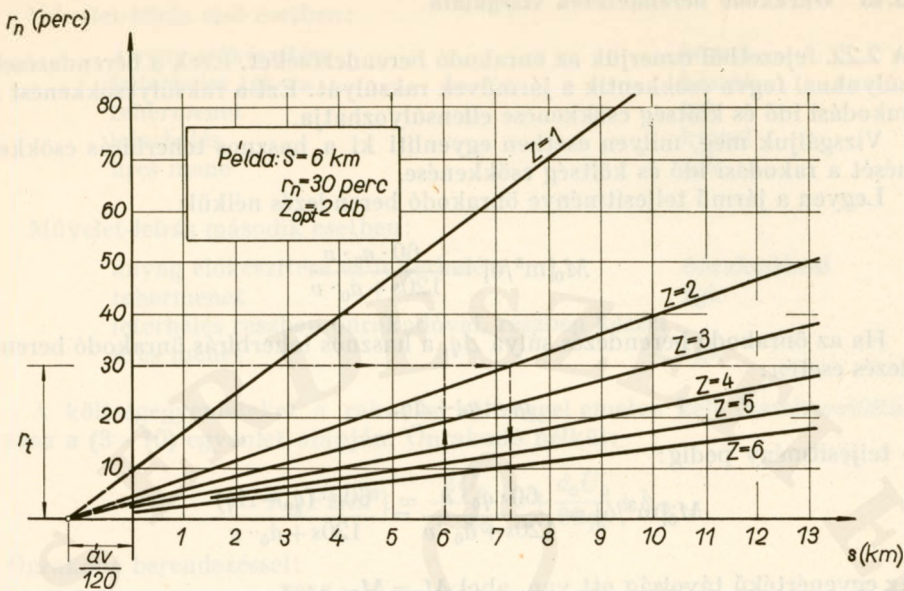
3.42-2. ábra. Legkedvezőbb szállítási távolság meghatározása adott rakodási kapacitás mellett

A képlet alapján adott sebesség és adott távolság mellett kiszámítható adott rakodókapacitáshoz szükséges vontatók száma:

$$Z = \frac{120s}{v \cdot r_t} + \frac{a}{r_t} \quad (3-16)$$

A vontatók száma, ill. a rakodási kapacitás meghatározására diagramok készíthetők.

1. Legyen egy vontató sebessége kiszállításban $v_1 = 5$ km/óra, illetve $v_2 = 10$ km/óra. Ha a vontatók száma 2, az át-



3.42-3. ábra. Legkedvezőbb vontatószám meghatározása adott rakodási kapacitás mellett

kapcsolásból és fordulásból származó állásidő 10 perc, egy pótkocsi felterheléséhez szükséges idő 30 perc, mekkora a kedvező szállítási távolság a két különböző sebesség esetén?

A megoldást a 3.42-2. ábrán mutatjuk be.

Tudjuk ugyanis, hogy a $\Delta r = r_n - r_t = \frac{I}{Z} - r_t$. Az $r_n = \frac{I}{Z}$ értékét az r_n és s tengely-rendszerben egyenesek ábrázolják. Megszerkesztjük az egyenest az

$$r_n = \frac{120s}{v \cdot Z} + \frac{a}{Z} \text{ egyenlet segítségével.}$$

$$\text{Ha } v_1 = 5 \text{ km/ó, } r_n = 12s + 5,$$

$$\text{ha } v_2 = 10 \text{ km/ó, } r_n = 6s + 5 \text{ a két egyenes egyenlete.}$$

Az $r_t = 30$ percnak megfelelően az s tengellyel párhuzamos egyenest szerkesztünk, ahol ez a megfelelő r_n egyenest metszi, a kedvező szállítási távolságot kapjuk a metszéspont abszcisszájaként.

2. Adott a vontató sebessége 15 km/ó, a szükséges rakodási idő 30 perc, az átkapcsolási idő 10 perc. Kérdés, hogy 6 km távolság esetén hány vontatót és pótkocsit üzemeltessünk, hogy kihasználásuk a legkedvezőbb legyen?

A megoldást a 3.42-3. ábrán láthatjuk.

Az első lépésben megszerkesztjük a különböző vontató-számoknak megfelelő egyeneseket a 3-15. egyenlet segítségével.

Így, ha

$$Z = 1 \quad r_n = \frac{120s}{15} + 10 = 8s + 10$$

$$Z = 2 \quad r_n = 4s + 5$$

$$Z = 3 \quad r_n = 2,66s + 3,33$$

$$Z = 4 \quad r_n = 2s + 2,5 \quad \text{stb.}$$

Az egyenes sereg a s tengelyen $\frac{a \cdot v}{120} = \frac{10 \cdot 15}{120} = 1,25$ km távolságból indul ki.

Ezután felhordjuk az $r_t = 30$ percnak megfelelő s tengellyel párhuzamos egyenest. A megadott 6 km távolsághoz legközelebb eső nagyobb vontató-szám $Z = 2$. A pótkocsik száma ennek megfelelően $2 + 2 = 4$ db.

3.43 Önrakodó berendezések vizsgálata

A 2.22. fejezetből ismerjük az önrakodó berendezéseket. Ezek a berendezések súlyuknál fogva csökkentik a járművek raksúlyát. Ezt a raksúlycsökkenést a rakodási idő és költség csökkenése ellensúlyozhatja.

Vizsgáljuk meg, milyen esetben egyenlíti ki a hasznos teherbírás csökkenését a rakodási idő és költség csökkenése.

Legyen a jármű teljesítménye önrakodó berendezés nélkül:

$$M_0[\text{m}^3/\text{ó}] = \frac{60 \cdot q_0 \cdot v}{120s + \dot{a}_0 \cdot v}$$

Ha az önrakodó berendezés súlya Δq , a hasznos teherbírás önrakodó berendezés esetén:

$$q_0 = q_0 - \Delta q,$$

a teljesítmény pedig:

$$M_0[\text{m}^3/\text{ó}] = \frac{60 \cdot q_0 \cdot v}{120s + \dot{a}_0 \cdot v} = \frac{60v \cdot (q_0 - \Delta q)}{120s + \dot{a}_0 \cdot v}$$

Az egyenértékű távolság ott van, ahol $M_0 = M_0$, azaz

$$s_a = \frac{v}{120} \left[\frac{q_0}{\Delta q} (\dot{a}_0 - \dot{a}_0) - \dot{a}_0 \right] [\text{km}]$$

Az állási (rakodási) idő pedig adott s távolsághoz:

$$\dot{a}_0 = \dot{a}_0 - \frac{\Delta q}{q_0} \left(\frac{120s}{v} + \dot{a}_0 \right) = \dot{a}_0 - \frac{\Delta q}{q_0} \cdot I \quad (3-17)$$

Egy 4 m³ hasznos teherbírású tehergépkocsi sebessége 30 km/ó, állásidő 35 perc, kézi rakodás esetén. Szereljük fel a gépkocsira egy 500 kg súlyú Hiab 193-as darut. A daru súlya m³-re átszámítva $\Delta q = 0,6$ m³-rel csökkenti a dinamikus teherbírást. Mennyire kell csökkennie az állásidőnek, hogy a darus kocsi teljesítménye a daru nélküli kocsival egyenlő legyen, ha a szállítási távolság 10 km. A (3-17) egyenlet szerint:

$$\dot{a}_0[\text{perc}] = 35 - \frac{0,6}{4} \left(\frac{120 \cdot 10}{30} + 35 \right) = 23,75 \approx 24 [\text{perc}]$$

Amennyiben a kérdést a költségek oldaláról vizsgáljuk, más tényezőket is kell mérlegelni. Nevezetesen:

Az önrakodó berendezés leírasi költségei a gépjármű óraköltségének beruházás jellegű részét, a motor rakodási idő alatti üzeme, az üa.-fogyasztáson keresztül, az üzemi részét terhelik. Ennek ellentétele részben a rakodási idő lerövidülésében, részben a daru által végezhető kisebb közelítési munkával együtt a rakodási költségek megtérülésében kell, hogy jelentkezzenek.

A rakodási munkák normái ugyanis t/gk. és vontató rakodása esetén a jármű szélétől 2 m-en belül levő anyagra vonatkoznak, míg az önrakodó berendezések tökéletesebb fajtái ezen túl elhelyezett anyag behúzására, majd felterhelésre is alkalmasak. A gazdaságossági vizsgálat a teljes műveletelemzés alapján oldható meg.

Legyen az ü.ó. költség első esetben $\dot{U}_0[\text{Ft}/\text{ó}]$, második esetben $\dot{U}_0[\text{Ft}/\text{ó}]$. A rakodási költség egyik esetben $k_{r0}[\text{Ft}/\text{m}^3]$, másik esetben $k_{r0}[\text{Ft}/\text{m}^3]$.

Művelet-leírás első esetben:

Anyag előkészítése	kézzel
felterhelés tgk-ra	kézzel
tehermenet	tgk
leterhelés	kézzel
üres mene	tgk

Művelet-leírás második esetben:

anyag előkészítése és felterhelése	önrakodóval
tehermenet	tgk
leterhelés részben önrakodóval, részben kézzel	
üres menet	tgk

A költségegyenleteket a rakodási költséggel emelve kell összehasonlítani, azaz a (3-10) egyenlet alapján. Önrakodó nélkül:

$$K'_0[\text{Ft/m}^3] = \frac{2\dot{U}_0}{v \cdot q_0} \cdot s + \frac{\dot{a}_0 \dot{U}_0}{60q_0} + k_{r0}$$

Önrakodó berendezéssel:

$$K'_0[\text{Ft/m}^3] = \frac{2(\dot{U}_0 + \Delta\dot{U})}{v(q_0 - \Delta q)} \cdot s + \frac{\dot{a}_0 \cdot (\dot{U}_0 + \Delta\dot{U})}{60(q - \Delta q)} + k_{r0}$$

Milyen távolságig gazdaságos alkalmazni az önrakodó Hiab darut a következő feltételek mellett:

$v = 30 \text{ km/ó}$	$\dot{a}_0 = 35 \text{ p}$	$k_{r0} = 8 \text{ Ft/m}^3$
$q_0 = 4 \text{ m}^3$	$\dot{a}_0 = 24 \text{ p}$	$k_{r0} = 3 \text{ Ft/m}^3$
$\Delta q = 0,6 \text{ m}^3$	$\dot{U}_0 = 60 \text{ Ft/ó}$	
	$\Delta\dot{U} = 8 \text{ Ft/ó}$	

A két költségegyenes egyenlete a következő:

$$k'_0[\text{Ft/m}^3] = \frac{2 \cdot 60}{30 \cdot 4} s + \frac{35 \cdot 60}{60 \cdot 4} + 8 = s + 16,75;$$

$$k'_0[\text{Ft/m}^3] = \frac{2 \cdot 68}{30 \cdot 3,4} s + \frac{24 \cdot 68}{60 \cdot 3,4} + 3 = 1,33s + 11.$$

Ha $k'_0 = k''_0$

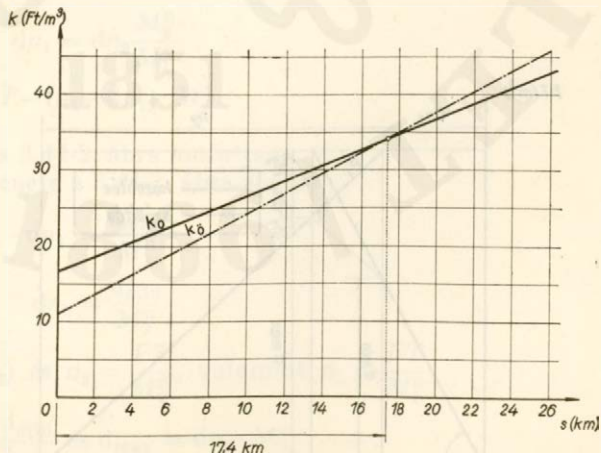
$$s + 16,75 = 1,33s + 11, \text{ ahonnan}$$

$$s = \frac{5,75}{0,33} = 17,40 \text{ km,}$$

(lásd 3.43-1. ábra).

3.44 Rakodók kapacitásának meghatározása

Az erdőgazdasági rakodók egyik célja az, hogy két csatlakozó szállítási szakaszon (pl. közelítés és szállítás) működő eszközök teljesítménykülönbségét kiegyenlítsék. A kiegyenlítés érdekében bizonyos ideig több-kevesebb



3.43-1. ábra. Önrakodó berendezés költségösszehasonlítása kézi rakodással

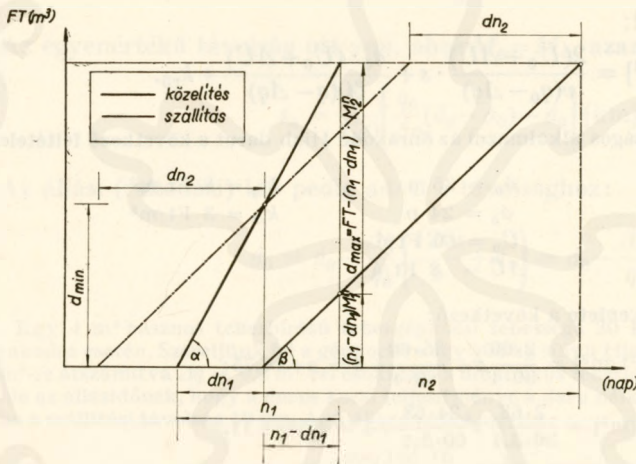
anyagot kell a rakodókon tárolni. A rakodói térszükséglet felméréséhez a kiegyenlítő tartalékot ismerni kell.

Betűjelzések:

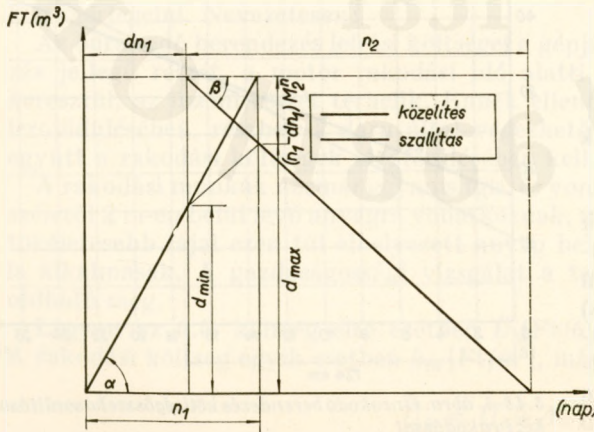
- FT = teljes leszállítandó famennyiség [m^3];
- n_1 = közelítés időtartama [nap];
- n_2 = szállítás időtartama; [nap]
- $M_1^n = \operatorname{tg} \alpha$ = közelítés intenzitása [m^3/nap];
- $M_2^n = \operatorname{tg} \beta$ = szállítás intenzitása; [m^3/nap];
- d_{\min} = a legkisebb biztonsági tartalék [m^3];
- d_{\max} = a rakterületen tárolható legnagyobb famennyiség [m^3];
- dn_1 = a d_{\min} mozgathatásához (közelítés) szükséges idő [nap];
- dn_2 = a d_{\min} mozgathatásához (szállítás) szükséges idő [nap];

Két eset lehetséges:

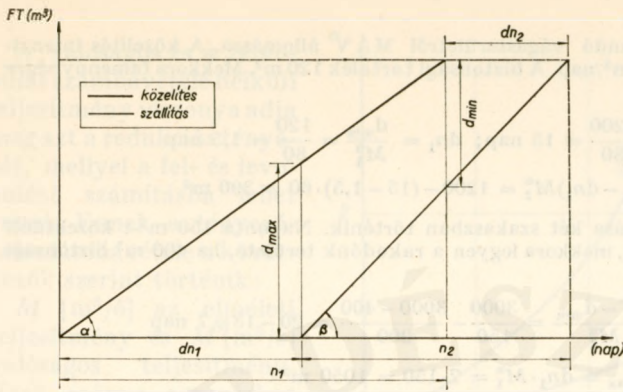
- a) $M_1^n > M_2^n$, azaz a közelítés intenzitása nagyobb és
- b) $M_1^n < M_2^n$, azaz a szállítás intenzitása nagyobb.



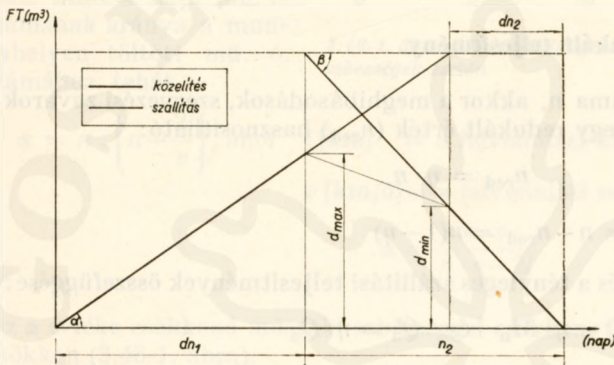
3.44-1. ábra. Rakterület méretezése, ha a közelítés intenzitása nagyobb az elszállításénál



3.44-2. ábra. Rakterület terhelési ábrája, ha $M_1^n > M_2^n$



3.44-3. ábra. Rakterület méretezése közéltésnél nagyobb szállítási intenzitás esetén



3.44-4. ábra. Rakterület terhelési, ábrája ha $M_1^n < M_2^n$

a) Ha $M_1^n > M_2^n$, a számítást a 3.44-1. ábra alapján végezhetjük el. Az ábra alapján a következő összefüggések írhatók fel:

$$dn_1 = \frac{d_{\min}}{M_1^n}$$

$$dn_2 = \frac{d_{\min}}{M_2^n}, \text{ azaz } M_1^n \cdot dn_1 = M_2^n \cdot dn_2 \text{ és innen}$$

$$dn_1 = dn_2 \frac{M_2^n}{M_1^n}$$

$$d_{\max} = FT - (n_1 - dn_1) \cdot M_2^n.$$

A rakterület terhelési ábráját a 3.44-2. ábra mutatja.

b) Ha $M_1^n < M_2^n$, a számítás menete a 3.44-3. ábra szerint:

$$dn_1 = \frac{d_{\max}}{M_1^n}$$

$$dn_2 = \frac{d_{\min}}{M_2^n}$$

$$dn_1 = n_1 - (n_2 - dn_2) \text{ és } n_2 = \frac{FT}{M_2^n}, \text{ valamint } n_1 = \frac{FT}{M_1^n}$$

$$\text{fentiekből } dn_1 = \frac{FT}{M_1^n} - \frac{FT - d_{\min}}{M_2^n} \text{ és } d_{\max} = dn_1 \cdot M_1^n \dots \dots$$

A rakterület terhelési ábrája a 3.44-4. ábra szerint alakul.

1. 1200 m^3 faanyag mozgatandó vágásterületről M Á V állomásra. A közelítés intenzitása $80 \text{ m}^3/\text{nap}$, a szállításé $60 \text{ m}^3/\text{nap}$. A biztonsági tartalék 120 m^3 . Mekkora famennyiségre méretezzük az erdei rakodót.

$$n_1 = \frac{FT}{M_1^n} = \frac{1200}{80} = 15 \text{ nap}; \quad dn_1 = \frac{d_{\min}}{M_1^n} = \frac{120}{80} = 1,5 \text{ nap}$$

$$d_{\max} = FT - (n_1 - dn_1)M_2^n = 1200 - (15 - 1,5) \cdot 60 = 390 \text{ m}^3$$

2. 3000 m^3 -es vágás lemozgatása két szakaszban történik. Naponta 150 m^3 -t közelítünk és 200 m^3 -t szállítunk. Kérdés, mekkora legyen a rakodónk területe, ha 400 m^3 biztonsági tartalékot kell képezni?

$$dn_1 = \frac{FT}{M_1^n} - \frac{FT - d_{\min}}{M_2^n} = \frac{3000}{150} - \frac{3000 - 400}{200} = 20 - 13 = 7 \text{ nap}$$

$$d_{\max} = dn_1 \cdot M_1^n = 7 \cdot 150 = 1050 \text{ m}^3$$

Tehát a rakodónk területét 1050 m^3 tárolására kell méretezni.

3.45 Az elméleti és a redukált teljesítmény

Ha a napi műszakórák száma n , akkor a meghibásodások, szervezési zavarok következtében ebből csak egy redukált érték (n_{red}) hasznosítható:

$$n_{\text{red}} = \eta \cdot n$$

a kieső idő pedig

$$\Delta n = n - n_{\text{red}} = n(1 - \eta)$$

Ennek alapján az elméleti és a tényleges szállítási teljesítmények összefüggése:

$$M_n^r = \eta \cdot M_n \quad \text{és} \quad Q_n^r = \eta \cdot Q_n$$

Az n_{red} értéke az állásra és a menetekre eső idők összegéből adódik

$$n_{\text{red}} = n \cdot \eta = \sum \dot{a} + \sum \frac{2s}{v_t}$$

Az egyszeri állásidő

$$\dot{a} = \frac{\sum \dot{a}}{f_n}, \quad \text{ahol a } f_n \text{ napi fordulók száma.}$$

$$v_t = \frac{\sum 2s}{n_{\text{menet}}} \quad \text{és} \quad I_t = \dot{a} + \frac{2s}{v_t}$$

Ha a) $Q_n^t = Q_n^{\text{red}}$, akkor a teljesítménycsökkenést ténylegesen csak a gép-hiba okozza.

b) $Q_n^t < Q_n^{\text{red}}$, akkor

vagy $\dot{a}_t > \dot{a}$ rossz rakodás,

vagy $v_t < v$ rossz út.

c) $\sum 2s > f_n \cdot 2s$ holtút,

d) vagy a fuvarlevélben feltüntetett m^3 mennyiség hibás.

3.46 Fel- és levonulás által okozott veszteség

Amennyiben a jármű, fogat stb. telephelyéről naponta vonul fel a munkahelyre, a fel- és levonulási idő a napi műszakórák számát, ebből következőleg a napi teljesítményt is csökkenti.

A valóságos és a felvonulás számbavétele nélküli teljesítmény viszonya adja meg azt a redukációs tényezőt, mellyel a fel- és levonulást számításba lehet venni. Ennek a tényezőnek számbavétele a következők szerint történik:

M [$\text{m}^3/\text{ó}$] az elméleti teljesítmény és M' [$\text{m}^3/\text{ó}$] valóságos teljesítmény. Ezek aránya egymáshoz az α tényező, mely nem más, mint a napi mű. ó. számának aránya a munkahelyen töltött mű. ó. számához, tehát

$$\alpha = n : \left(n - \frac{2l}{v} \right), \text{ ahol } l [\text{km}] = \text{a felvonulási út,}$$

v [$\text{km}/\text{ó}$] = a felvonulási sebesség

$$\alpha = \frac{n \cdot v}{n \cdot v - 2l}$$

Az α értéke csökkenő műszaki sebességgel csökken, tehát az eszköz hatása is csökken (3.46-1. ábra).

Különösen égető a helyzet a lassú fogatok felvonulása esetén. Ilyen esetekben a helyszínen vagy annak közelében előnyös istállót felépíteni, a távollevő feladatokat elsősorban gépesíteni.

Vannak esetek, midőn a lovakat kifizetődő megfelelő oldalakkal ellátott tggk-kal a helyszínrre, majd visszaszállítani.

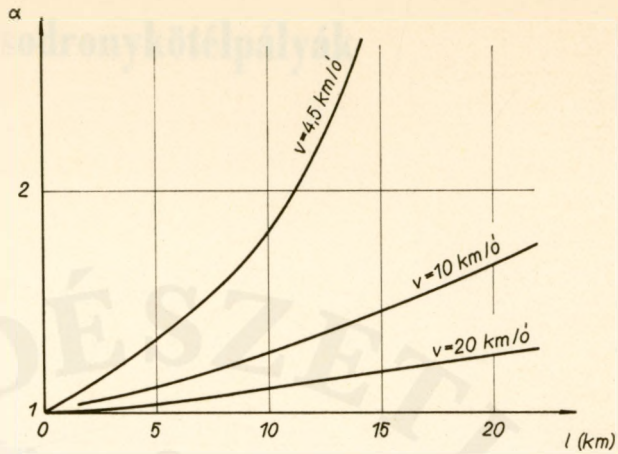
3.47 Üzemi menetdiagramok

Az üzemi menetdiagramoknak különösen az egynyomú pályákon a kitérőhelyek megválasztása miatt van jelentősége.

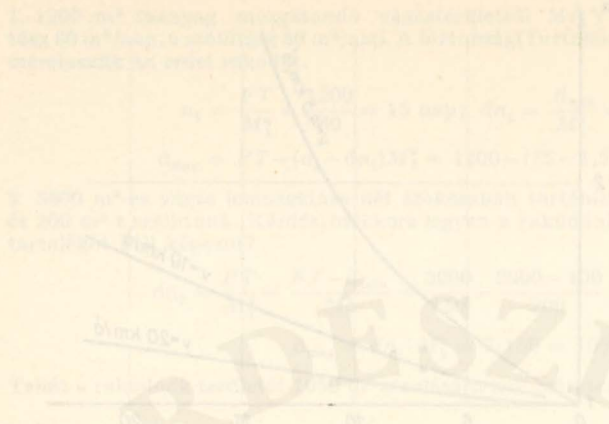
A diagramok elkészítésének első lépése az egyes pályaszakaszokon betartható menetidő, ebből következőleg az elérhető műszaki sebesség v [$\text{km}/\text{ó}$] meghatározása.

A sebességet befolyásoló tényezők – emelkedők, kanyarulati sugár, gyorsítás, lassítás – figyelembevételét legjobb próbamenetekkel elvégezni, és az eredményeket esetleg számítással ellenőrizni. Az úthossz osztva a tényleges menetidővel, adja a műszaki sebességet. Az előzőekben lefektetett képleteknél ez a sebesség kerül számításba. A menetidőket legjobb útszakaszokra bontva meghatározni.

A menetdiagram vízszintes tengelyére az időt, függőleges tengelyére a kezdő-és végpont közötti távolságot szokás felhordani. A kitérők, rakodók megjelölésével. A meneteket egy-egy ferde egyenes jellemzi, melynek irányszöge a sebességgel arányos. A szemben haladó szerelvényeket jelképező egyenesek a kitérőhelyeken metszik egymást. Az egyes szakaszokra jellemző sebességet a diagramban fel lehet tüntetni.



3.46-1. ábra. Módosító tényező alakulása különböző műszaki sebességek esetén



3. A $Y = \frac{1}{2}X^2$ függvény ábrázolását a következő táblázat alapján készítsd el!

X	Y
0	0
1	0,5
2	2
3	4,5
4	8
5	12,5
6	18
7	24,5
8	32
9	40,5
10	50

4. A $Y = \frac{1}{3}X^3$ függvény ábrázolását a következő táblázat alapján készítsd el!

X	Y
0	0
1	0,33
2	0,67
3	1,0
4	1,33
5	1,67
6	2,0
7	2,33
8	2,67
9	3,0
10	3,33

5. A $Y = \frac{1}{4}X^4$ függvény ábrázolását a következő táblázat alapján készítsd el!

X	Y
0	0
1	0,25
2	1
3	2,25
4	4
5	6,25
6	9
7	12,25
8	16
9	20,25
10	25

Az erdőgazdálkodás egyik legfontosabb feladatja az erdőterület meghatározása. Az erdőterület meghatározásának célja az erdő területének pontos meghatározása, amely a gazdasági erdőterület meghatározásának alapja. Az erdőterület meghatározásának célja az erdő területének pontos meghatározása, amely a gazdasági erdőterület meghatározásának alapja.

Az erdőterület meghatározásának célja az erdő területének pontos meghatározása, amely a gazdasági erdőterület meghatározásának alapja. Az erdőterület meghatározásának célja az erdő területének pontos meghatározása, amely a gazdasági erdőterület meghatározásának alapja.

Az erdőterület meghatározásának célja az erdő területének pontos meghatározása, amely a gazdasági erdőterület meghatározásának alapja. Az erdőterület meghatározásának célja az erdő területének pontos meghatározása, amely a gazdasági erdőterület meghatározásának alapja.

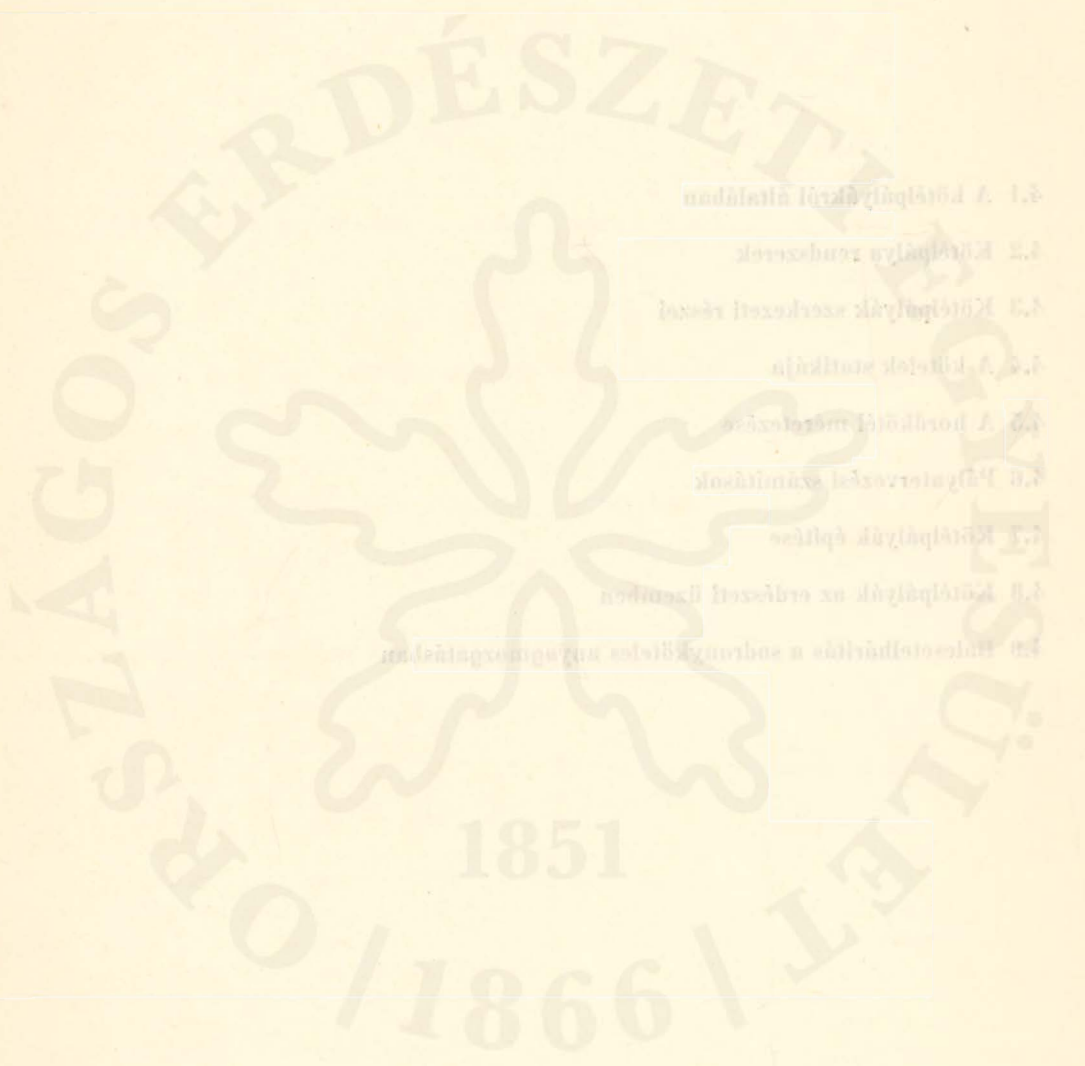
Az erdőterület meghatározásának célja az erdő területének pontos meghatározása, amely a gazdasági erdőterület meghatározásának alapja. Az erdőterület meghatározásának célja az erdő területének pontos meghatározása, amely a gazdasági erdőterület meghatározásának alapja.

Az erdőterület meghatározásának célja az erdő területének pontos meghatározása, amely a gazdasági erdőterület meghatározásának alapja. Az erdőterület meghatározásának célja az erdő területének pontos meghatározása, amely a gazdasági erdőterület meghatározásának alapja.

Az erdőterület meghatározásának célja az erdő területének pontos meghatározása, amely a gazdasági erdőterület meghatározásának alapja. Az erdőterület meghatározásának célja az erdő területének pontos meghatározása, amely a gazdasági erdőterület meghatározásának alapja.

4. Erdőgazdasági sodronykötélpályák

- 4.1 A kötélpályákról általában**
- 4.2 Kötélpálya rendszerek**
- 4.3 Kötélpályák szerkezeti részei**
- 4.4 A kötelek statikája**
- 4.5 A hordkötél méretezése**
- 4.6 Pályatervezési számítások**
- 4.7 Kötélpályák építése**
- 4.8 Kötélpályák az erdészeti üzemben**
- 4.9 Balesetelhárítás a sodronyköteles anyagmozgatásban**



4.1. A szoborparkok kialakítása

4.2. A szoborparkok rendszere

4.3. A szoborparkok szerkezeti részei

4.4. A szoborparkok szerkezeti részei

4.5. A szoborparkok szerkezeti részei

4.6. A szoborparkok szerkezeti részei

4.7. A szoborparkok szerkezeti részei

4.8. A szoborparkok szerkezeti részei

4.9. A szoborparkok szerkezeti részei

1851

/1866/

4.1 A kötélpályákról általában

A növényi rostokból álló kötél szerkezeteket az ember már ősidők óta ismeri. A kötéllel viszonylag nagy támaszközök áthidalhatók, és alkalmas jelentős húzóerő átvitelére. E tulajdonságok miatt a nagy térben dolgozó üzemek, bányák és erdőgazdaságok anyagszállításaiknál a köteleket már régen felhasználták.

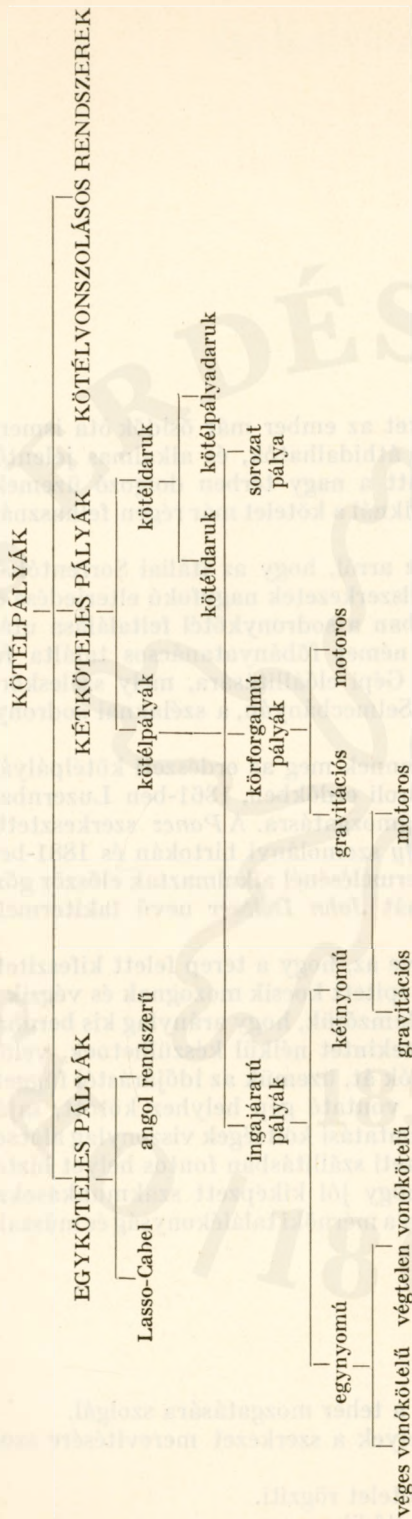
A szakirodalom 1825-ben említést tesz arról, hogy az itáliai Sorrentóban kenderköteles pályát alkalmaztak. A kötél szerkezetek nagyfokú elterjedése és a korszerű kötélpályák kialakulása azonban a sodronykötél feltalálása után vált lehetővé. A sodronyköteleket *Albert* német főbányatanácsos találta fel 1834-ben a Harz hegységi Claustal-ban. Gépi előállítására, mely széleskörű elterjedésének alapfeltétele volt, 1837-ben Selmechányán, a szélaknai sodronykötélgyárban került sor.

Ettől az időtől kezdve egymás után jelennek meg az erdészeti kötélpályák legkülönbözőbb típusai. 1857-ben a dél-tiroli erdőkben, 1861-ben Luzernban alkalmaznak acélköteleket erdészeti faanyagmozgatásra. A *Pancz* szerkesztette kötélerogató 1876-ben került üzembe *Pálffy* szomolányi birtokán és 1881-ben az észak-amerikai Sequoia állományok kitermelésénél alkalmaztak először gőzhajtású csörlőket, melyeknek szabadalmát *John Dolbeer* nevű fakitermelő 1882. IV. 8-án nyújtotta be.

A kötélpályáknak – melyeknek alapelve az, hogy a terep felett kifeszített kötél, a hordkötél, külön erre a célra épített kocsik mozognak és végzik a szállítást – igen sokféle rendszere van. Jellemzőjük, hogy aránylag kis beruházási költséggel, a terepviszonyokra való tekintet nélkül készülhetnek, velük nagy emelkedők, terepakadályok hidalhatók át, üzemük az időjárástól független, a kocsik menetellenállása csekély, a vontató gép helyhez kötött, saját mozgatása nem igényel energiát, így a vontatási költségek viszonylag alacsonyak. Mindezek a tulajdonságok az erdészeti szállításban fontos helyet biztosítanak a kötélpályáknak. Hátrányuk, hogy jól kiképzett szakmunkásokat kívánnak, tervezésük és üzemük irányítása a mérnöki találékonyság és műszaki érzék legjavát követeli.

Alapfogalmak

- A kötélpálya részeit képezik:
 - A hordkötél, mely pályául szolgál.
 - A végtelen vagy véges vonókötél, mely a teher mozgatására szolgál.
 - Különböző tartó és szerelő kötelek, melyek a szerkezet merevítésére szolgálnak.
 - Lehorgonyzás, mely a kifeszített hordkötélet rögzíti.
 - Csörlő, melyre a véges vonókötél felcsévélődik.



Hajtómű, mely a végtelenített vonókötélet mozgatja.

Függeszték, futókocsi, melyen a teher függ.

Saru, mely a hordkötélet felfüggeszti.

Állvány, mely a hordkötélsarut tartja. Két állvány között van a mező vagy az állványköz.

A saját súlya alatt befüggő kötél az üres kötélgörbét, a kocsival terhelt kötél a terhelt kötélgörbét írja le.

Két sarut összekötő egyenes az állványköz-húr (4.1-1. ábra).

Az alátámasztási pontban érintkező kötélgörbék mindegyikéhez vont érintők által bezárt szög a *kötél törésszöge*.

4.2 Kötélpálya-rendszerek

A kötélpálya-rendszereket három főcsoportra osztjuk:

Egykötteles kötélpályákra, ahol a vonó- és hordkötél azonos.

Kétkötteles kötélpályákra, ahol a hordkötél mozgó kocsi külön vonókötél mozgatja.

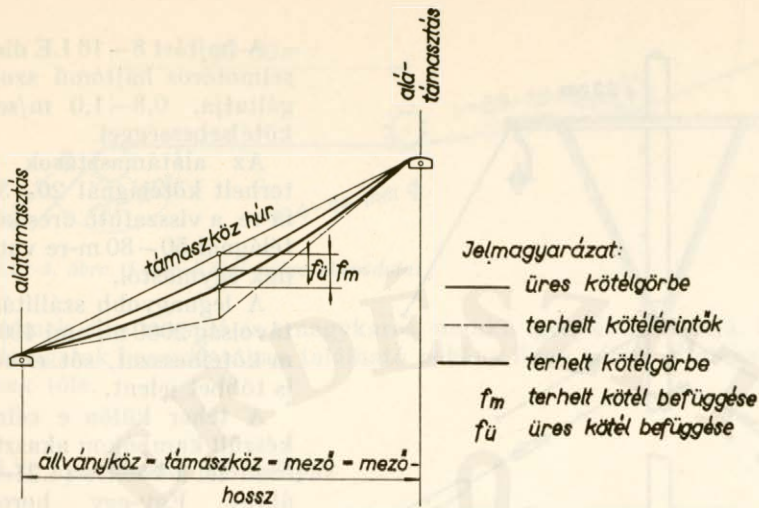
Amerikai kötélvonzolós rendszerekre, az ún. skidderekre, amelyek különféle kötélmegoldással, főleg vágástéri anyagmozgatásra alkalmasak.

Rá kell mutatnunk arra, hogy a különféle rendszerek, illetve felsorolt főcsoportok között számos átmeneti megoldás is van, és a szakemberek részére tág lehetőség nyílik még további kombinációk tervezésére.

A különféle kötélpálya-rendszereket a 4.2-1. táblázat segítségével tekinthetjük át.

4.21 Egykötteles kötélpályák

A közös hord- és vonókötélet szállítókötélnek is nevezzük. E kötéllal szemben ellentétes követelményeket támaszt a pálya üzeme. Egyrészt kívánatos, hogy hajlékony és vékony húzalú legyen, másrészt az élettartam növelése érdekében a vastag húzal



4.1-1. ábra. Elnevezések magyarázata

volna előnyös. Az egyköteles berendezések általában kisebb terhek szállítására alkalmasak. Két ilyen berendezést ismertetünk: az angol rendszerű kötélpályát és a Lasso-kábel berendezést.

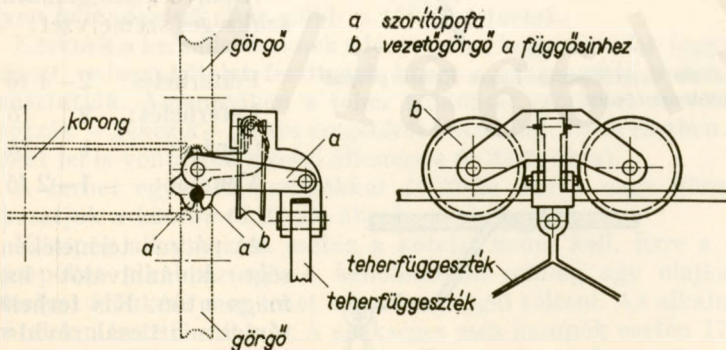
4.211 Angol rendszerű kötélpályák

A végtelenített szállító kötelet hajtómű mozgatja és a kötélre a függesztékek automatikusan oldható szerkezettel vannak rögzítve, melyek önsúlyukkal kapcsolódnak és függő sín emeli ki őket (4.21-1. ábra). A szállítókötél pásmás kötéll, amely az egyszerű kivitelű, feszítőkötelekkel kimerevített árbocszerű állványon két-két görgőből álló sarun fut (4.21-2. ábra).

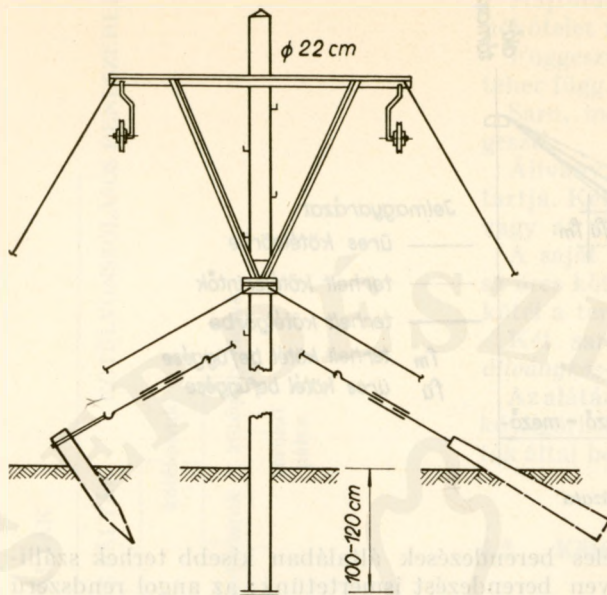
E kötélpályák függesztékeinek terhelése 100–150 kg, tehát erdészeti alkalmazásuk esetén csak rövid választék szállítására alkalmasak.

4.212 Lasso-kábel berendezés

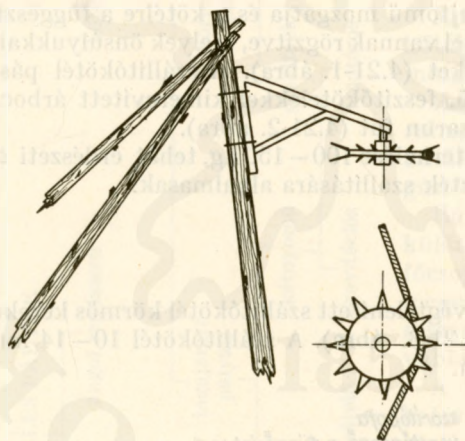
Egyköteles kötélpálya, melynél a végtelenített szállítókötél körmös kerekekkel ellátott alátámasztásokon fut (4.21-3. ábra). A szállítókötél 10–14 mm átmérőjű, lehetőleg Seale-szerkezetű.



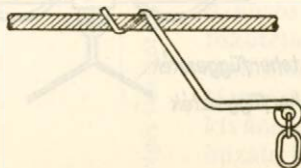
4.21-1. ábra. Angol rendszerű kötélpálya kocsiszerkezete



4.21-2. ábra. Angol rendszerű kötélpálya állványa



4.21-3. ábra. Kőrmös vezetőkörong Lasso-Kábel pályák szállítókötelének alátámasztására



462 4.21-4. ábra. Teherrögzítő kampó Lasso-Kábel pályákhoz

A hajtást 8–16 LE dieselmotoros hajtómű szolgáltatja, 0,8–1,0 m/sec kötélsebességgel.

Az alátámasztások a terhelt kötélágnál 20–30 m-re, a visszafutó üres kötélágnál 50–80 m-re vannak egymástól.

A legnagyobb szállítási távolság 2000 m, ami 4000 m kötélhosszat, sőt ennél is többet jelent.

A teher külön e célra készült kampókon akasztható fel a kötéltre (4.21-4. ábra). Egy-egy horog 50–80 kg-ra terhelhető.

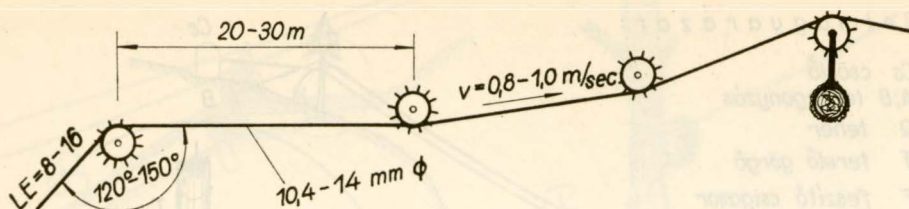
A pálya felszereléséhez 1000 m-enként 16–18 munkanap szükséges. Teljesítménye 12–14 ürm³/óra, ellenemelkedő esetén 5–7 ürm³/óra.

A pálya vonalvezetése az alátámasztások miatt egyenletes legyen. Az üres ágban vertikális törés is lehet, ekkor a vezető tárcsa vízszintes tengelyű, és a teher átbotcsátására nem alkalmas. A legnagyobb horizontális törésszög 150–120°. A pálya 8–10%-os ellenemelkedő legyőzésére is képes, de legelőnyösebb enyhe lejtéssel (10–30%), vagy vízszintesen tervezni (4.21-5. ábra).

A pálya kiszolgálásához szükséges személyzet:

Felterhelés:	2–4 fő
Leterhelés:	2 fő
Gépész:	1 fő
Vonalőr:	1–2 fő

A pálya termelékenysége kívánivalót hagy maga után. Kis terheltsége miatt csak rövid választékok mozgatására alkalmas, ami törekvése-



4.21-5. ábra. Lasso-Kábel pálya alapadatai

inknek ellentmondó és a nagykaros munka igényét indokolja. Bár erdőgazdaságaink használatában található néhány ilyen pálya, általában idegenkednek tőle.

4.22 Kétköteles kötélpályák

A kétköteles kötélpályákat két csoportra oszthatjuk:

Kötélpályákra, amelyek a terhet egy előre meghatározott ponton tudják csak felvenni, illetve leadni.

Kötéldarukra, melyek a terhet a pálya minden pontján képesek leadni, illetve felvenni.

4.221 Kötélpályák

a) Íngajaratúak

Ezeknél a kocsik váltakozó, föl-le való mozgással, üres és tehermenetek ingaszerű változtatásával végzik a szállítást.

Az ingajaratú kötélpályák lehetnek egy- vagy kétnyomúak. Az egynyomú pályáknál egy hordkötélen egy kocsi mozog alternatív, ingaszerű mozgással fel és le.

E pályák teljesítménye, mivel egy kocsi működik, korlátozott és erősen függ a pálya hosszától.

Az ingajaratú kötélpályáknál kell megemlékeznünk az erdőszetben régóta ismert, ún. *sodronykötél csúsztatókról*, ill. *eregetőkről*, melyek már nem mások, mint ingajaratú pályák.

Az irodalom 1861-ben emlékszik meg az első erdőszeti sodronycsúsztatóról, melyet 1857-ben alkalmaztak. Feljegyzések vannak azonban arra nézve, hogy ilyen berendezések már előbb is (1825) léteztek.

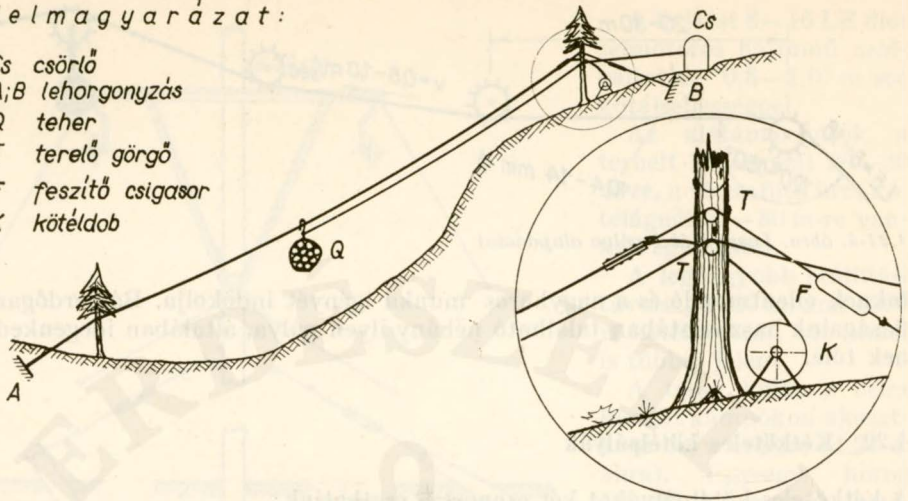
Ezeknek a berendezéseknek a lényege az, hogy meredek hegyoldal két pontja között sodronykötelet feszítenek ki, és a ráakasztott terhet azon a völgybe csúsztatják. Amennyiben a terhe haladását csörlővel és vonókötéllal szabályozzák – fékezik –, fékes eregetőről beszélünk. Ilyen esetben az üres függesztéket fel is vontatjuk a felső állomásra (4.22-1. ábra).

A terhet egyszerű kampókkal (4.22-2a ábra) vagy görgők segítségével akasztjuk a kötéltre (4.22-2b) ábra).

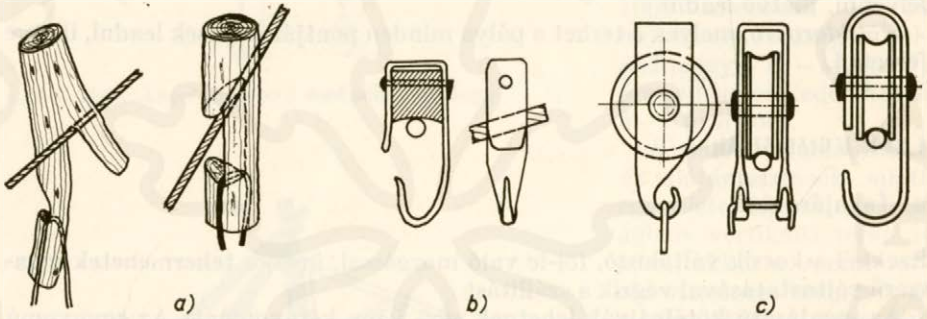
Kampók alkalmazása esetén a kötelet kenni kell. Erre a célra ún. kenőkampókat alkalmazunk. A kenőkampón mindig egy olajkamra található, amelyet időnként meg lehet a kenőanyaggal tölteni. Az alkalmazott sodronykötelek mérete 6 – 12 mm. A szükséges esés kampók esetén 17 – 24%. Legnagyobb esés 60%. Vaskampók melegeése igen nagy. Legjobb a gyertyánkampó. A legnagyobb terhe csúsztatók esetén 50 – 70 kp.

Jelmagyarázat:

- Cs csőrő
- A;B lehorgonyzás
- Q teher
- T terelő görgő
- F feszítő csigasor
- K kötéldob



4.22-1. ábra. Sodronykötél eregető működési elve



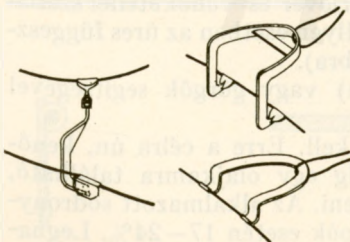
4.22-2. ábra. Teherfüggesztő kampók (a és b) és görgők (c) sodronykötél csúsztatókhöz

A jobb kivitelű eregetőknél egyszerű szerkezetű közbeeső alátámasztásokat is alkalmaztak kovácsoltvas saruk segítségével. Ezeket néha a pálya irányváltoztatására is alkalmassá képezték ki (4.22-3 ábra).

A nagy sebességgel a völgybe érkező választék egy állomáshoz ütközik, melyet eleinte fából, manapság használt gumiabroncsból készítenek (422-4a és b ábra).

A köteleket élő fákhöz horgonyozzák le, de nagyobb feszítőköz esetén a később tárgyalt megoldások választhatók.

Az egynyomú ingajaratú kötélpályák működhetnek véges és végtelen vonókötéllel. A vonóerő a felső állomáson van elhelyezve és vontatja a terhet, illetve

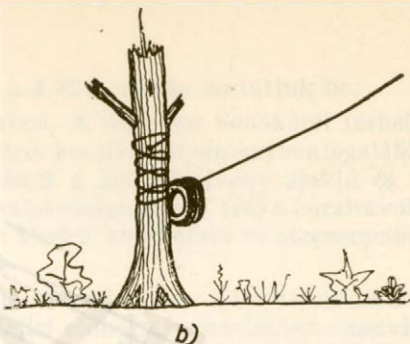
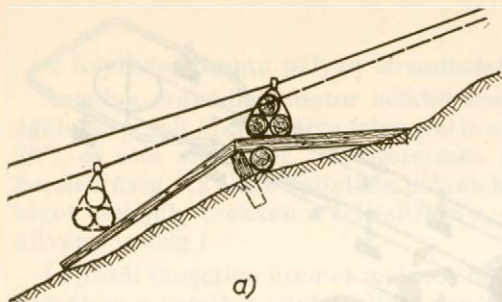


4.22-3. ábra. Egyszerű kivitelű saruk eregetőkhöz

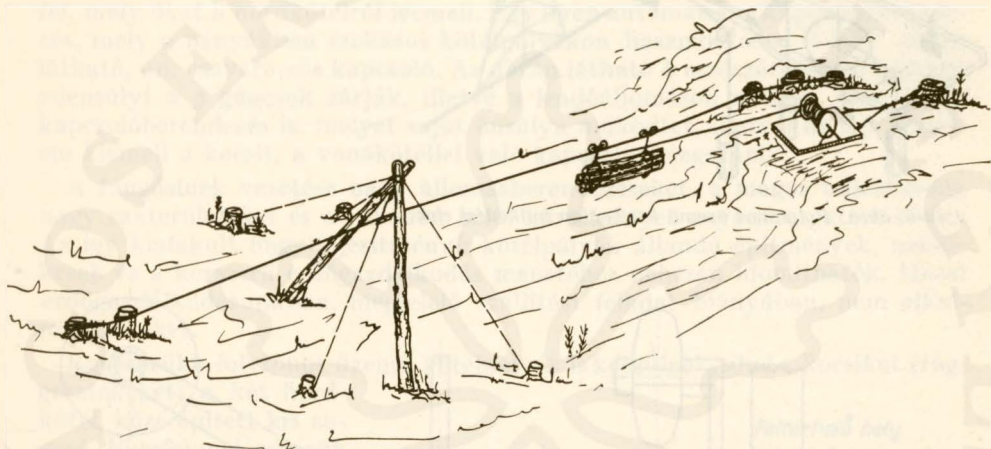
az üres kocsit, annak megfelelően, hogy a szállítás lefelé vagy felfelé történik (4.22-5 ábra). Mivel a völgymenetet a nehézségi erő hatására teszi meg, ilyenkor a kocsit gyakran fékezni kell. A nehézségi erő biztosítására a pályának megfelelő lejtéssel kell rendelkeznie. Ennek a feltétele a következő:

A terhelt kötélerintő legalább vízszintes legyen.

A húrhajlás százalékos értéke legalább $13\% + 1\%$ a feszítőköz minden hektométerére.



4.22-4. ábra. Sodronykötél esúszató indító (a) és ütköző állomása (b)



4.22-5. ábra. Egynyomú ingajaratú kötélpálya működési elve

Ha a szállítás hegymenetben történik, az üres kocsinak kell a vonókötelet völgyemenetben maga után húzni. Kis esésű pályáknál ilyenkor a vonókötél a talajon vagy a görgőkön súrlódik és fékezőleg hat. Ezért ilyen esetekben lehetőleg meredek pályát válasszunk ki. Az ismertetett szabályok ebben az esetben akkor évenyesek, ha a kocsi súlya legalább 500-szorosa a vonókötél folyóméter-súlyának.

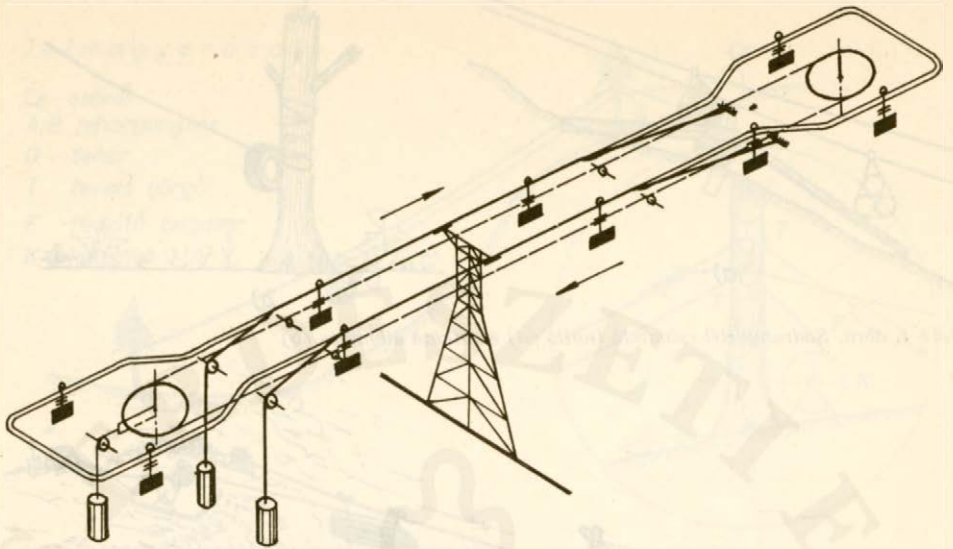
Ha az emelkedő kicsi, végtelen vonókötelet használunk, ahol a kocsit a nehézségi erő helyett a vonókötél ellentétes irányú mozgásával húzzuk vissza.

A kétnyomú ingajaratú kötélpályáknál két hordkötél van, melyeken változtatva fel és le mozognak a kocsik. A kétnyomú ingajaratú kötélpálya működhet motorhajtás nélkül, tisztán nehézségi erővel vagy motorral.

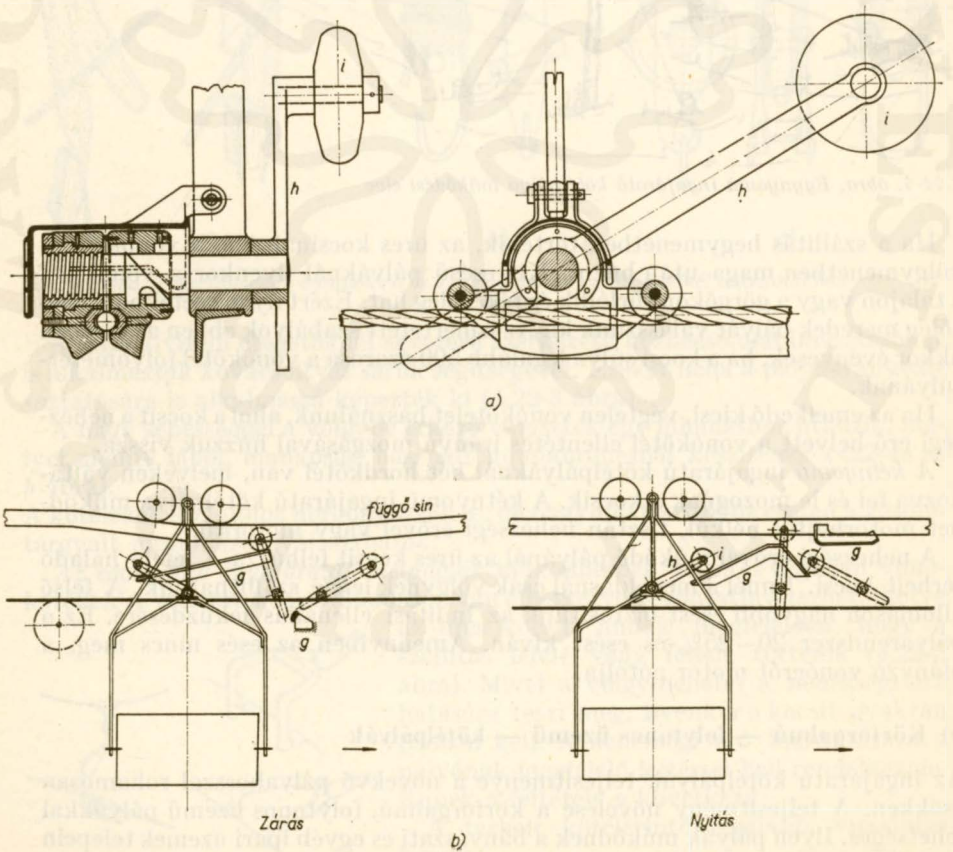
A nehézségi erővel működő pályánál az üres kocsi felhúzza a lefelé haladó terhelt kocsit. Ennél a megoldásnál csak völgynek lefelé szállíthatunk. A felső állomáson nagyobb esést biztosítunk az indítási ellenállás leküzdésére. Ez a pályarendszer 20–25%-os esést kíván. Amennyiben az esés nincs meg, a hiányzó vonóerőt motor pótolja.

b) Körforgalmú — folytonos üzemű — kötélpályák

Az ingajaratú kötélpályák teljesítménye a növekvő pályahosszal rohamosan csökken. A teljesítmény növelése a körforgalmú, folytonos üzemű pályákkal lehetséges. Ilyen pályák működnek a bányászati és egyéb ipari üzemek telepein és velük nagy teljesítmény érhető el.



4.22-6. ábra. Folytonos üzemű kötélpálya működési elve



466 4.22-7. ábra. Csavarorsós kocsikapcsoló (a) és működése (b)

A folytonos üzemű pályák elrendezését a 4.22-6. ábrán mutatjuk be.

A pálya működhet motor nélküli üzemben. A végtelen vonókötél terhelt ágába kapcsolt kocsik súlya felvontatja az üres kocsikat. Ilyen esetben legalább 20%-os esés szükséges. Természetesen számít a hossz-szelvény alakja és a kocsisűrűség. Az olasz Valtellina pályák kocsisűrűsége 200 m. (Ha a kocsitávolságot emeljük, csökken a teljesítmény, de kisebb kötélméret és alacsonyabb állvány is elég.)

Lejtőtől független üzemet motoros hajtással építhetünk. A folytonos üzemű pályákon a kocsik a végtelenített vonókötéllal oldható kapcsolatban vannak. Vannak egyszerű és önműködő kapcsolók. Az utóbbiak az állomáson önműködően oldódnak, illetve záródnak. Ezeknél a kocsi egy elvezető függősinre fut fel, mely őket a hordkötélről leemeli. Egy ilyen automatikus kapcsolóberendezés, mely a bányákban szokásos kötélpályákon használatos, a 4.22-7. ábrán látható, ún. csavarorsós kapcsoló. Az ábrán látható h orsószáron levő i görgős ellensúlyt a g gáncsok zárják, illetve a leadóállomáson nyitják. Van olyan kapcsolóberendezés is, melyet saját önsúlya működtet, illetve, ha egy függősin kiemeli a kocsit, a vonókötéllal való kapcsolat megszűnik.

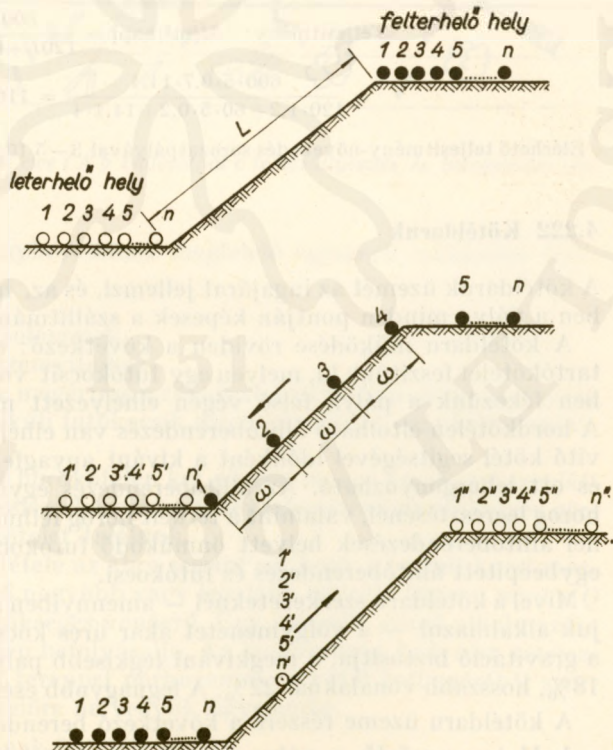
A függősinek vezetése nagy állomásberendezéseket, a magas teljesítmény nagy rakterületeket és a rakodón belül körülményes anyagmozgatást kíván. Az így kialakult nagyteljesítményű kötélpályák állandó építmények, nehézkesek és a korszerű erdőgazdálkodás menetéhez nehezen idomíthatók. Hazai erdőgazdálkodásunkban, megfelelő szállítási feladat hiányában, nem alkalmazzuk őket.

Egyszerűbb folytonos üzemű kötélpályák is készülnek, ahol a kocsikat (függesztekeket) a két hordkötél közé épített kis sugarú függősinrel visszük át.

e) Sorozatpályák

A sorozatpályáknak egy hordkötéle és egy végtelen vonókötéle van. A felső és alsó állomáson megfelelő hosszúságú rakodóhelyre van szükségünk. A felső állomáson több függesztéket felszerelünk és a felterhelt függesztékeket a vonókötélre kapcsolva néhány perces időközben eresztjük le a völgyállomásra. Ilyenkor tehát a hordkötélen egyszerre több függeszték halad. A völgyállomáson leterhelt függesztékeket egymáshoz kapcsolva vagy egyre vontatjuk fel.

Megfelelő számú függeszték birtokában tehát



4.22-8. ábra. Sorozatpálya üzemi vázlata

az ingajáratú kötélpályával szemben megtakarítjuk az egyes üres függesztékek egyenkénti felvontatásához szükséges időt.

Legyen a pálya hossza: $L = 1,2$ km.

A szállítás és üresjárat sebessége: $v = 14,4$ km/óra.

Fel- és leterhelés, ill. kapcsolási idő: $\hat{a}_1 + \hat{a}_t = 4$ perc.

Egy függeszték teherbírása: $q = 0,7$ m³.

Kocsik kapcsolási távolsága: $\omega = 0,2$ km.

a) Szokásos ingajárat esetén:

$$\text{Fordulódóidő: } I[\text{perc}] = \frac{120L}{v} + \hat{a} = \frac{120 \cdot 1,20}{14,4} + 4 = 14 \text{ perc.}$$

Teljesítmény napi 10 órás műszak alatt:

$$M[\text{m}^3/\text{nap}] = \frac{600qv}{120L + \hat{a}v} = \frac{600 \cdot 0,7 \cdot 14,4}{120 \cdot 1,2 + 4 \cdot 14,4} = 30 \text{ m}^3/\text{nap.}$$

b) A teljesítmény növelése érdekében áttérünk a 4.22-8. ábra szerinti sorozatpálya üzemére:

$$n \text{ számú függeszték leérkezése: } I_1 = \frac{60L}{v} + \frac{60 \cdot n \cdot \omega}{v}.$$

Leterhelés: $I_2 = \hat{a}_1$

n számú üres függeszték felvontatása egy menetben:

$$I_3 = \frac{60L}{v}.$$

Felterhelés: $I_4 = \hat{a}_2$

$$\text{Fordulódóidő: } I[\text{perc}] = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = \frac{120L}{v} + \frac{60n\omega}{v} + \hat{a}$$

$$I = \frac{120 \cdot 1,2}{14,4} + \frac{60 \cdot 5 \cdot 0,2}{14,4} + 4 = 18,2 \text{ perc.}$$

$$\begin{aligned} \text{Teljesítmény: } M[\text{m}^3/\text{nap}] &= \frac{600n \cdot q \cdot v}{120L + 60n\omega + v\hat{a}} = \\ &= \frac{600 \cdot 5 \cdot 0,7 \cdot 14,4}{120 \cdot 1,2 + 60 \cdot 5 \cdot 0,2 + 14,4 \cdot 4} = 116 \text{ m}^3/\text{nap.} \end{aligned}$$

Elérhető teljesítmény-növekedés sorozatpályával 3–5 függesztékkel csaknem négyszeres.

4.222 Kötéldaruk

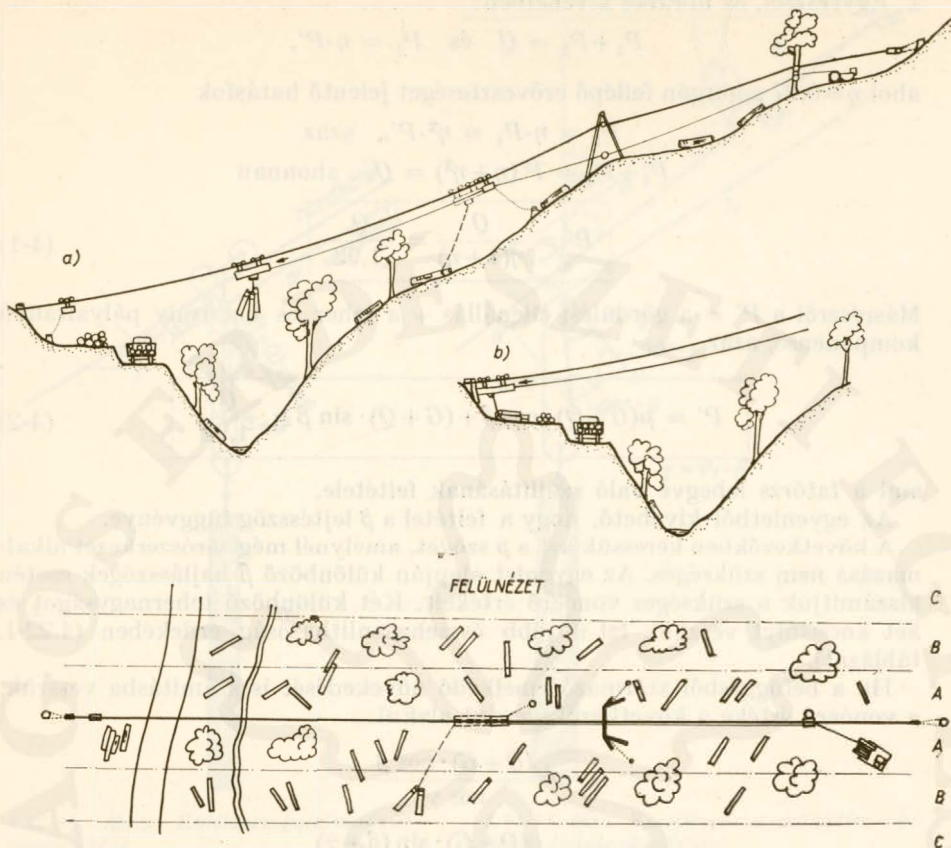
A kötéldaruk üzemét az ingajárat jellemzi, és az, hogy a kötélpályákkal szemben a pálya minden pontján képesek a szállítmányt felvenni, ill. leadni.

A kötéldaruk működése röviden a következő: előre kiválasztott vonalon tartókötelet feszítünk ki, melyen egy futókocsit vontatunk, vagy völgymenetben fékezőnk a pálya felső végén elhelyezett motoros csörlő segítségével. A hordkötélen eltolható állítóberendezés van elhelyezve, és ez a földről merevítő kötél segítségével időnként a kívánt anyagfelvevő helyre helyezhető át, és ott lehorgonyozható. Az állítóberendezés egyúttal rögzíti a futókocsit a horog leeresztésénél, valamint a terhelt horog felhúzásánál. Az újabb kivitelek-nél állítóberendezések helyett önműködő futókocsi van, mely gyakorlatilag egybeépített állítóberendezés és futókocsi.

Mivel a kötéldaruk szerkezeteknél – amennyiben azokat gazdaságosan kívánjuk alkalmazni – a völgymenetet akár üres kocsi, akár rakott kocsi esetén a gravitáció biztosítja, a megkívánt legkisebb pályaesés rövid vonalak esetén 18%, hosszabb vonalaknál 22%. A legnagyobb esés az irodalom szerint 140%.

A kötéldaruk üzemére részére a következő berendezések szükségesek:

1. Motoros csörlő, a pálya hosszának megfelelő kötélbefogadóképességgel és megfelelő teljesítménnyel.



4.22-9. ábra. Kötéldaruk működési elve (A b változatnál a tehersüllyesztés és horogemelés időszükséglete, kb. 1 perc, elmarad)

2. Kis súlyú, a nagy igénybevételnek megfelelő egyszerű működésű futókocsi és állítóberendezés.

3. Hord- és vonókötel.

4. Saruk, görgők és kapcsolószerkek.

5. Jelzőberendezések az üzemvitelhez.

A kötéldaruk működésének megértése a rövidpályás kötéldaruknál manapság is használt zárószervezet nélküli futókocsi mechanikájának tanulmányozásával lehetséges.

A β lejtőszögben kifeszített hordkötélen két görgőn mozgó kocsiszerkezet látható (4.22-10. ábra). A kocsiszerkezeten a terhelés emeléséhez szükséges görgőt és azon átvett vonókötelet találunk.

Lebegve való szállítás feltétele az ábra szerint az, hogy a terhelt kocsi mozgásához szükséges vonóerő nagyobb vagy legalább egyenlő legyen, mint a Q súlyú törzs felemeléséhez szükséges vonóerő. Egy második görgő alkalmazása ezt az egyenlőséget kedvezően befolyásolja. Az egyszerűség kedvéért tételezzük fel, hogy a hordkötel a tereppel párhuzamos, a kötel befüggéséből származó hajlás-növekedést egyelőre ne vegyük figyelembe.

A kocsi felfelé mozgatásának feltétele tehát:

A szükséges vonóerő \geq a szükséges emelőerő.

Egyrésről, az ábrából kivehetően:

$$P_1 + P_2 = Q \quad \text{és} \quad P_1 = \eta \cdot P',$$

ahol $\eta = 0,97$ a görgön fellépő erővesztéséget jelentő hatásfok

$$P_2 = \eta \cdot P_1 = \eta^2 \cdot P', \quad \text{azaz}$$

$$P_1 + P_2 = P'(\eta + \eta^2) = Q, \quad \text{ahonnan}$$

$$\boxed{P' = \frac{Q}{\eta(1+\eta)} = \frac{Q}{1,92}} \quad (4-1)$$

Másrésről a $P' =$ a gördülési ellenállás + a teher és kocsisúly pályairányú komponense, azaz

$$\boxed{P' = \mu(G+Q) \cdot \cos \beta + (G+Q) \cdot \sin \beta \cong \frac{Q}{1,92}} \quad (4-2)$$

ami a fatörzs lebegve való szállításának feltétele.

Az egyenletből kivehető, hogy a feltétel a β lejtésszög függvénye.

A következőkben keressük azt a β szöveget, amelynél még zárószerszerkezet alkalmazása nem szükséges. Az egyenlet alapján különböző β hajlásszögek esetén kiszámítjuk a szükséges vonóerő értékeit. Két különböző tehernagyságot és két kocsisúlyt veszünk fel a jobb összehasonlíthatóság érdekében (4.22-I. táblázat).

Ha a befüggésből származó emelkedő növekedését is számításba vesszük, a vonóerő értéke a következők szerint alakul:

$$A' = \frac{(Q+G) \cdot \cos \beta}{\cos \gamma}$$

$$B' = \frac{(Q+G) \cdot \sin(\beta+\gamma)}{\cos \gamma}$$

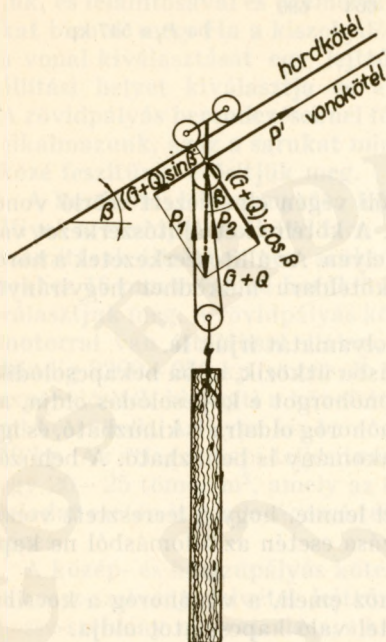
$$P_1 = B' + \mu \cdot A' = \frac{Q}{1,92}$$

$$P_1 = \frac{(Q+G)}{\cos \gamma} [\sin(\beta+\gamma) + \mu \cdot \cos \beta]$$

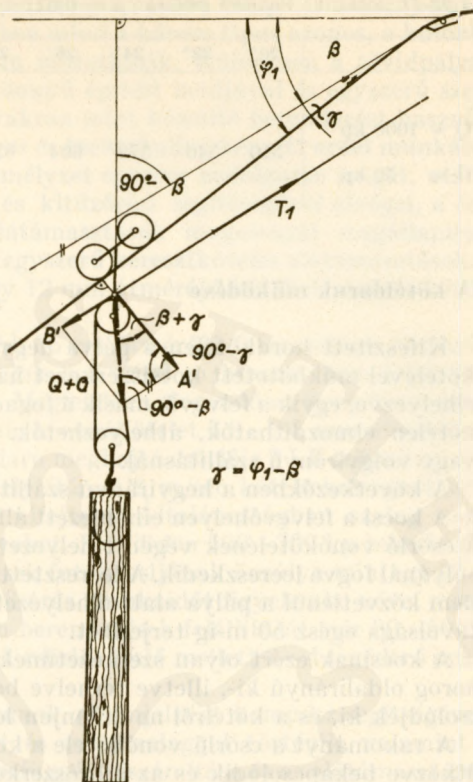
Az önzárás határszögét ismét úgy határozzuk meg, hogy a szükséges vonóerő értékét különböző lejtőszögekre kiszámítjuk, ahol a szükséges vonóerő $P_1 \cong \frac{Q}{1,92}$, attól a lejtőszögtől felfelé önzáró a berendezés (4.22-II. táblázat).

Természetesen az alátámasztás után a befüggés hatása ellentétes előjelű, tehát a szükséges vonóerő csökken, és az önzárás határa is eltolódik. Az önzárási lejtőszög határán épülő pályák ilyenkor a terhet leeresztik, majd ismét felemelik. A kötél nagyobb előfeszítésével a γ csökkenthető, így a határ is módosul.

Amennyiben az önzárás feltételei nem biztosítottak, a kocsit a teher felemeléseig az ütközőbakhhoz, majd a felemelés után a terhet a kocsihoz kell kapcsolni. A kapcsolatoknak oldhatóknak kell lenniük egy-egy művelet lezárása után. Ahhoz képest, hogy a zárás-oldás művelet az állomáson tartózkodó személy irányítására (zsinór vagy lánc útján) esetleg automatikusan történik, beszélünk félautomatikus vagy automatikus kapcsoló szerkezetekről.



4.22-10. ábra. Kötéldaru-kocsiszerkezet mechanikája



4.22-11. ábra. Kocsiszerkezet működése a befűggs figyelembevételével

4.22-I. táblázat. Vonóerő értékek különböző pályalejtéseknél ($\mu = 0,02$ esetén)

Pályalejtés: β		15°	20°	25°	28°	30°	32°	34°	36°	38°	40°
Ha P'	Q-800 kp	236	306	375	414	440	465	489	513	537	559
	Q-1000kp	292	379	463	512	543	573	604	633	662	691
$P' G$ = 100 kp	Q-800 kp	249	325	396	437	466	491	518	543	568	587
	Q-1000kp	306	397	485	534	569	600	633	664	695	722

$$\cos \beta = 0,9659 \ 0,9397 \ 0,9063 \ 0,8829 \ 0,8660 \ 0,8480 \ 0,8290 \ 0,8090 \ 0,7880 \ 0,7660$$

$$\sin \beta = 0,2588 \ 0,3420 \ 0,4226 \ 0,4695 \ 0,5000 \ 0,5299 \ 0,5591 \ 0,5878 \ 0,6157 \ 0,6428$$

Szükséges emelőerő: $P' \cong \frac{Q}{1,92}$ azaz, ha $Q = 800$ kp, $P' = 417$ kp, ennek megfelel a fentiekből $\beta = 28^\circ$

ha $Q = 1000$ kp, $P' = 521$ kp, ennek megfelel a fentiekből $\beta = 28^\circ$

	20°	22°	24°	26°	28°	30°	32°	
Q = 1000 kp	510	540	573	604	634	664	690	$P_1 \cong \frac{Q}{1,92}$ azaz
G = 50 kp								ha $P_1 \cong 547$ kp

A kötélدارuk működése

Kifeszített hordkötélen a pálya hegy felőli végén elhelyezett csörlő vonókötélével működtetett kocsiszerkezet halad. A kötéltre két állítószerkezet van elhelyezve, egyik a felvevő, másik a fogadó helyen. Az állítószerkezetek a hordkötélen elmozdíthatók, áthelyezhetők. A kötélदारu működhet hegyirányú, vagy völgyirányú szállításnál.

A következőkben a hegyirányú szállítás folyamatát írjuk le.

A kocsi a felvevőhelyen elhelyezett állomáshoz kötik, abba bekapcsolódik, a csörlő vonókötél végén elhelyezett vonóhorogot e kapcsolódás oldja, az súlyánál fogva leereszkedik. A leeresztett vonóhorog oldalra is kihúzható, és így nem közvetlenül a pálya alatt elhelyezett rakomány is behúzható. A behúzás távolsága egész 50 m-ig terjedhet.

A kocsinak ezért olyan szerkezetűnek kell lennie, hogy a leeresztett vonóhorog oldalirányú ki-, illetve terhelve behúzása esetén az állomáshoz ne kapcsolódjék ki, és a kötélről ne billenjen le.

A rakományt a csörlő vonókötélre a csörlőhöz emeli, a vonóhorog a kocsihoz utközve bekapcsolódik és az állítószerkezettel való kapcsolatot oldja.

A rakománnyal terhelt kocsi ezután minden további nélkül felvontatható a felső állítószerkezetre. A kocsi az állítószerkezetbe utközve bekapcsolódik, a vonóhorog és a kocsi közötti kapcsolat oldódik, a rakomány leereszthető a földre. Az üres vonóhorog felhúzásakor a kocsihoz bekapcsolódik és oldja az állítószerkezettel való kapcsolatot. A kocsi ezután leereszthető a felvevőhelyre (lásd a 4.22-9. ábrát).

A lefelé szállítás folyamata hasonló.

A kocsiszerkezetek különféle kapcsoló mechanizmusait a későbbiek során fogjuk ismertetni. Ma már a legkülönbözőbb megoldások készülnek.

A futókocsi és az állomás a nagy igénybevételhez mérten igen megbízható és mégis kis súlyú, működésében egyszerű legyen, hogy a javításokat az erdei munkások a helyszínen el tudják végezni.

Általánosságban megkülönböztethetünk emelőgörgős és emelőgörgő nélküli futókocsit. Első esetben a teherhorog a faanyag felemelésére emelő görgővel van ellátva, az utóbbi esetben a vonókötél vége közvetlenül a vonókötél-horogra van felerősítve. Az emelőgörgős berendezés előnye abban áll, hogy a fának oldalról való behúzása esetén kétszeres vonóerővel és fél sebességgel működik. E berendezés hátránya mégis túlszárnyalja az előnyöket a következő okokból: a faanyagnak a futókocsihoz való be- és felhúzásakor az emelőgörgő becsavarodik, minek következtében a vonókötél gyorsan elhasználódik és különösen nagy kárt okoz az üzemzavarra. A becsavarodás veszélye a hordkötélnél a talaj feletti magasságával növekszik. A görgők ellenállása következtében a teherhorognak a faanyaghoz való kihúzása igen megrehegedik, ami az oldalról való behúzás távolságát igen jelentősen csökkenti. Az említett körülmények folytán az emelőgörgős kocsik főként rövidpályás kötélदारuk részére ajánlatosak.

Hatótávolságuk szerint megkülönböztetünk *rövid-, közép- és hosszúpályás kötélدارut*. Működési elvük tekintetében mind a három típus azonos, a különbség főleg a szerkezeti megoldásokban mutatkozik. Különösen a rövidpályás kötélدارu tér el a másik kettőtől, könnyű építési módjával és egyszerű szerkezeti megoldásaival, ugyanis ezt gyakran mint közelítő berendezést használjuk, és felállításával és üzemével ügyes és technikailag képzett erdei munkásokat bízunk meg. Ha a kiszolgáló személyzet egyszer bedolgozza magát, utána a vonal kiválasztását egy lejtűző és kitűzőrúd segítségével elvégzi, a felállítási helyet kiválasztja és az alátámasztások magasságát megállapítja. A rövidpályás berendezéseknél főleg egyszerű keresztköteles alátámasztásokat alkalmazunk, azaz a sarukat mintegy 12 mm átmérőjű kötéllel, melyet két fa közé feszítünk, erősítjük meg.

A hordkötél lehorgonyzása legalább 35 cm átmérőjű fatörzsekhez történik. Mivel a rövidpályás kötélدارu vonalak a 3–400 m hosszat nem lépik túl, számításuk általában nem szükséges. Megfelelően elegendő az ilyen berendezésekhez 16 mm erősségű hordkötél, míg a vonókötelet 8,9–9,5 mm átmérőben választjuk meg. A rövidpályás kötélدارu meghajtó csörlője 9 LE teljesítményű motorral van általában ellátva, amely 0,2–1,8 m/sec kötélsebességnél még mindig 2200–250 kp vonóerőt tud kifejteni. Általánosságban szalag vagy expanziós fék kielégíti a követelményeket. Külföldön 500–700 kp teherbírással készülnek. Az ilyen kis berendezések futókocsijának önsúlya mintegy 35–50 kp. Az átlagos napi teljesítmény, 8 órás munkaidőt figyelembe véve, mintegy 20–25 tömör m³, amely az ilyen berendezések felállítását már 30–50 m³ feladat esetén is gazdaságossá teszi. A csörlőkezelő mellett 2–4 segéderő szükséges.

A közép- és hosszúpályás kötélدارunak nyomjelzése kompasz segítségével, a hossz-szelvény felvétel lejtűzővel és mérőszalaggal történik, valamint a hossz-szelvény megrajzolása, a kötélbefüggés kiszámítása és az alátámasztások helyének meghatározása feltétlenül szükséges, ha a kötélدارu-vonalnak utólagos változtatását el akarjuk kerülni. Az ilyen változtatások (pót alátámasztások beépítése, tartókötél-magasság megváltoztatása stb.) sok időbe és pénzbe kerülnek. Alátámasztás céljaira természetes, félmesterséges és mesterséges faállványokat alkalmaznak.

Az alátámasztási erőket minden esetben számításokkal mutassuk ki. A tartókötél lehorgonyzása történhet: a) 45–55 cm átmérőjű fatörzsekhez való lehorgonyzással és 1–2 fához való kibiztosítással; b) „holtember” horgonnyal, 5–6 m hosszú, 45–55 cm átmérőjű, 1,5–1,8 m mély aknába beásott rönkkel; c) sziklahorgonnyal. A középpályás kötélدارuk alkalmazási köre általában 1000 m-ig terjed, míg a hosszúpályás kötélдарuk max. alkalmazási távolsága ez idő szerint 2400 m. Mindkét kötélدارu-típus részére már igen jó teljesítő-képességű motorral ellátott és hathatós fékberendezésű csörlő szükséges. A középpályás kötélдарuk hasznos terhe 1000 kp-ra korlátozódik, és ehhez külföldön 18–20 mm erősségű hordkötelet alkalmaznak. A hosszúpályás kötélдарuknál már, a hosszú menetidő miatt, a terhelést teljesen ki kell használni. A hasznos teher 1500 kp-ra emelkedik, és ezért a hordkötelet 23–25 mm erősségűre kell választani. A vonókötel átmérője általánosságban változatlanul 9,5 mm marad. Az átlagban 27 LE-s motor 0,4–5,4 m/sec kötélsebesség esetén 340–4500 kp vonóerő kifejtését teszi lehetővé. A középpályás kötélدارu kocsijának súlya 70 kp, míg a hosszúpályásoké 130 kp. Mialatt 1000 m pálya-hosszúságnál általában naponta 50 m³-t tudunk leszállítani, igen hosszú vonalak esetén a napi teljesítmény kereken 35 m³-re száll alá. A középpályás kötél-daruk felszerelése már 500–700 m³ fatömeg esetén kifizetődik, hosszabb darupályák 1000 m³ esetén.

Általánosságban 1 csörlőkezelő és 4 segéderő szükséges. Mindig előnyös, ha 473

Műszaki jellemzők	Rövidpályás	Középpályás	Hosszúpályás
Legkedvezőbb hatótávolság	300 m-ig	1000 m-ig	2400 m-ig
Kívánatos hordkötél átm.	14 – 16 mm	18 – 20 mm	23 – 25 mm
A kötélterő háromszoros biztonság és 160 kp/mm ² kötélzilárság ese- tén	3900 – 5000 kp	6300 – 7800 kp	10.100 – 11.900 kp
Vonókötél átmérő	8,5 – 9,5 mm	9,5 mm	9,5 – 10,5 mm
Hasznos terhelés	0,5 – 0,7 Mp	0,8 – 1,0 Mp	1,2 – 1,5 Mp
Csörlőteljesítmény	6 – 12 LE	20 – 25 LE	25 – 30 LE
Szükséges vonóerő	2200 – 250 kp	2800 – 250 kp	3400 – 250 kp
Kötélssebesség	0,2 – 1,8 m/sec	0,4 – 4,4 m/sec	0,4 – 5,4 m/sec
Kocsiszerkezet súlya	35 – 50 kp	70 – 80 kp	130 – 150 kp
Átlagos napi teljesítmény 8 órás üzemnél	20 – 25 m ³	35 – 45 m ³	25 – 35 m ³
A felállításhoz szükséges legkisebb famennyiség	30 – 50 m ³	500 – 700 m ³	800 – 1000 m ³
Kiszolgáló személyzet	1+3	1+4	1+4

ilyen berendezések felállítása tapasztalt erdész vagy előmunkás felügyelete mellett történik, mivel ahhoz már megfelelő ismeretek szükségesek, melyekkel általában az erdei munkás nem rendelkezik.

Végezetül még egyszer meg kell állapítani, hogy a pályahossz és a legnagyobb terhelés mindenekelőtt meghatározza, hogy milyen kötélदारu-típust kell alkalmazni. Ettől ismételtelen függ, hogy milyen szerelési módot használunk, milyen hosszú ideig tart és milyen költségeket okoz. Egy hosszúpályás kötélदारu is jól tudunk alkalmazni a középpályás kötélदारu tartományában, pontosan úgy, mint ahogy a legtöbb kötélदारu csörlőjét vonszolásos közelítésre is fogjuk tudni használni. Azonban nem lehetséges, hogy egy kis kötélpályával hosszú pályán való mozgatást vigyünk véghez. Ezért a kötélदारu berendezések beszerzésénél teljes bizonyossággal meg kell állapítani, hogy a berendezéssel szemben – nemcsak az első alkalmazásának pillanatában – milyen követelményeket támasztunk.

Az erdőgazdasági kötélदारuk technikai jellemzőit a 4.22-III. táblázatban foglaltuk össze.

A kötélpálya daruk lényegében átmenetet jelentenek a kötélpályák és kötélदारuk között. Egyrészt végtelen vonókötéllal dolgoznak, ezért a pálya lejtésétől függetlenek, másrészt a terhet a pálya bármely pontján felvenni, illetve leadni képesek. Ezenfelül, ha az emelkedő kicsi, a kötélदारu üres vonóhorgának leeresztése csak jelentős pótsúlyok alkalmazásával lehetséges.

A kötélpálya daruk működési elve a következő: a zárt vonókötél a kocsiiban egy kötélhajtó korongra tekeredik, melyet egy kilincsmű tart zárva. Így a vonókötél a kocsi mozgatja, mivel azzal többé-kevésbé szilárd kapcsolatban van. Ha a kocsi az állítószervezetbe ütközik, a kilincsmű oldódik, és a kocsi az állítószervezetbe kapcsolódik. A vonókötél mozgatása most már a szabaddá vált korongot forgatja, amelynek tengelyére egy csörlődob van ékelve. A csörlődob kötele a horgot leereszti, illetve felemeli.

4.23 Kötélvonszolós módszerek

Kötélvonszolós módszereken értjük az erdészeti sodronykötéles anyagmozgatásnak azokat a megoldásait, melyek a vágástér kiürítésére szolgálnak, közbelső alátámasztás és gyakran hordkötél nélkül; a vágásterületen kívül

elhelyezett csörlő vonóerejének kihasználásával működnek. A fejlettebb hordkötele módszerek már a kötélدارuk határfelületén helyezkednek el, lényeges ismérvük azonban a közbeeső alátámasztások hiánya.

A vonszolás történhet a fatörzs megemelése nélkül, félig megemelt terheléssel és lebegő terheléssel.

A fatörzs megemelése nélkül végzett vonszolási munkánál is arra kell törekedni, hogy a vonókötél legalább kis szögben emelkedjék, hogy az ebből származó emelő komponens némileg csökkentse a súrlódó erőt és segítsen az esetleges akadályokon (kövek, tuskók) való áthaladásnál.

A vonóerőszükséget a tiszta vonszolásnál a legnagyobb, és legkisebb a lebegve szállításnál. A rendszer telepítési és szerelési munkáigénye viszont fordított. Ebből következik, hogy kisebb faanyagkoncentráció esetén inkább az előbbi, nagyobb koncentrációnál az utóbbi eljárás kifizetődőbb.

A vonóerőszükséget meghatározásánál a következőket vegyük figyelembe:

A fatörzs megmozdításánál jelentkezik a legnagyobb vonóerőszükséget. Ilyenkor a súrlódási tényező $f = 0,6 - 0,8$. Gyakran előfordul, hogy a törzs a talajhoz fagy. Néha a gallyazásból származó ághalmok ellenállását is le kell küzdeni. A súrlódási tényező mozgás közben, a talajtól és a fa kérgetől függően $0,5 - 0,7$.

A tiszta vonszolás vonóerőigényét a következő egyenletből számítjuk:

$$V[\text{kp}] = (Q + g \cdot l) \sin \alpha + Q \cdot f \cdot \cos \alpha \quad (4-3)$$

Ezenfelül a közelítéshez szükséges sebességre való felgyorsítás vonóerőszükségetét is vegyük figyelembe.

Ha a törzs elejét megemeljük, a vonóerőszükséget csökken. Lejtőn felfelé történő mozgathatásnál a vonóerőszükséget a 4.23-1. ábra szerint számítható ki a következő egyenletből:

$$V[\text{kp}] = (G_1 + G_2 + Q) \sin \alpha + \left(G_1 + \frac{G_2}{2} + \frac{Q}{2} \right) \cos \alpha \cdot f_1 + \frac{Q}{2} \cdot f_2 \cdot \cos \alpha,$$

ahol G_1 a kocsiszerkezet súlya;

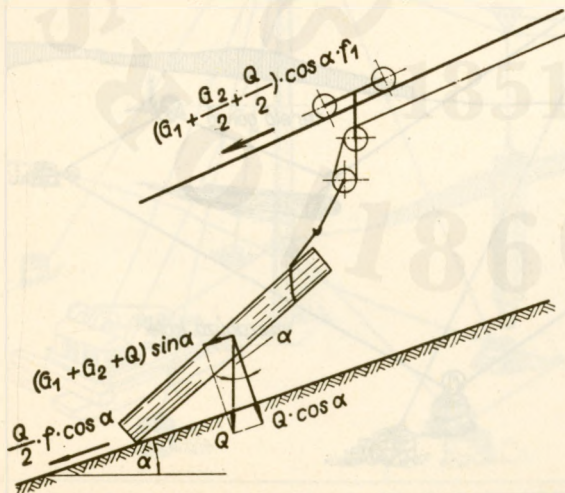
G_2 a vonókötél súlya ($g \cdot l$);

Q a törzs súlya, α a terep lejtőszöge;

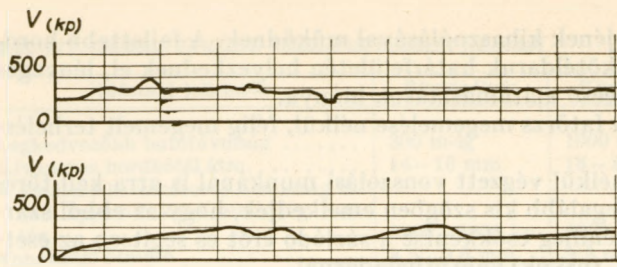
$f_1 = 0,02$ a kocsi gördülő súrlódása;

$f_2 = 0,5$ a törzs csúszó súrlódása a talajon.

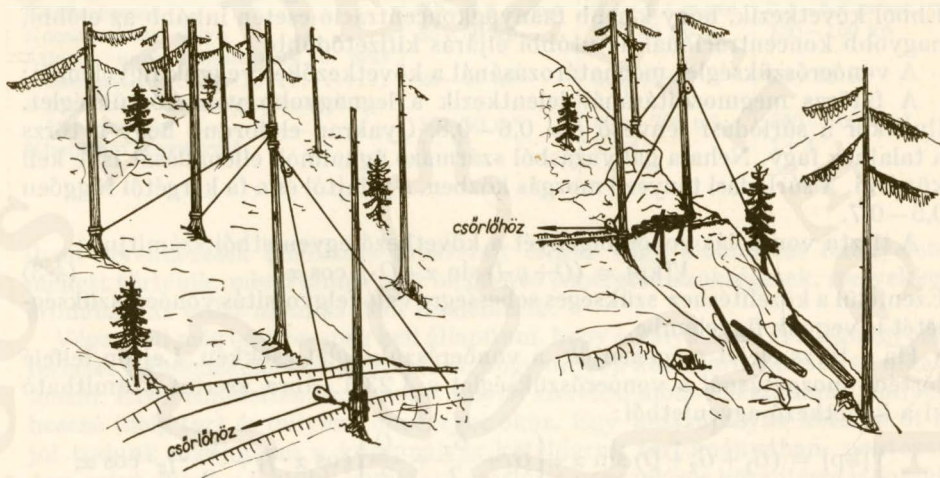
A vonszolás igen hullámzó erőszükségetét a 4.23-2. ábrán látható *Amsler*-féle dinamométer diagramokból ítéltethetjük meg.



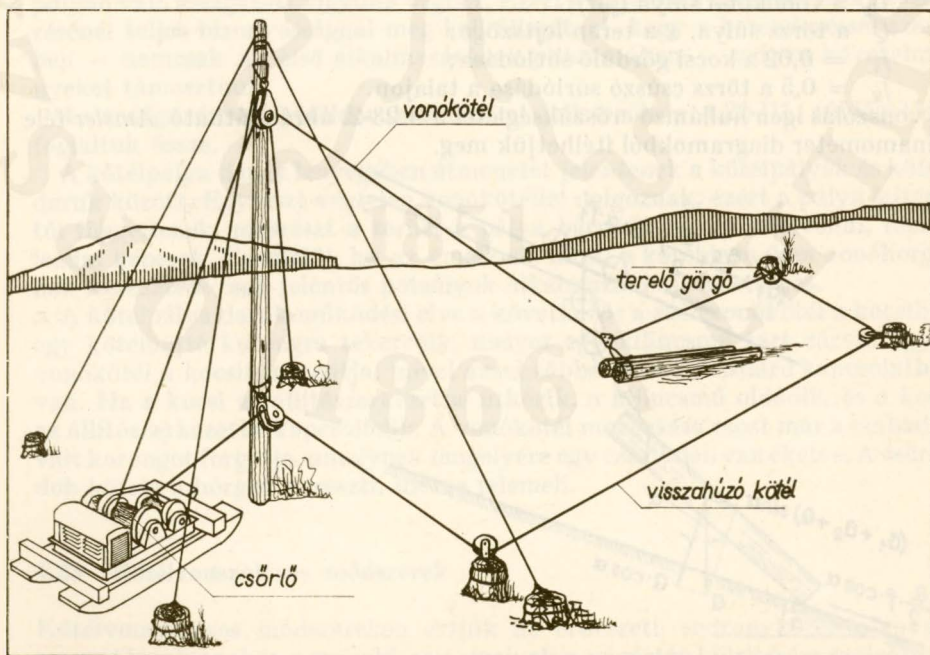
4.23-1. ábra. A vonóerőszükséget megállapítása



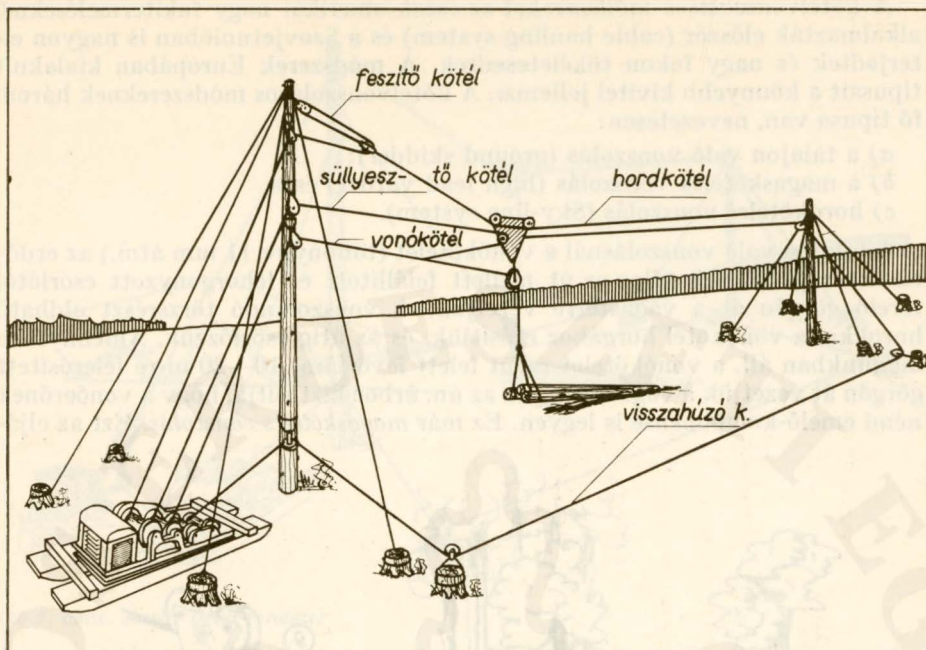
4.23-2. ábra. Amsler-féle dinamométer által regisztrált vonóerő értékek



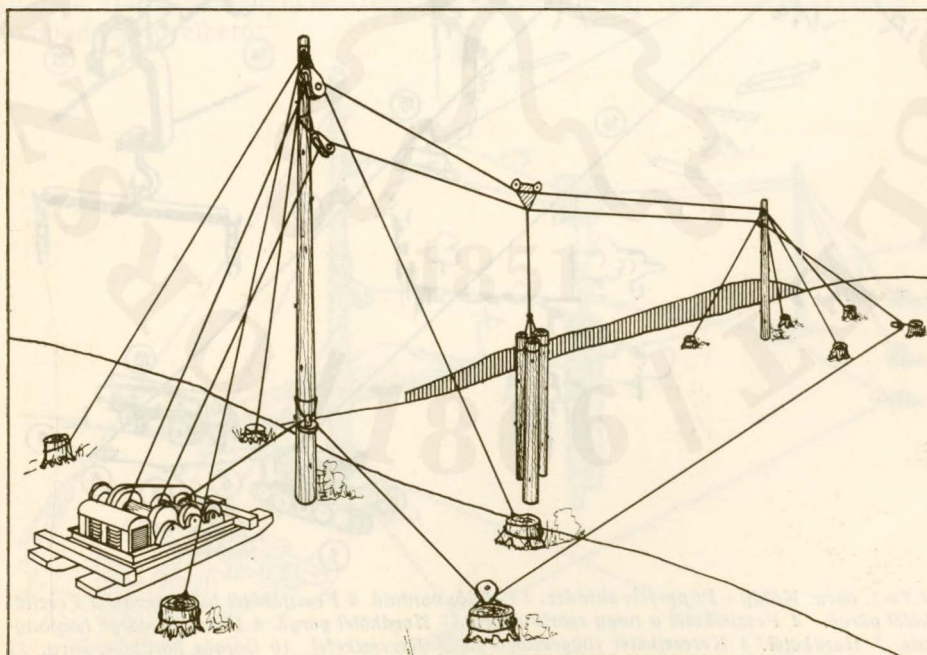
4.23-3. ábra. Magasköteles vonszolás hegyoldalban



476 4.23-4. ábra. Magasköteles vonszolás visszahúzó kötéssel



4.23-5. ábra. Interlocking skidder

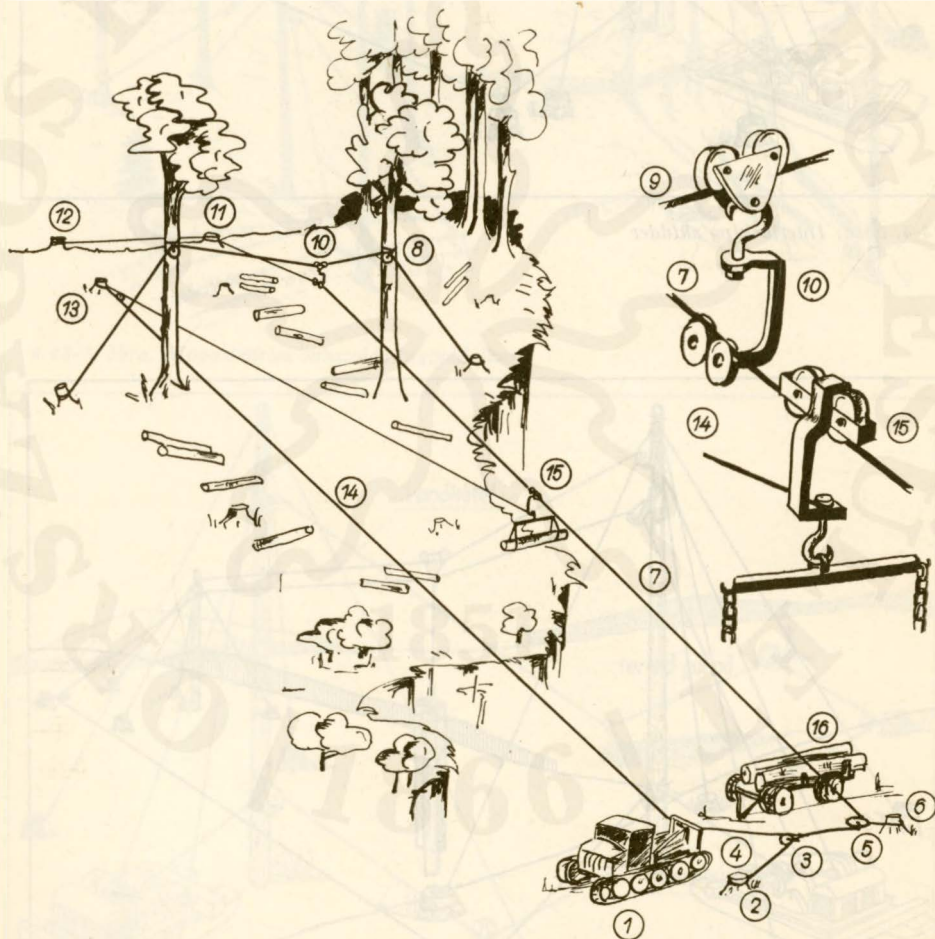


4.23-6. ábra. Slack line yarder

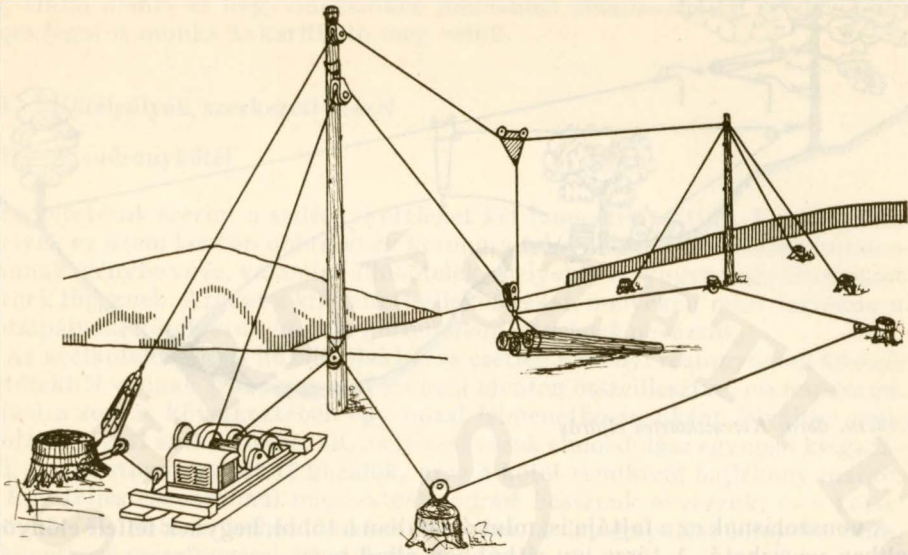
A kötélvonszolásos módszereket az észak-amerikai nagy fakitermeléseknél alkalmazták először (cable hauling system) és a Szovjetunióban is nagyon elterjedtek és nagy fokon tökéletesedtek. A módszerek Európában kialakult típusait a könnyebb kivitel jellemzi. A kötélvonszolásos módszereknek három fő típusa van, nevezetesen:

- a) a talajon való vonszolás (ground skidder);
- b) a magasköteles vonszolás (high lead yarder) és a
- c) hordköteles vonszolás (Sky-line system).

A talajon való vonszolásnál a vonókötelet (többnyire 11 mm átm.) az erdő-részleten kívül, lehetőleg az út mellett felállított és lehorgonyzott csörlőtől terelő görgőn át a vágástérre vezetjük. A vonszolandó törzsrészt oldható hurokkal a vonókötel horgához erősítjük, és az útig csörlőzzük. Amennyiben módunkban áll, a vonókötelet az út felett levő fára, 10–20 m-re felerősített görgőn át vezetjük a vágástérre. Ez az ún. árboc biztosítja, hogy a vonóerőnek némi emelő-komponense is legyen. Ezt már *magasköteles vonszolás*. Ezt az eljár-



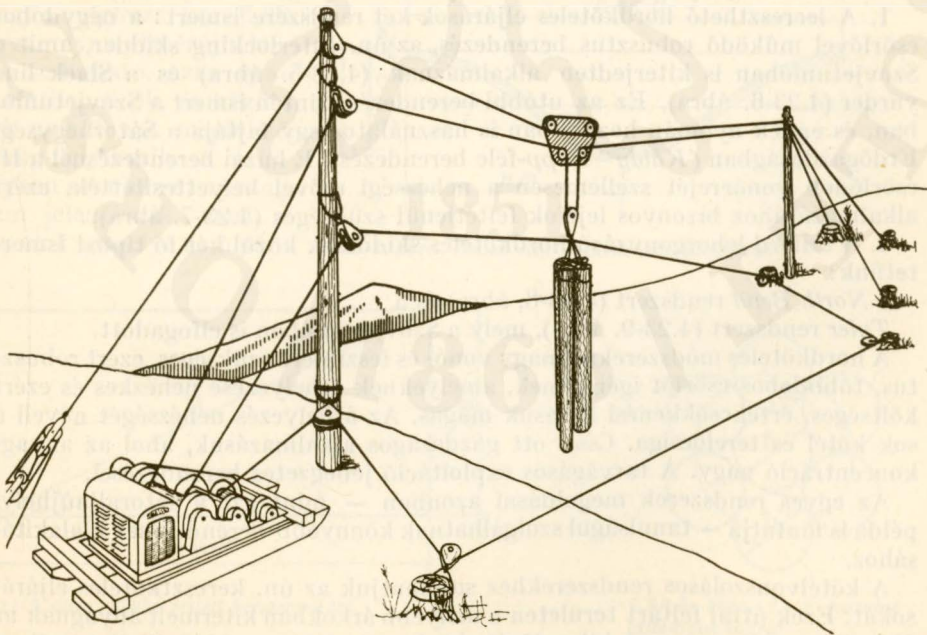
4.23-7. ábra. Káldy–Papp-féle skidder. 1 Csörlős vontató. 2 Feszítőkötél horgonyzás. 3 Feszítőkötél görgő. 4 Feszítőkötél a nagy csörlő dobról. 5 Hordkötél görgő. 6 Hordkötélgörgő horgonyzás. 7 Hordkötél. 8 Keresztkötél függesztőgörgő. 9 Keresztkötél. 10 Görgős hordkötél-saru. 11 Horgonyzás. 12 Horgonyzás. 13 Vonókötel görgő. 14 Vonókötel. 15 Kocsi. 16 Vontató pótkocsi.



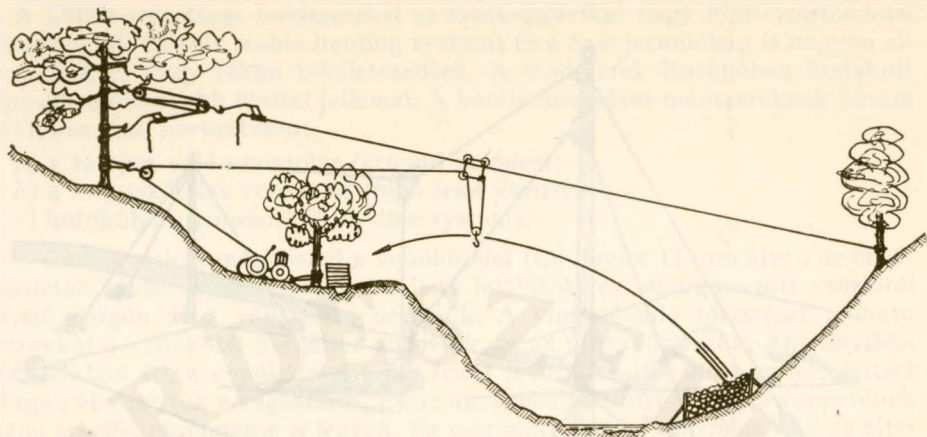
4.23-8. ábra. North Bend rendszer

rást legfeljebb 150 m távolsáig alkalmazhatjuk, mert távolabb az emelőkomponens hatástalanná válik, és az akadályokat nem tudja legyőzni. Több törzs rákapcsolása csak kedvező körülmények között ajánlható.

A vonókötelnek a vágástérre való visszavezetésére visszahúzó kötelet alkalmazhatunk, melyet a vágástér végén terelő görgőn vezetünk át. Ehhez természetesen egy második csörlődob szükséges. A vontatmányt egy munkásnak kell kísérnie, aki az akadályokon átsegíti. A visszahúzó kötel fékezésével az emelőkomponens növelhető.



4.23-9. ábra. Tyler rendszer



4.23-10. ábra. Keresztköteles eljárás

A vonszolásnak ez a fajtája is, mint általában a többi, hegynek felfelé előnyösebben végezhető. A törzs így ritkábban akad meg.

A napi elérhető teljesítmény 100 m távolságon 10–15 m³. A módszerhez 16–20 LE-s csörlő szükséges.

A teljesítmény emelhető, ha a faanyagot összehúzzuk, és egy vontató utat alakítunk ki, ahol az akadályokat (tuskók, kövek) eltávolítjuk. A költségek a teljesítmény növekedésével megtérülnek, és a gazdaságos alkalmazás határa 200 m-re növekszik. A vontatóút helyett csúsztató-szerű kiképzést is alkalmazhatunk.

A távolság növelése érdekében hordkötelet alkalmaztak. Az így kialakult eljárások két csoportra oszthatók: leereszthető hordköteles (Slack line system) és szilárd lehorgonyzású hordköteles eljárásokra (Tight line system).

1. A leereszthető hordköteles eljárások két rendszere ismert: a négydobos csörlővel működő robusztus berendezés, az ún. Interlocking skidder, amit a Szovjetunióban is kiterjedten alkalmaznak (4.23-5. ábra) és a Slack line yarder (4.23-6. ábra). Ez az utóbbi berendezés szintén ismert a Szovjetunióban, és ennek nyomán hazánkban is használatos egy fajtája a Sátorhegységi Erdőgazdaságban (Káldy–Papp-féle berendezés). E hazai berendezésnél a II. csörlődob vonóerejét szellemesen a nehézségi erővel helyettesítették, ezért alkalmazásához bizonyos lejtők feltétlenül szükséges (4.23-7. ábra).

2. A szilárd lehorgonyzású hordköteles skidderek közül két fő típust ismeretünk:

a North Bend rendszert (4.23-8. ábra) és a

Tyler rendszert (4.23-9. ábra), mely a Szovjetunióban is elfogadott.

A hordköteles módszereknél nagy vonó- és feszítőerő szükséges, ezért robusztus, többdobos csörlőt igényelnek, amelyeknek áthelyezése nehézkes és ezért költséges, értékcsökkenési leírásuk magas. Az áthelyezés nehézségét növeli a sok kötélszál és terelőcsiga. Csak ott gazdaságos alkalmazásuk, ahol az anyagkoncentráció nagy. A tarvágásos exploitáció jellegzetes berendezései.

Az egyes rendszerek megoldásai azonban – mint azt a sátoraljaújhelyi példa is mutatja – tanulságul szolgálhatnak könnyebb berendezések kialakításához.

A kötélvonszolós rendszerekhez sorolhatjuk az ún. keresztköteles eljárásokat. Ezek úttal feltárt területen a mélyebb árkokban kitermelt anyagnak az út szélére való egyszerű kihordását, közbeeső alátámasztás nélkül végzik el

(4.23-10. ábra). Céljaira a rövidpályás kötélदारu berendezései használhatók fel. Hazai domb- és hegyvidékeinken mindenütt alkalmazhatók és igen költséges fogatos munka takarítható meg velük.

4.3 Kötélpályák szerkezeti részei

4.31 A sodronykötél

Rendeltetésük szerint a sodronyköteleket két csoportra osztjuk. Futókötelek, melyek az üzem közben dobra vagy korongra tekerednek fel, és közben húzásra vannak igénybe véve, valamint állókötelek, melyeken a nyugvó vagy mozgatott terhek függenek. Azokat a kifeszített állóköteleket, melyeken mint tartókon a kötélpályák, kötélदारuk kocsjja gördül, *hordköteleknek* nevezzük.

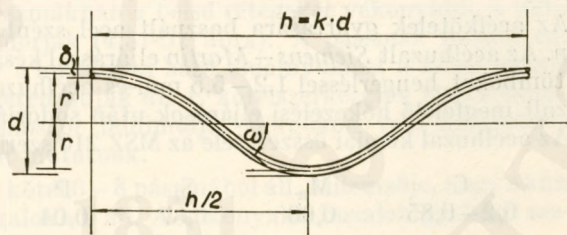
Az acélkötelek elemi huzalszálakból és esetleg növényi rostanyagból készült betétekből vannak szabályos csavarvonal mentén összeillesztve, összesodorva. Mivel a sodrás következtében egy huzal félmenethosszanként felváltva nyomott és húzott szakaszokból áll, mely szakaszok elmozdulása egymást kiegyenlíti, a sodratban egyesített huzalok, azaz a köté rendkívül hajlékony marad.

Egy teljes csavarvonal magasságát sodrási hosszának nevezzük, és a kötélméret (d) többszörösében szoktuk megadni. A hengerpalást kifejtése után, a következő összefüggések írhatók fel:

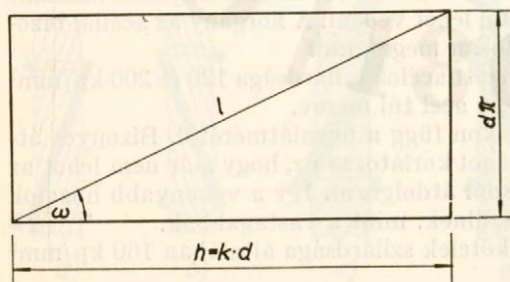
$$h = \frac{d \cdot \pi}{\operatorname{tg} \omega} \quad \text{és} \quad l = \frac{d \cdot \pi}{\sin \omega}$$

ω a sodrási szög. Értéke a köté felhasználása szerint általában 15° és 17° között változik. (4.31-1. és 2. ábrák.) A $\sec \omega = \xi$ az ún. sodrási tényező, melynek értéke 1,10–1,25 között mozog. A huzalokat a legkülönbözőbb rendszerben sodorhatjuk össze. A legkedvezőbb helykihasználású, vagyis a legkisebb átmérőjű az, ahol egy maghuzal köré hat másik huzalt sodrunk (4.31-3. ábra).

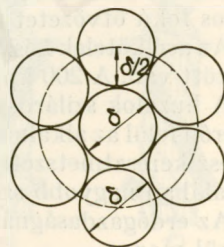
Az ábrából látható, hogy a maghuzal köré 6,28 ugyanolyan átmérőjű huzal sodorható, azaz gyakorlatilag 6 db, és közöttük a 0,28-nak megfelelő hézag keletkezik. A valóságban azonban ez a hézag nem jelentkezik, mert a huzalok tengelye nem pár-



4.31-1. ábra. Huzal elhelyezkedése a sodratban



4.31-2. ábra. Síkba fejtett hengerpalást



4.31-3. ábra. 1+6 huzalos szabályos sodrat

huzamos a kötél tengelyével, így a normális metszetek nem körök, hanem ellipszisek.

Az első huzalréteg fölé ismét sodorhatunk újabb huzalrétegeket, melyek hasonlóan követik az előadott törvényszerűséget, azaz a második rétegben 12 huzal sodorható be. Az egyes sodratokat az ún. sodrási képletekkel is szokás jellemezni, melyek az egyes besodort rétegekben levő huzalszámokat tüntetik fel.

$$\begin{aligned} \text{Így például lehet: } & 1 + 6 = 7 \\ & 1 + 6 + 12 = 19 \\ & 1 + 6 + 12 + 18 = 37 \text{ stb. huzalú kötél.} \end{aligned}$$

Ha a maghuzal helyett rostból van elhelyezve, az 1 számot h betűvel cseréljük fel.

Hogy egy huzal a másikkal egyforma terhet viseljen, a sodratban egyenlő hosszúnak kell lennie. Ezért a belső huzalrétegek sodrási szögét, az egyenlő csavarvonalhossz elérése érdekében meredekebbre szokás venni.

Újabb az ún. párhuzamos sodrású kötelekben ezt az elvet feladják, az így készült kötelek igen hajlékonyak.

A sodrat átmérőjének meghatározására a következő képlet használható:

$$d = \frac{n \cdot \delta}{3} + \delta$$

A sodratátmérőt körülforgatott tolmércével is szokás meghatározni.

Az acélkötél normál metszetében jelentkező fémes felület az ún. fémes keresztmetszet aránya a sodrat átmérőjéből számított keresztmetszet területéhez jó közelítéssel

$$F : F_d = 0,75$$

Az inercianyomatékok aránya átlagosan

$$I : I_d = 0,73$$

Az acélkötelek gyártására használt acél széntartalma 0,5–0,85% között van. Az acélhuzalt *Siemens–Martin* eljárással készült acéltömbökből készítik. A tömböket hengerléssel 1,2–5,5 mm-es acélhuzallá hengerlik. A hengerelt huzalt megfelelő hőkezelési eljárások után sodorják.

Az acélhuzal kémiai összetétele az MSZ 210 szerint:

C	M _n	S _i	P	S	P+S
0,2–0,85	0,60	0,37	0,04	0,04	0,07
%			maximális %-ok		

A kész huzalokat olaj- és zsírbevonattal kezelik. A nedves helyeken használt köteleket ezenfelül horganybevonattal lehet védeni. A horgany az acéllal bizonyos fokú ötvözetet képez, így tartósan megmarad.

Az acélkötelek készítésére alkalmazott acélok szilárdsága 120 és 200 kp/mm² között van. A 200 kp/mm² szilárdságú acél túl merev.

A huzalok szilárdsága bizonyos fokon függ a huzalátmérőtől. Bizonyos átmérőn felül az alkalmazható szilárdságot korlátozza az, hogy már nem lehet az egész keresztmetszetet a hideghúzásnál átdolgozni. Így a vékonyabb huzalok általában nagyobb szilárdsággal készülnek, mint a vastagabbak.

Az erdőgazdaságnál alkalmazott kötelek szilárdsága általában 160 kp/mm² körül mozog.

Ha egy központi acélhuzal köré rétegenként acélhuzalokat sodrunk, ún. *482 spirál* kötelet nyerünk. Ezek általában 3–6 mm átmérőjű huzalból készülnek.

Ha a külső réteget egymásba záruló idomhuzalokból készítjük, az ún. *zárt kötelet* nyerjük. A zárt kötél sima felületénél fogva kevésbé kopik. Gyártásához 120 kp/mm^2 szakítószilárdságú huzalokat használnak.

A spirál kötelek és a zárt kötelek között átmenetet képez a *félíg zárt* szerkezetű kötél, amelyben idomhuzalok és körszelvényű huzalok váltakoznak.

A spirál, zárt és félíg zárt köteleket általában állandó, illetve tartós használatra épülő pályáknál használják. Mivel szerelésük és szállításuk nehézkes, az áthelyezhető erdészeti pályákon nem alkalmazzák őket.

Erdészeti célokra főleg az ún. pászmás köteleket használjuk. A pászmás kötél rostból köré sodrott pászmákból áll. Egy-egy pászma acélhuzalokból készült olyan sodrat, ahol az egyes rétegek menetiránya azonos. A pászmákat sodorhatjuk azonos átmérőjű huzalokból vagy, a keresztmetszet jobb kihasználására, különböző átmérőjű huzalokból.

A pászmák száma a szabályos 6 huzalos sodratnak megfelelő.

A pászmák és a kötél sodrási iránya szerint a pászmás kötelek lehetnek:

1. Hossz-sodrású kötelek, ahol a pászmákba sodort huzalok és a pászmák sodrási iránya azonos.

2. Kereszt-sodrású kötelek, ahol e két sodrási irány ellentétes.

Mindkét kötél-sodrás lehet bal-, illetve jobbmenetű (4.31-4. ábra).

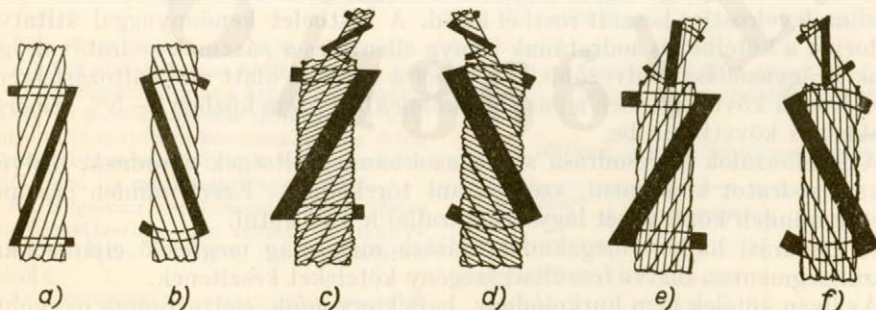
Az erdészetben használt acélkötelek nagy hajlító igénybevételnek vannak kitéve, ami vékony huzalokat kíván. A durva használat és a talajon való sűrűlódás ellenkező igényekkel lép fel.

Az egyenlő vastag huzalokból készült sodratoktól eltérően készülnek nem egyenlő átmérőjű huzalokból is sodratszerkezetek. Ezeknek célja a keresztmetszet jobb kihasználása, valamint a külső koszorúba sodort vastagabb huzalok esetén a nagyobb kopásállóság. Az ilyen kötelek az eltérő átmérőjű huzalok elhelyezkedésének biztosítására csak hossz-sodrásúak lehetnek. Ugyancsak egyenlő az egyes rétegek sodrási szöge is, azaz ezek a kötelek párhuzamos sodrásúak.

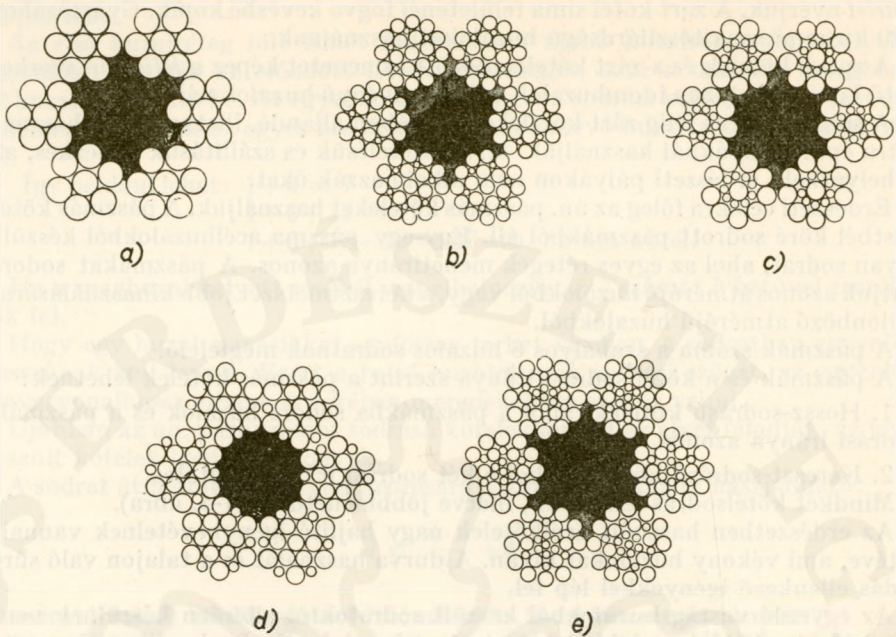
A különböző átmérőjű huzalokból készült szerkezetek a következők:

a) *Seale-szerkezeteknél* a pászmákban a belső rétegeket vékonyabb, a külsőket vastagabb huzalokból sodorják (4.31-5c ábra). A pászmák huzalai egymást nem keresztezik, és így a huzalokra ható oldalnyomást a külső huzalok a belső huzalokra nagy felületen adják át. E kötél-szerkezetek élettartama a szabályos szerkezeteket háromszor felülmúlja. Görgőkön való átvezetésénél igen kedvező tulajdonságokat mutatnak.

b) *A Warrington-szerkezetű kötél* 6–8 pászmából áll. Jellemzője, hogy a külső réteg különböző átmérőjű huzalokból áll. A vékonyabb huzalok gyakran szakadnak. Használata nem terjedt el (4.31-5d ábra).



4.31-4. ábra. Sodrási irányok értelmezése. a) Jobb menet. b) Bal menet c) Jobb menetű hossz-sodrású. d) Bal menetű hossz-sodrású. e) és f) Kereszt-sodrású kötelek



4.31-5. ábra. Különböző kötél szerkezetek. a) Egyszerű sodrat. b) Töltőhuzalos szerkezet. c) Seale szerkezet. d) Warrington szerkezet. e) Compound szerkezet

c) A töltőhuzalos kötél szerkezetek a keresztmetszetet jól kihasználják, de mivel a külső rétegben nincsenek vastagabb huzalok, kopásállósága nem veszi fel a versenyt a Seale-szerkezettel (4.31-5b ábra).

d) Bolond-szerkezetek hasonlóak a Seale-szerkezetekhez, csak belső mag helyett többszálú sodrat van. Párhuzamos sodrással készülnek. Igen hajlékonyak.

e) A compound kötél szerkezeteknél az egyes huzalrétegekben levő huzalok átmérői eltérők (4.31-5e ábra).

Külön kell megemlékeznünk az ún. *pázmáspirális kötelekről*, melyek Herkuleskötél néven is kerülnek forgalomba. Ezek többnyire 19–37, egyenként hét huzalból sodrott pázmából állnak, melyek a spirálkötélhez hasonlóan rostbél nélkül vannak kötélle szembe sorolva. A viszonylag vékony huzalai a vastagabb huzalú spirálkötélle szemben nagyobb szilárdsággal készülhetnek.

Mint említettük, a pázmák közé a kötél hajlékonyságának növelésére többnyire kenderből vagy egyes külföldi köteleknél sisalból (*Agave americana sisalina* levélorostja) készült rostbél kerül. A rostbelet kenőanyaggal átítatva sodorják a kötélbe, és sodratának iránya ellentétes a pázmák sodratával, így azok beágyazódása kedvezőbb. A rostbél a terhelés alatt alakváltozást szenved. Ennek következtében a pázmás kötelekben üzem közben 2–5% átmérőcsökkenés következik be.

Az acélhuzalok összesodrása során azokban feszültségek ébrednek, melyek a kész sodratot kicsavarni, szétbontani törekednek. Ezért minden pázsma, illetve minden kötél végét lágy acélhuzallal le kell kötni.

A kisodrasi hajlam megakadályozására manapság megfelelő eljárásokkal feszültségmentes, illetve feszültségzegény köteleket készítenek.

Az ilyen kötelek nem hurkolódnak, hajlékonyságuk, élettartamuk nagyobb, kezelésük kedvezőbb. Daruköteleknél a káros teherforgás kisebb mértékig következik be.

A feszültségmentesítésre különböző eljárások vannak. E helyen a huzalok előalakítását említjük meg.

A *sodronykötelek szakítóerejét* illetőleg a következő három fogalommal kell megismerkedni:

1. Számított szakítóerő = a huzalszálak előírt (névleges) átmérőjéből számított fémes keresztmetszet szorozva az előírt (névleges) szilárdsággal;

2. megállapított szakítóerő = huzalok száma szorozva a huzalok egyenkénti szakítása útján megállapított tényleges szakítóerők átlagával.

Ennek megfelelően a megállapított szilárdság = a megállapított szakítóerő osztva a névleges fémkeresztmetszettel.

3. Tényleges szakítóerő = egy darabban levő kötél szakításához szükséges erő.

Ennek megfelelően a tényleges szakítószilárdság = tényleges szakítóerő osztva a névleges fémkeresztmetszettel.

A tényleges szakítóerő mindig kisebb a kötélbe sodort huzalok szakítóerejének összegénél. Az eltérés, az ún. sodrási veszteség 8–18%-ot is elérhet.

A sodronykötelek elaszticitási modulusza (E_k) eltér a huzalok acélanyagának elaszticitási moduluszától (E). Annál mindig kisebb.

$$E_k = \nu \cdot E, \text{ ahol } \nu \text{ módosító tényező.} \quad (4-4)$$

Rá kell mutatnunk arra, hogy a sodronyköteleknek, mint inhomogén szerkezeteknek, elaszticitási modulusza – számos körülménytől függően – széles határok között ingadozik. Ilyen körülmények pl. a huzalok szilárdsága, elaszticitási modulusza, a rostbél minősége, a kötél szerkezete, az üzemi viszonyok, valamint az, hogy a kötél mennyi ideig volt üzemben. Így a kötél E moduluszát igen nehéz állandó értékkel jelölni.

Az E moduluszt illetőleg elsősorban idézzük a 2654–53 MSZ megállapításait:

A szabvány szerint a huzalok E modulusza 19 000–20 000 kp/mm² között változik, míg a kész köteleknél a következő elaszticitási moduluszsal számolhatunk:

Kerekpázmás kötelek egy kenderbéllel	10 000–12 000 kp/mm ²
Kerekpázmás kötelek egy acélmaggal	12 000–13 500 kp/mm ²
Spirál és zárt kötelek	15 000–17 000 kp/mm ² .

A 4-4. formula ν módosító tényezőjére az irodalomban a következő adatokat találhatjuk:

Dukelszky szerint: $\nu = 0,35 - 0,60$, vagy $\nu = \cos^4 \varphi \cdot \cos^4 \psi$, ahol φ a pászmák sodrási szöge a kötélben és ψ az elemi szálak sodrási szöge a pászmában.

Gulizsavili szerint: $\nu = 0,38$,

Marik–Bernhardt-féle képlettel számolva, ahol

$$\nu = \frac{n \cdot a}{n+1} \cdot \frac{i}{i+1} \cdot b, \text{ n az elemi szálak száma a pászmában, i a pászmák száma és}$$

$$a = \frac{\cos^3 \varphi}{1 + \frac{\sin^2 \psi}{3}}; \quad b = \frac{\cos^3 \varphi}{1 + \frac{a \cdot \sin^2 \varphi}{\cos \varphi}}$$

Th. Wyss szerint: $\nu = 0,35 - 0,37$.

A kötél alakváltozása kétféle lehet („Engineering Data for Uses of Wire Rope”):

a) Meghosszabbodás a kenderbél összenyomódása és a sodrás elhelyezkedése következtében. Ez a hosszabbodás néhány szori kifejtés után majdnem konstans. Ez az érték a kenderbél méreteitől és a kötél szerkezetétől függ. Ez megközelítőleg: 0,005 l.

b) Rugalmas meghosszabbodás a fémes keresztmetszetben. Az idézett kézikönyv ennek értékére a 4.31-I. táblázat adatait ajánlja.

Az E modulusz helyszíni meghatározására erdészeti kötélدارuk kerekpázmás hordkötelei esetében *dr. Henzel J.* végzett kísérleteket.

4.31-I. táblázat. A módosító tényező értékei

Kötélszerkezet	$E_k \cdot \nu$ (kp/cm ²)	ν
6(1+9+9)	1 113 000	0,54
6(1+6)	985 000	0,47
6(1+6+12)	912 000	0,435

MSZ 2640 – 53
DIN 69203/1944
567/1957
GOSZT 3069/55
ÖNORM M 9537

Névleges kötél- átmérő	Egy hu- zalszál névleges átmérő- je	Összes huzalok kereszt- metszete	1 m kö- tél szá- mított súlya	130	140	150	160	180	200
				kp/mm ² névleges huzal szakítószilárdság esetén az acélkötél számított szakítóereje kp					
mm	mm	mm ²	kg						
13,—	1,4	65,—	0,62	8430	9080	9750	10400	11700	13000
14,—	1,5	74,—	0,70	9600	10340	11100	11840	13320	14800
15,—	1,6	84,—	0,80	10900	11750	12600	13440	15120	16800
16,—	1,7	95,—	0,90	12340	13300	14250	15200	17100	19000
17,—	1,8	107,—	1,02	13900	14980	16050	17120	19260	21400
18,—	1,9	119,—	1,13	15460	16650	17850	19040	21420	23800
19,—	2,—	132,—	1,25	17140	18480	19800	21120	23760	26400
20,—	2,1	145,—	1,38	18820	20290	21750	23200	26100	29000
21,—	2,2	160,—	1,52	20800	22390	24000	25600	28800	32000
22,—	2,3	174,—	1,66	22600	24350	26100	27840	31320	34800
23,—	2,4	190,—	1,81	24700	26580	28500	30400	34200	38000
24,—	2,5	206,—	1,96	26750	28830	30900	32960	37080	41200
27,—	2,8	259,—	2,46	33650	36220	38850	41440	46620	51800

Az acélkötelek általában szabványosítva vannak. A szabványosított kötelekről szerkezetenként táblázatok készülnek, amelyek a kötelek kiválasztásához szükséges adatokat tartalmazzák (4.31-II. táblázat).

A sodronykötelek hagyományos kenőanyaga a tökéletesen kreosot- és savmentes bitumen. Ezt a gyártáskor forrón hordják fel és a kötél kifogástalan időjárásállékonyosságát biztosítja. A kötélből meleg nyári napokon kipréselődő bitumen később lehülve a csigákban és a futókocsiban üzemzavarokat okozhat. A felszerelt kötelek utólagos kenésére ásványi szurokból elszappanosított kenőanyagot használnak. Újabbban különböző „Fluid” kenőanyagokat állítanak elő erre a célra. Pl. az osztrák „Viscolite-fluid”. A motorolajjal való kenés hatástalan!

Az acélkötelek kenésére alkalmas kenőanyagokat az MSZ 13 241 – 58 írja elő.

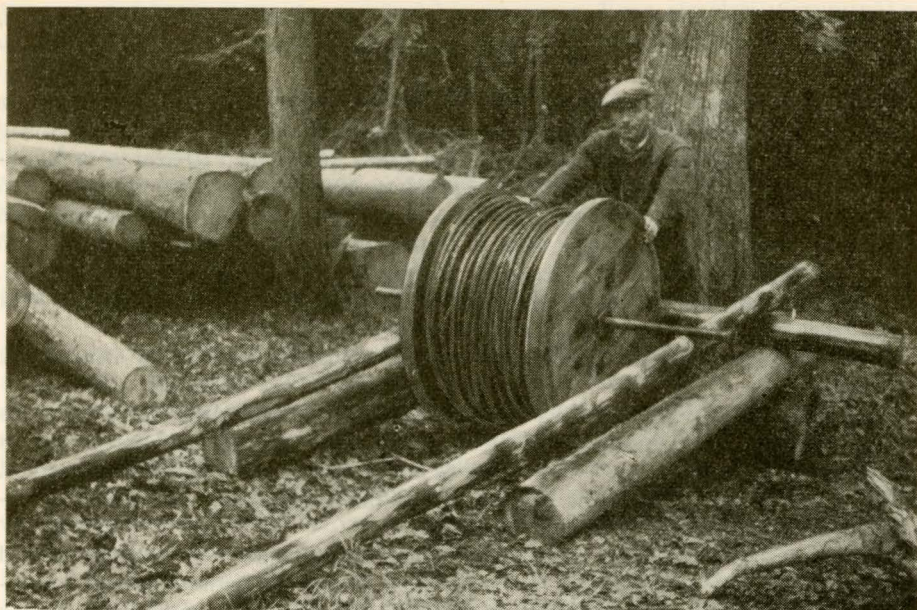
A sodronykötelek szállítása. A sodronykötelet újra felcsavarva kell szállítani. A dobátmérő legalább 1000 – 1400-szorosa legyen az elemi szál átmérőjének és 120 – 130-szorosa a kötélátmérőnek. A kötélvégeket lágyvashuzallal 4 – 5 cm hosszan le kell kötni. A lekötésre alkalmazott vashuzal mérete másfél mm legyen. Használatbavétel alkalmával a köteleket a dobról gondosan le kell göngyölni. Gondatlan legöngyölnés eredményeképpen a kötélén hurkok, majd a meghúzás után ún. „knik”-ek keletkeznek, melyeknél az elemi szálak a beálló állandó alakváltozás miatt megsérülnek és jelentékenyen kisebb terhelést bírnak el, a görgőkön ütődnek és rövid idő alatt tönkremennek.

A kötélidobok készülhetnek sajtolt acéllemezből vagy fából.

A köteleket a gyárak szállítás előtt vizsgálatnak vetik alá. Ezeknek eredményeiről ún. műbizonylatokat adnak.

Az acélköteleket általában 4 – 8 hetenként gondosan le kell tisztítani és újból kell kenni.

A kenőanyag mennyiségének meghatározására a következő tapasztalati adatot vehetjük alapul: fm-enként az átmérő minden mm-e után 3 g kenőzsírt



4.31-6. ábra. Kötélszállító dob

használjunk. A kenőzsírt ecsettel kell rákenni a kötéltre. A kötelek élettartamát helyes kezeléssel és kenéssel 3–5-szörösére emelhetjük.

A sodronykötelek élettartama. A sodronykötelek élettartamát emelhetjük, ha a célnak megfelelő szerkezetet választunk ki, elhelyezését, szerelését szakszerűen végezzük, karbantartásukra gondot fordítunk, üzem közben lelkiismeretesen vizsgáljuk őket.

A kötéllélettartamára nem annyira az igénybevétel, azaz a használat abszolút mértéke, hanem annak intenzitása mértékadó. Az áthelyezhető erdészeti kötélpályák hord- és vonóköteleinek élettartamára nagymértékben befolyással bír a le- és felszerelés szakszerű végrehajtása, az üzemben kívül levő kötélgondos tárolása, csapadéktól, nedvességtől való megóvása.

Osztrák adatok szerint egy pászmás hordkötél, hosszúpályás kötélardunál 20 000 m³ leszállítását bírja ki, míg a vonókötél, ugyanannál a berendezésnél 3 000 m³-ig tart el.

A hordkötél szilárdsági számítását a tengelyirányú húzóerőre szokás végezni, így a kötélcsere akkor szükséges, ha a kötélcseres terület, így szakítóereje jelentősen csökken.

A huzalok bizonyos hosszúság után ismét részt vesznek a hordásban. Ez az ún. újrahordási távolság a fonási hosszal függ össze. Az újrahordási távolság kb. 20 fonási hosszúnak felel meg, a fonási hossz pedig kb. 10-szerese a kötélatmérőnek. Tehát a legnagyobb újrahordási távolságra, azaz 200 *d*-re eső huzaltörés-szám mutat rá a kötélcseréjére. Így adódik az állandó pályákra az az előírás, hogy ahol a kötélatmérő 200-szorosának megfelelő hosszban a külső szálak 50%-a szakadt, a hiányos kötélszakaszt ki kell cserélni.

Véleményünk szerint az áthelyezhető kötélpályák hord- és vonókötélnek selejtezési előírásait a jövőben kell kialakítani.

Erdészeti kötélpályák köteleinek kiválasztására a következő irányelvek adhatók:

Hordkötélnek a gyakori fel- és leszerelés megkönnyítése érdekében pászmás vagy ami ennél jobb, pászmás spirál kötelet szokás alkalmazni. A spirális és zárt kötelek a szerelésre érzékenyebbek és a gyakori áthelyezésük körülményes. A pászmás és pászma-spirális kötelek rövidebb élettartamát a szerelési költségek ellensúlyozzák.

A pászma-spirális kötélcseréjének modulusza alacsony, ami a szilárd lehorgonyzású pályáinknál hat kedvezően. A szorító hevederekkel jól befogható, a kocsikereke alatt kevésbé deformálódik, az elszakadt szálak nem lépnek ki a pászmából. Hátrányai: az elszakadt szálak felkeresése nehéz, toldása a pászmás kötélnél körülményesebb.

A vonókötéllel szemben ellentmondó kívánalmak lépnek fel. Mivel a rakomány emelésénél a kocsigörgőn is átfut, finom szálúnak kell lennie. Mivel gyakran a talajon csúszik, nagyobb kopásellenállást, tehát vastagabb huzalátmérőt kíván.

Az általános kötélpálya építése a vonókötélek méretei, valamint a korongok, illetve görgők átmérői között az alábbi összefüggéseket állapítja meg:

Állandó pályák	Kötéldaruk	Áthelyezhető kötélpályák
$\frac{D}{\delta} = 800$	500	550
$\frac{D}{d} = 80$	40	60

A magyar előírások az átfogási szög nagyságától is függővé teszik ezt az összefüggést.

Az erdészeti gyakorlatban ezek az értékek alig tarthatók be. Itt két eset közül kell választani: vagy számolunk azzal, hogy ezeknek az értékeknek átlépésével a vonókötél élettartama csökken, vagy a görgőket és csörlődobokat a megadott aránynak megfelelően választva olyan méreteket kapunk, mely a pálya áthelyezhetőségét és a futókocsi alkalmazhatóságát teszi lehetetlenné. Így kötéldaruknál és általában az erdészeti anyagmozgatásban meg kell elégedni a 200/20-as aránnyal.

Meg kell jegyezni, hogy a kötélcserélés szempontjából mindig a legkisebb görgő a mértékadó.

Mivel a kötelek kopása kb. az egyes huzalok felületének arányában következik be, a vonókötélek élettartama megközelítőleg úgy aránylik egymáshoz, mint az egyes huzalátmérők négyzete. Így

$\delta = 1 \text{ mm}$ és $\delta = 0,6 \text{ mm}$ -es kötelek összehasonlításánál:

Azaz az első kötél élettartama közel háromszoros. Ezen elméleti viszonynál a valóság valamivel kedvezőbb a vékony elemi szál javára a jobb hajlítási lehetőségek miatt.

Véges vonókötelenknél jelentős igénybevételt jelent még a kisodródásra való hajlandóság. Ezt részben feszültségszegény kötelek alkalmazásával, részben a teherhorog felett alkalmazott forgó pereccel csökkenthetjük.

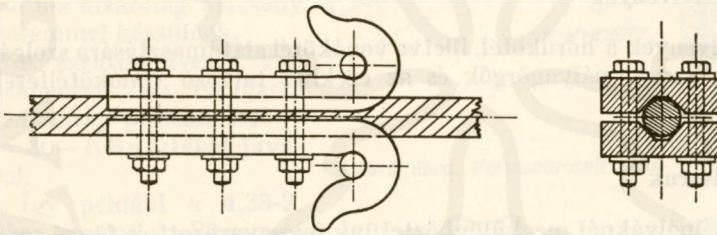
A vonókötetek részére éppen a felületi kopásállóság érdekében a *Seale* szerkezetek ajánlhatók.

4.32 A kötélzorítók és egyéb kötélvégződések

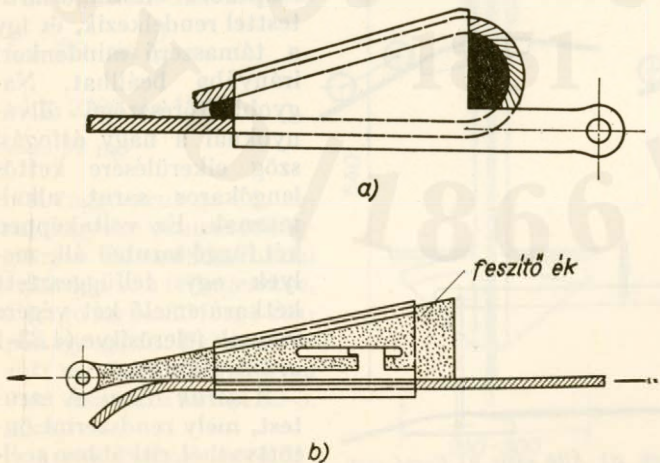
A kötélzorítók általában a horgonykötélnek a hordkötélhez való kapcsolására szolgálnak, de használják őket egyéb kötéلكapcsolásoknál is.

A kötélzorítók egyrészt súrlódásos kapcsolatban állanak a hordkötéllel, másrészt horgokkal, kapcsoló szemekkel, esetleg görgőkkel vannak ellátva a horgonykötél, illetve a feszítőkötél bekapcsolására.

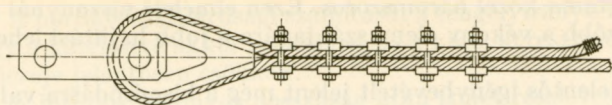
A kötélzorító lényegében egy hevederpár, melynek középvonalában a kötélvastagságnak megfelelő hornyot találunk, melynek falai 45° -ban hajlanak egymáshoz. A hornyot ékszíjhatással fogja a kötelet. A hornyot úgy kell kiképezni, hogy a köté a horonyalaphoz ne érjen hozzá. A hevederpárt csavarok szorítják össze. A kötélzorítóval felvehető húzóerőt illetőleg hivatkozunk *dr. Pestalra*, aki szerint 1000 kp kötélterő felvételére $4,5 \text{ cm}^2$ acélszavarral keresztmetszet szükséges.



4.32-1. ábra. Kötélzorító heveder



4.32-2. ábra. Kötélzorító csatok (a+b)



4.32-3. ábra. Kötélsülök

4.32-I. táblázat. *c* értéke Bleichert szerint

<i>d</i> mm	5	15	25	35	45
<i>c</i>	1,35	1,00	0,82	0,74	0,71

végződéseket ún. kötélzorító kengyelek segítségével képezzük ki. A kötélevéget lemezből vagy öntvényből készült, ún. kötél szív köré hajlítjuk és a ráhajtott véget a szorító kengyelekkel a másik kötélzárhoz szorítjuk. Az így kialakított ún. kötélcsülök (4.32–3. ábra) által felvehető kötélerő, Czitary professzor szerint:

$$S [\text{Mp}] = \frac{i^2}{c},$$

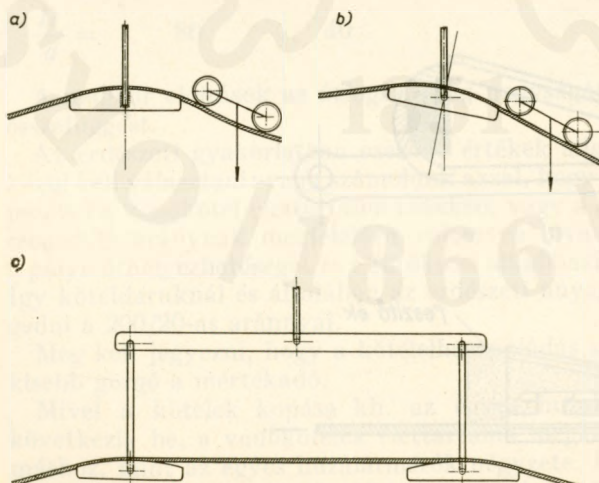
ahol *i* a szorító kengyelek száma, *c* a kötéllátmérőtől függő tényező (lásd a 4.32-I. táblázatot).

4.33 Állványszerelvények

Az állványszerelvények a hordkötél, illetve vonókötél alátámasztására szolgálnak. Ilyenek: a saruk, pályagörgők és az ezekhez tartozó vonókötélterelő villák.

4.331 Hordkötélsaruk

Az erdészeti kötélpályáknál megkülönböztetünk felcsavározott és függő sarukat. Általában az utóbbiakat használjuk. Mindkét rendszer lehet álló vagy



4.33-1. ábra. Sarurendszerek. a) Álló saru. b) Forgó saru. c) Lengőkaros saru

A csavaros kötélzorító hosszadalmas felhelyezésének elkerülésére osztott hevedereket is alkalmaznak.

Alárendeltebb célokra, különösen rövidpályás kötéldaruknál a 4.32-2. ábrákon látható kötélzorító csatok használatosak.

Különösen kisebb átmérőjű pászmáskötél

forgó saru. A forgó saru csap körül elforduló sarutesttel rendelkezik, és így a támaszerő mindenkori irányába beállhat. Nagyobb törésszögű állványnoknál a nagy átfogási szög elkerülésére kettős lengőkaros sarut alkalmaznak. Ez voltaképpen két függő saruból áll, melyek egy felfüggesztett kétkarú emelő két végére vannak felerősítve (4.33-1 a, b és c ábra).

A saruk részei. A sarutest, mely rendszerint öntöttvasból, ritkábban acél-öntvényből vagy kisebb,

főleg rövidpályás kötél-
daruknál hengerelt lemezből
készül. A sarutest ho-
ronnyal van ellátva, mely
a hordkötél vezetését biz-
tosítja. A horony sugara
spirálkötélnél 1–2 mm-
rel, pászmás hordkötélnél
mintegy 25%-kal nagyobb
legyen, mint a kötélke-
resztmetszet sugara. A ho-
rony alakját úgy válasszuk
meg, hogy a kötélnél az át-
mérő 2/3-ad részének meg-
felelő hosszön érintkezzék
a horonyfenékekkel.

Régebbi saruknál a ho-
rony pereme magasabb
volt, a horony a kötelet
elfedte úgy, hogy a kocsi
áthaladásakor a kerekek
a peremen feküdtek fel.
A kocsik káros lökéseket
szenvettek, így áthelyez-
hető erdészeti pályáink sa-
rui ma kizárólag alacsony
peremmel készülnek.

A sarutest ívesen van
kiképezve. Az ívsugárra
Dukelszky professor $R =$
 $= 80 - 100 d$ értéket java-
sol.

Így például a 4.33-2.
ábra szerint $d = 22$ mm-es
hordkötél és 26° -os kötél-
törésszög esetén a saru
hossza, ha $R = 100 \cdot 22$ mm

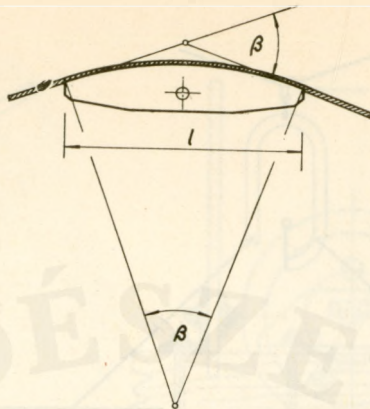
$$l = 2R \cdot \sin \frac{\beta}{2} =$$

$$= 2 \cdot 2200 \sin 13^\circ =$$

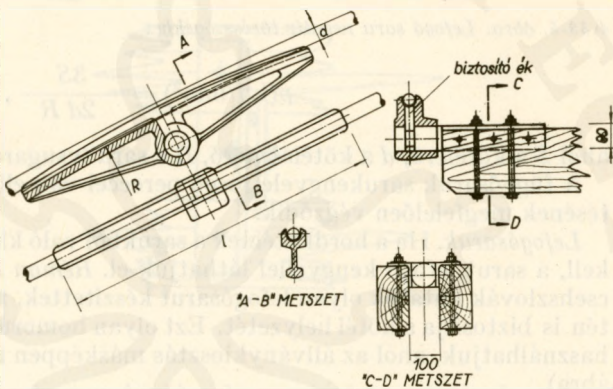
$$= 0,99 \text{ m.}$$

A függősaruk az ún. sa-
rukengyelre vannak felfüg-
gesztve. Ez az állósaruknál
szilárdan van felhességzve,
a forgó saruknál forgó csa-
pon nyugszik. Felcsavaro-
zott saruknál az állványra
van csavározva (4.33-3.
ábra).

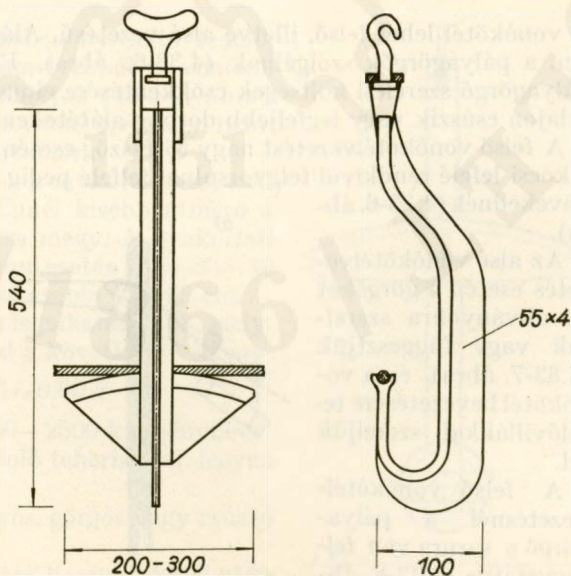
A rövidpályás kötél-
daruk függő sarui álló saru-



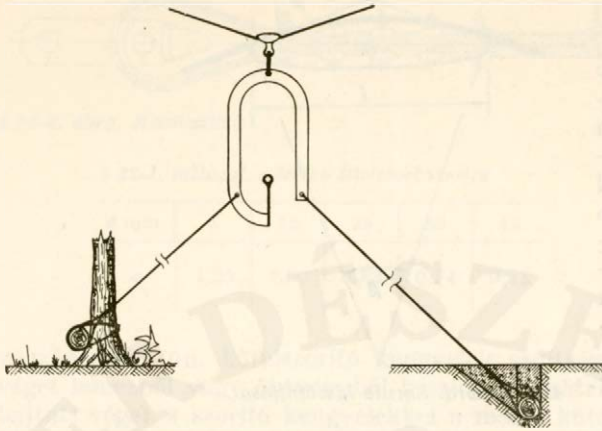
4.33-2. ábra. Saruív kiszámítása



4.33-3. ábra. Felcsavározott saru



4.33-4. ábra. Függősaru álló sarutesttel, hengerelt anyagból



4.33-5. ábra. Lefogó saru negatív törésszögekhez

$$p(\text{kp/mm}^2) = \frac{3S}{2dR},$$

ahol S a kötélterő, d a kötélátmérő, R a saru ívsugara.

A függősaruk sarukengyele forgó perccel van ellátva, mely a saru felerősítésének megfelelően végződik.

Lefogósaruk. Ha a hordkötélnék a sarukból való kiemelkedésével számolnunk kell, a sarut lefogó kengyellel láthatjuk el. *Réman Z.* és *Schlaghammersky A.*, csehszlovák kutatók olyan lefogósarut készítettek, mely negatív törésszög esetén is biztosítja a kötélt helyzetét. Ezt olyan homorú hossz-szelvényű pályákon használhatjuk, ahol az állványkiosztás másképpen nem oldható meg (4.33-5. ábra).

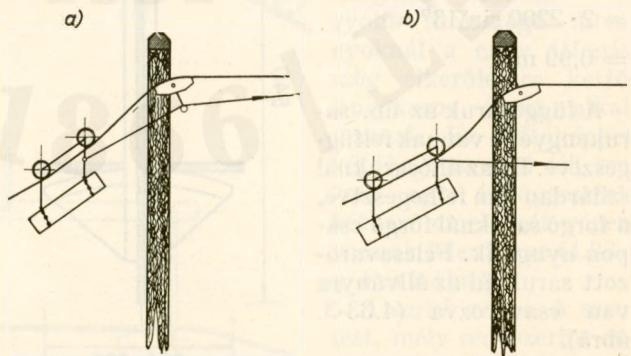
4.332 Pályagörgők és vonókötélterelő villák

A vonókötél lehet felső, illetve alsó vezetésű. Alátámasztására mindkét esetben a pályagörgők szolgálnak (4.33-6. ábra). Egyszerűbb szerkezeteknél a pályagörgő szerelési költségek csökkentésére elmarad. Ilyenkor a vonókötél a talajon csúszik vagy legfeljebb dorong alátéteken.

A felső vonókötélvezetést nagy törésszög esetén használjuk, ahol egyébként a kocsi lefelé rendkívül felgyorsulna, felfelé pedig a hordkötél igénybevétele növekednék (4.33-6. ábra).

Az alsó vonókötélvezetés esetén a görgőket az állványokra szereljük vagy függesztjük (4.33-7. ábra), és a vonókötél bevezetésére terelővillákkal szereljük fel.

A felső vonókötélvezetésnél a pályagörgő a sarura van függesztve (4.33-8. ábra).

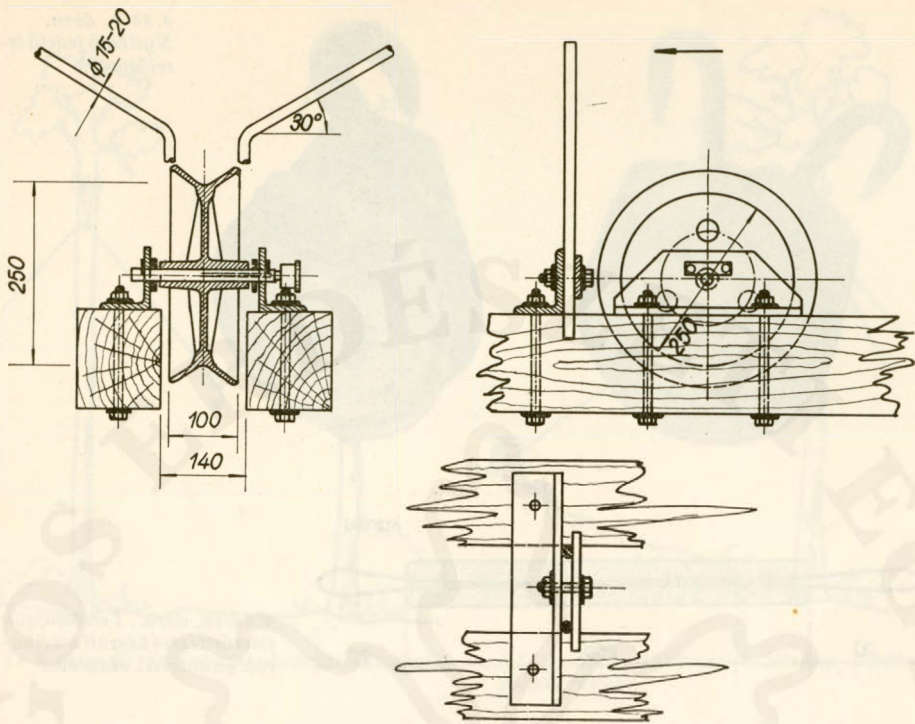


4.33-6. ábra. Vonókötél helyzete nagy törésszögök esetén. a) Felső vezetés. b) Alsó vezetés

testtel készülnek. Ezáltal súlyt takarítunk meg, a saru keskenyebbre készülhet, mely a kocsiszerkezet egyszerűsítését teszi lehetővé.

Egyszerű hegesztett kivitelű álló, függesztett sarut a 4.33-4. ábrán mutatunk be.

A sarufelületre ható nyomás *Dukelszky* szerint a 30 kp/mm^2 -t ne lépje túl. Nagysága a következő képlettel számolható:



4.33-7. ábra. Pályagörgők terelővillákkal

A vonókötélnek a pályaszakaszon kívül való vezetésére szolgálnak az ún. terelőgörgők. Ezekkel vezetjük a vonókötetet a csörlőhöz, de használjuk őket a rövidpályás kötélदारuk záróállványánál és a különböző kötélvonszolásos rendszereknél is.

A könnyebb szerelés érdekében nyitható fedelű, zárt görgőket használunk, amelyekből a vonókötetet átbújtatás nélkül kiemelhetjük (4.33-9. ábra).

A görgők horonymérete és átmérője nagy befolyással van a kötelek élettartamára.

Az átmérő az alkalmazott sodronykötél elemi szálának 400-szorosa legyen. Ennél kisebb átmérő a kötélt élettartamának rovására megy. A gyakorlati tapasztalatok szerint $d=12$ mm esetén $D=30-40$ cm és $8-9,5$ mm kötélatmérő esetén $15-25$ cm.

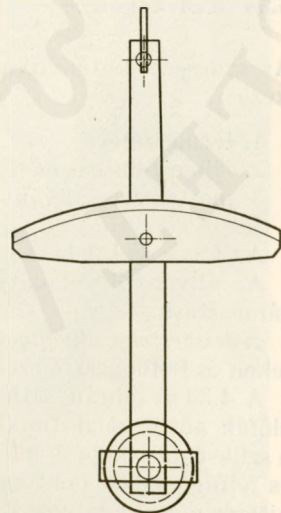
Az a félkör alakú horony a legalkalmasabb, melynek sugara a kötélatmérővel a következő viszonyban áll:

$$R = 0,53 \sim 0,60 d$$

A terelőgörgő hornyát $1000-2500$ kp igénybevételre szokás méretezni. Hasonló teherbírású legyen a többi alkatrész is.

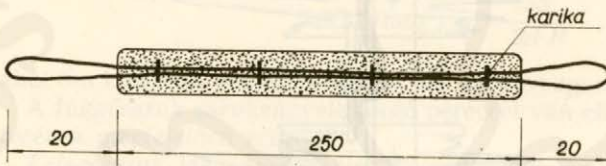
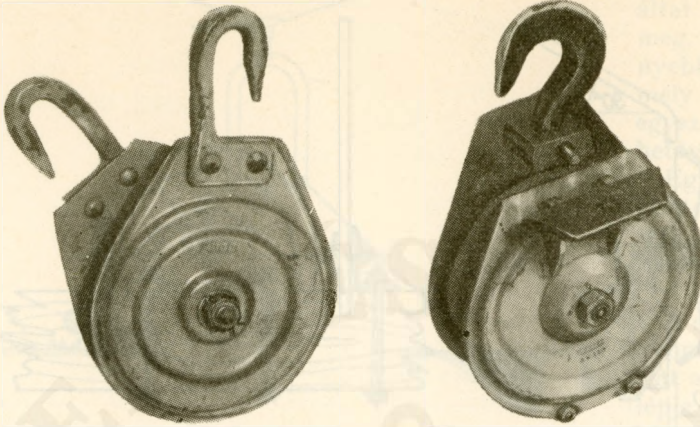
A görgők készülhetnek golyós, görgős vagy csúszó csapágyakkal.

Megtörténik, hogy az utoljára használt kötélt után élek és bevágások maradnak a görgő hornyában.



4.33-8. ábra. Függsarura szerelt pályagörgő felső vonókötél vezetéshez

4.33-9. ábra.
Nyitható fedelű te-
relőgörgők



4.33-10. ábra. Terelőgörgők
felerősítésére készült kötélhu-
rok gumitexitl védőívvel

Ezeket a sérüléseket új köté alkalmazása előtt ajánlatos leosztárgálni, vagy ha túlzottak, a görgőt kicserélni.

A terelőgörgőknek élőfára való felfüggesztésére a 4.33-10. ábrán látható védőövet használhatjuk.

4.34 Állványok

Az erdészeti kötélpályáknál használatos állványok három csoportja a következő:

1. természetes;
2. fél mesterséges és
3. mesterséges állványok.

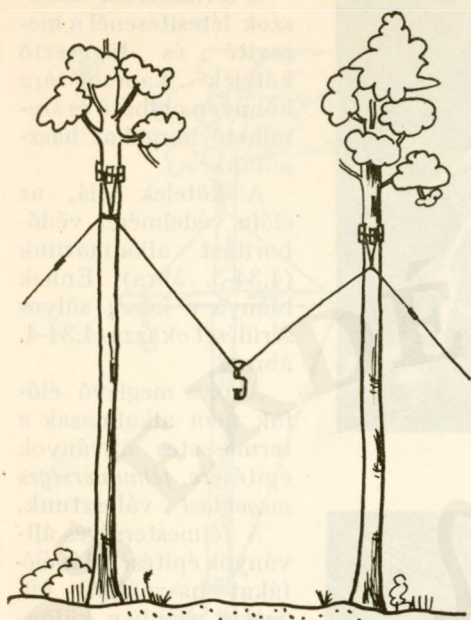
Az állványok lehetnek átmenők vagy végállványok.

Az állványok feladata minden esetben a saruk felfüggesztése, illetve alátámasztása.

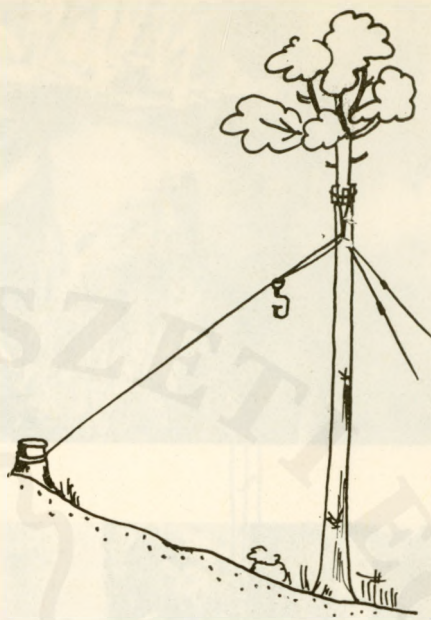
A természetes állványokat élőkák segítségével létesítjük és azokhoz acélkötelek és felfüggesztő szerelvényeken kívül más anyagot nem használunk.

A 4.34-1. ábrán látható állványhoz a pályatengely két oldalán található élőkák közül választunk ki egyet-egyét, melyeket a keresztkötél két végével a szükséghez képest oldalt tuskókhoz lehorgonyozzuk. Az összes horgonyzási és felfüggesztési pont egy síkba essék. A nagyobb pályáknál, az oldalirányú kitérés megakadályozására további lehorgonyzásokat alkalmazunk.

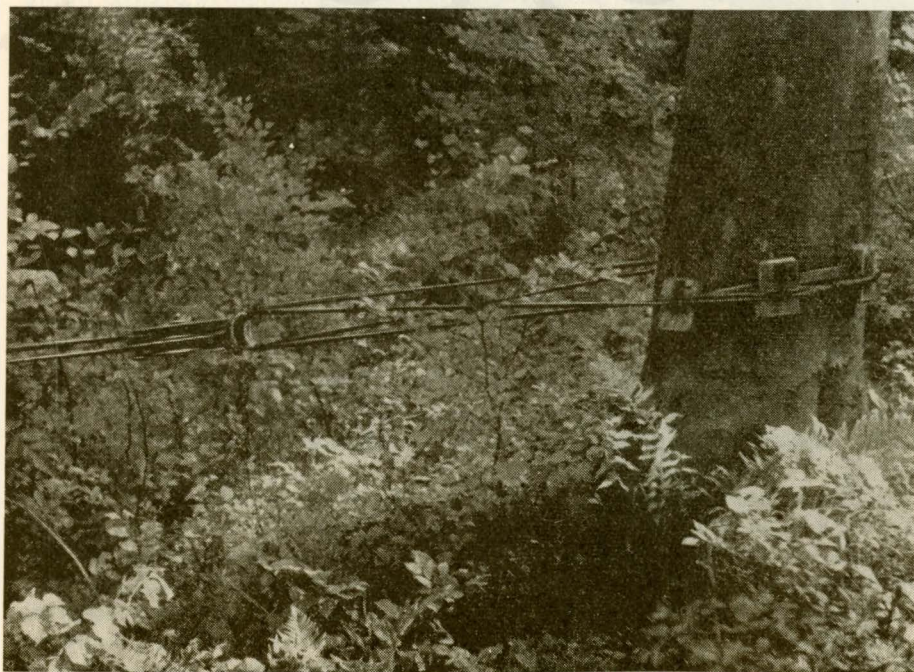
Kisebb pályáknál használjuk a 4.34-2. ábrán látható típust. A sarut a merevítő köté ferde ágára akasztjuk és egy másik kötével merevítjük a kívánt helyzetben.



4.34-1. ábra. Keresztköteles természetes állvány



4.34-2. ábra. Természetes állvány kisebb pályák részére



4.34-3. ábra. Védőborítás élő fán



a



b

4.34-4. ábra. Kéregsérülést okoz a védőborítás nélkül felsavart kötél

A természetes támaszok létesítésénél a merevítő és függesztő kötelek kapcsolására könnyen oldható és szerelhető horgokat használunk.

A kötelek alá, az élőfa védelmére, védőborítást alkalmazunk (4.34-3. ábra). Ennek hiánya a kéreg súlyos sérülését okozza (4.34-4. ábra).

Ahol a meglevő élőfák nem alkalmasak a természetes állványok építésére, *félmesterséges megoldást* választunk.

A félmesterséges állványok építésénél is élőfákat használunk fel, azokat azonban különböző módon gömbfákkal vagy faragott fákkal egészítjük ki. A 4.34-5a és b ábra ilyen megoldásokat mutat be.

Az állvány alapja mindkét esetben egyetlen élőfa, melyet keresztducclal egészítünk ki, illetve nagyobb igénybevétel esetén kihajlás ellen egy másik törzzsel merevítjük.

Rövidpályás kötél-daruknál alkalmazható

egyszerű megoldásokat mutat be a 4.34-6a és b ábra.

Vékonyabb fákat a 4.34-7. ábrán bemutatott feszítődücsos megoldással használhatunk fel.

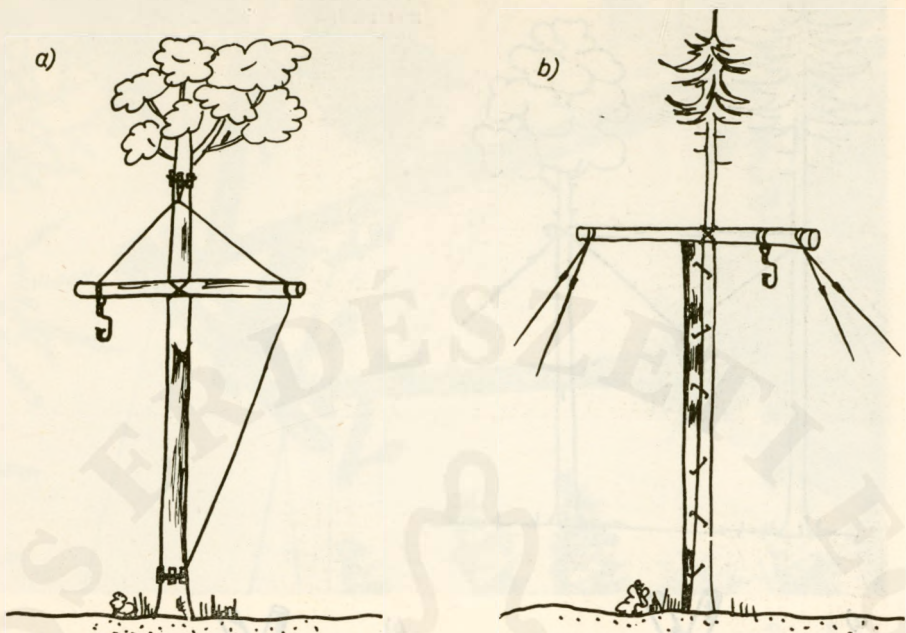
Azokon a helyeken, ahol élőfák nem állnak rendelkezésünkre, *mesterséges állványokat* emelünk. Ezek a mesterséges állványok a kötélpálya jellege szerint egészen egyszerű szerkezetektől az állandó konstrukciókig terjednek.

Legegyszerűbb szerkezetek a merevítő kötelekkel kihorgonyozott A alakú állványok (4.34-8a és b ábra) és a háromlábú állvány (4.34-9. ábra).

Összekapcsolásukra egyik végén csavarmenettel és anyacsavarral ellátott, másik végén beverhető, hegyben végződő kapcsok használatosak.

A mesterséges támaszok gyakori alakjait a 4.34-10a és b ábrákon láthatjuk.

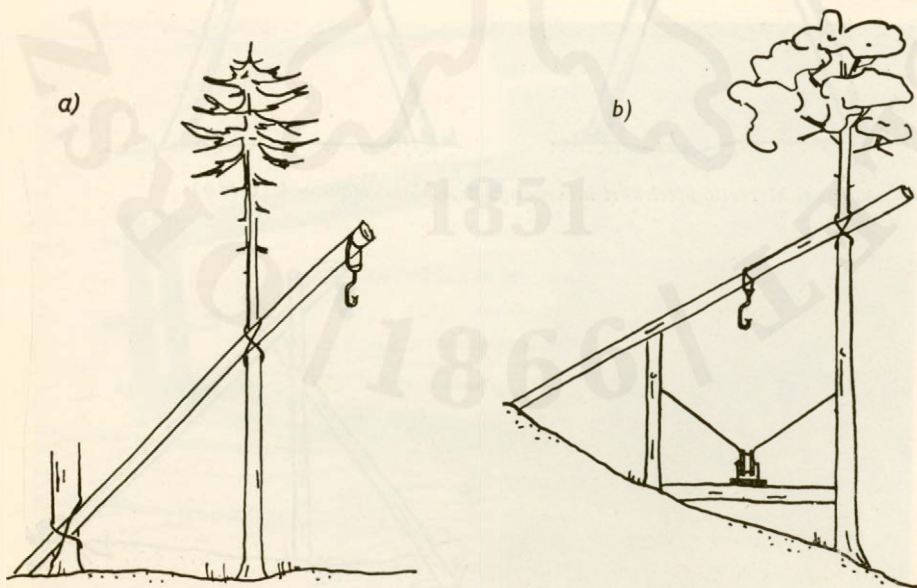
A lehorgonyzás előtt rendszerint áthaladást nem biztosító végállványokat használunk. Mivel a végállványnál a kötél törésszöge, így a támaszerő is nagyobb, ezeket megerősített kivitelben kell készíteni (4.34-11a és b ábra).



4.34-5. ábra. Félmesterséges állványok egyetlen élőfa felhasználásával. a) Erősítés nélkül. b) Kihajlás ellen megerősítve

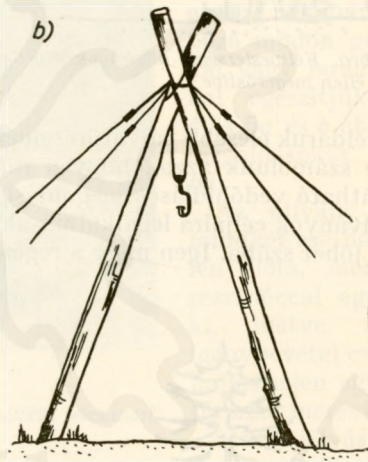
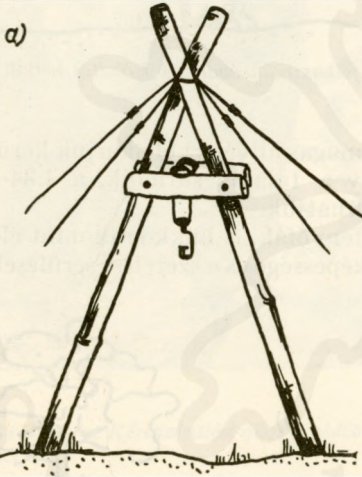
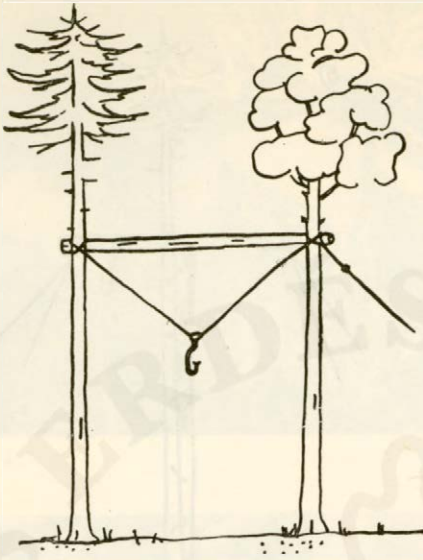
A kötélدارuk élesebb pályatöréseinél, ha a magas állványt el akarjuk kerülni és eleve számolunk azzal, hogy a rakomány a talajon súrlódik, a 4.34-12. ábrán látható védőhidlós megoldást választhatjuk.

Az állványok céljaira legalkalmasabbak a fenyőfák. A bükk csak mint élőfa állvány jöhet szóba. Igen nagy a regeneráló képessége és a szerelési sérüléseket

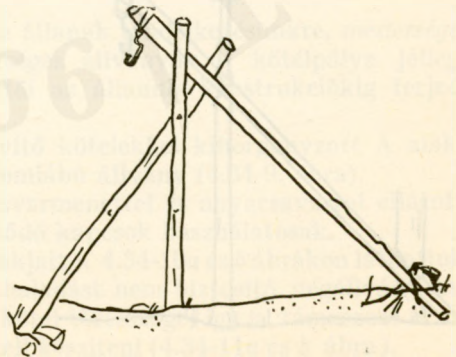


4.34-6. ábra. Egyszerű félmesterséges állványok

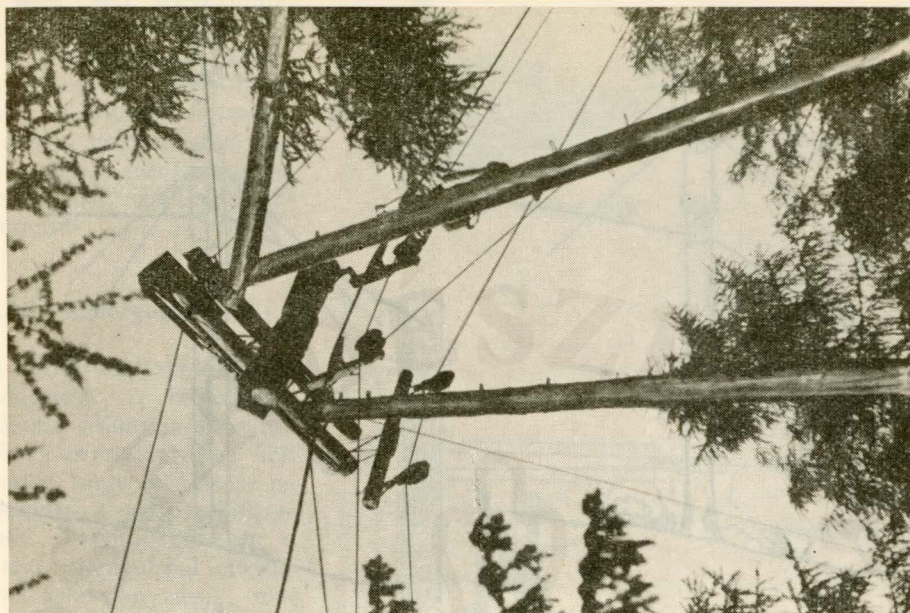
4.34-7. ábra. Két vékony törzset feszítő dúccal merevítünk



4.34-8. ábra. Merevítő kötelekkel kihorgonyzott A alakú állványok (a és b)



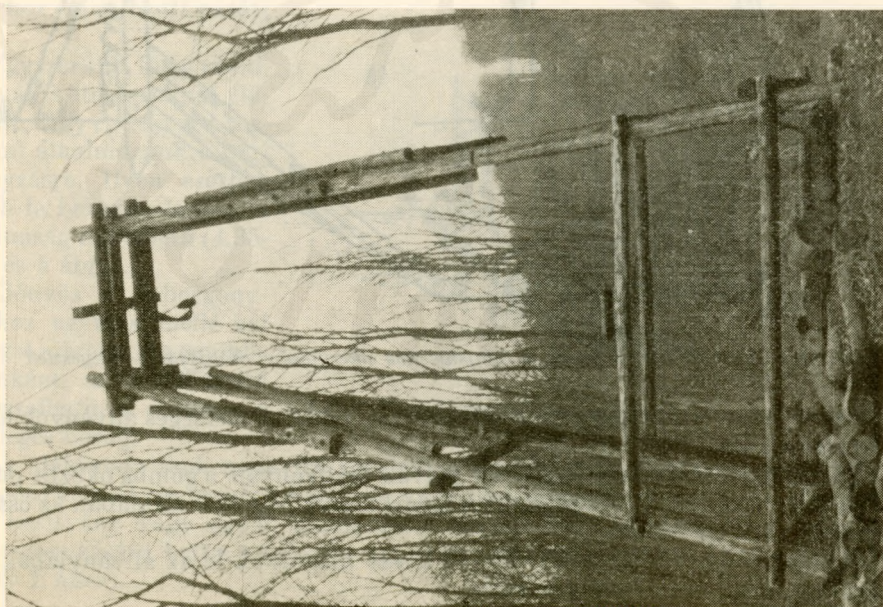
498 4.34-9. ábra. Egyszerű háromlábú állvány

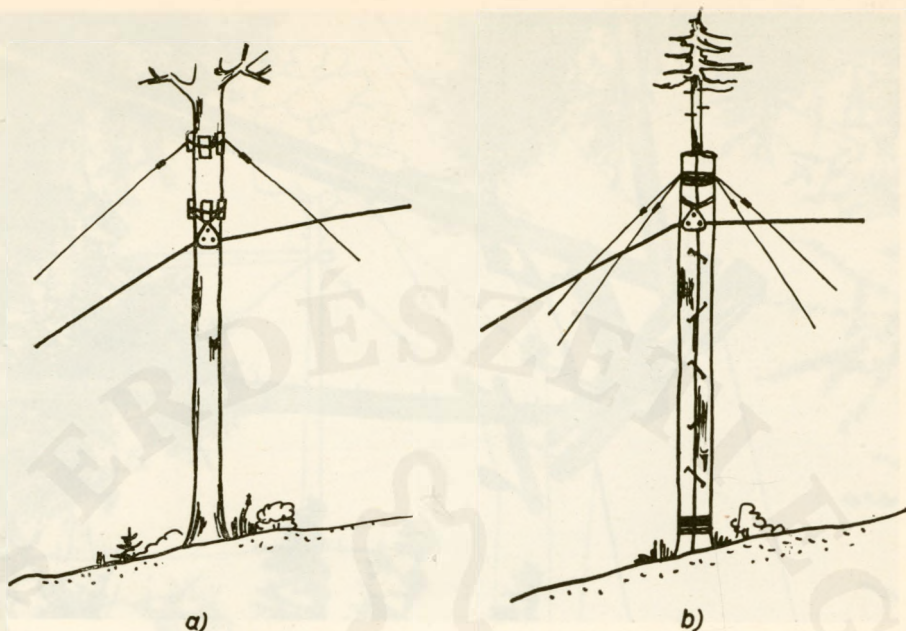


a

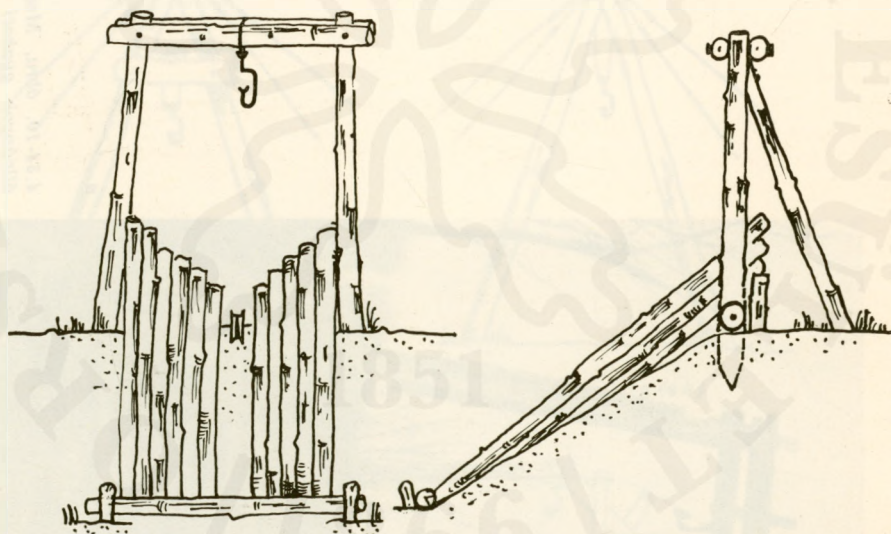
b

4.34-10. ábra. Mesterséges állványok gyakori alakjai (a és b)





4.34-11. ábra. Élőfa végállványok. a) Egyszerű. b) Erősített kivitelű



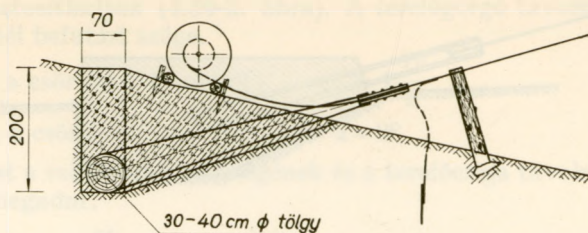
34-12. ábra. Védőhidlásos állvány, a talajsúrlódás elkerülése. Pályajörgő süllyesztett

könnyen kiheveri. A tölgy mind természetes, mind mesterséges állványok létesítésére alkalmas.

Hosszabb időtartamra felállított pályák faállványait a gomba okozta pusztítás ellen védeni kell. Különösen a csavarkötések helyét és általában az összes fakötéseket kell védeni.

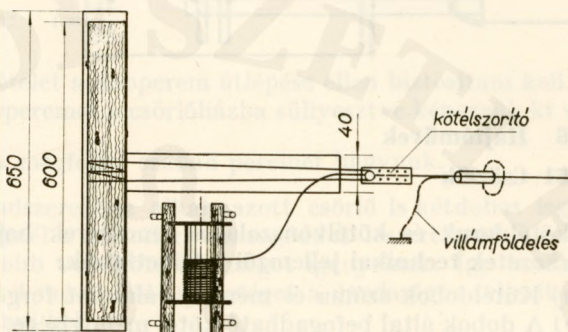
A mesterséges állványokat 30–40 cm-re alapozzuk le az állványlábak elmozdulásának megakadályozására.

Meg kell jegyeznünk, hogy az előadottakon kívül rendkívül sok változata adódik az állványoknak. A különböző szerkekkel a helyi adottságokhoz kell, a gazdaságosság szem előtt tartásával, igazodnunk.



4.35 Kihorgonyzások

A hordkőtelet ki kell horgonyozni. A kihorgonyzásnak könnyen szerelhetőnek és egyszerűnek kell lennie, hogy előállítása ne terhelje a pálya költségét. Legelőnyösebbek a helyi anyagokból előállított kihorgonyzások, melyek szintén lehetnek természetesek és mesterségesek.

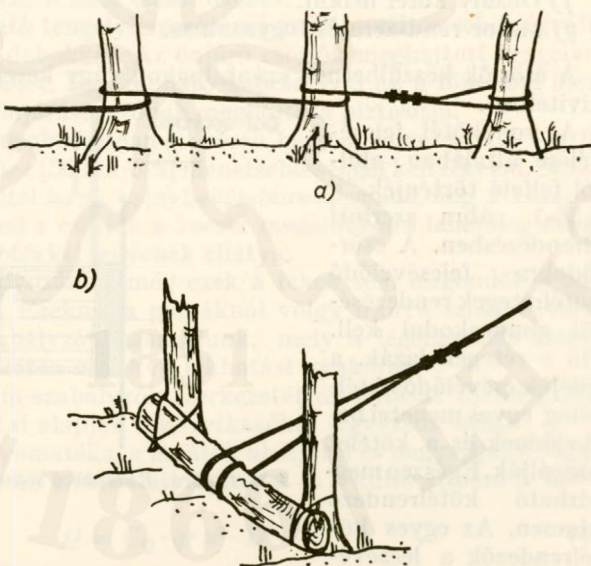


4.35-1. ábra. „Holt ember” kihorgonyzás

A legegyszerűbb és legjobban bevált mesterséges kihorgonyzás az ún. *holt ember* (4.35-1. ábra). A horgonytest 30–40 cm átmérőjű gömbfa, esetleg vasbeton sínalj vagy egyéb vasbeton elem, esetleg egymáshoz csavarozott vasúti sín.

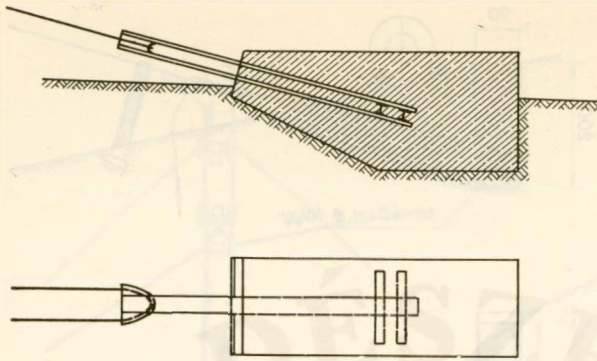
Egyszerűbb, főleg rövidpályás kötélदारuknál élőfákat vagy egészséges tuskókat alkalmazunk kihorgonyzásra. Ilyen esetben több fa bekapcsolásával a biztonság növelhető (4.35-2a, és b ábra).

Előnyös a lehorgonyzáshoz egymás mellé két horgot szerelni. Az egyikbe időnként a kötél feszítő kapcsolható, a másikba a végleges horg.



4.35-2. ábra. Horgonyfák

Az alátámasztások merevítő köteleit, a terelőgörgők, állomások és csörlők horgonykötél rendszerint élőfákhoz vagy tuskókhoz kapcsoljuk. Az élőfákat ág, hasítvány vagy egyéb biztosítással védeni kell. Állandó jellegű pályák kihorgonyzására beton tömbökbe ágyazott idomacél horgonyt használhatunk (4.35-3. ábra).



4.36 Hajtóművek

4.361 Csörlők

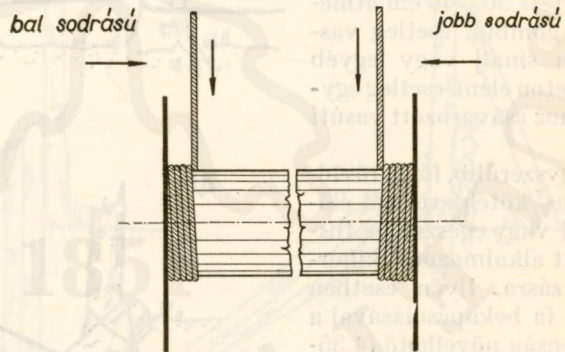
A kötédaruk és kötélvonzolós rendszerek hajtására alkalmazott csörlő szerkezetek technikai jellemzői a következők:

- Kötéldobok száma és mérete, valamint forgásiránya.
- A dobok által befogadható kötélmennyisége, átmérő szerint.
- Kötélszámosság.
- Vonóerő, motorteljesítmény.
- Fékezés módja.
- Önsúly kötélműködés nélkül.
- Motor rendszere és fogyasztása.

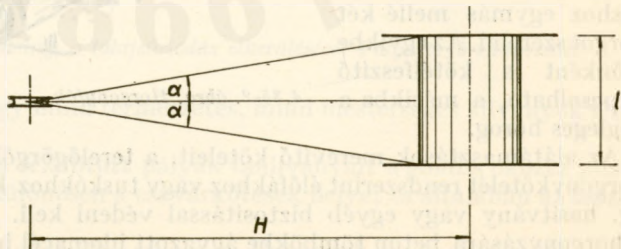
A csörlők készülhetnek szántalpakon vagy kerekeken szállítható és önjáró kivitelben.

A vonókötél felcsévévelése általában alulról felfelé történik, a 4.36-1. ábra szerinti elrendezésben. A csörlődobra felcsévévelődő kötélrétegek rendezéséről gondoskodni kell. Ha a rétegek lazák, a fölérjük csévévelődő kötélréteg egyes menetei beékelődnek és a köteleet rongálják. Egészen megbízható kötélrendező nincsen. Az egyes kötélrendezők a lecsévévelésnél ellenállást fejtenek ki, ami kötélvonzolós rendszereknél, kézi húzás esetén akadályozó.

A kötélszabályos felcsévévelését a dobtól megfelelő távolságra el-



4.36-1. ábra. Különböző sodrású kötelek felcsévévelése



4.36-2. ábra. Terelő görgő elhelyezési távolsága

helyezett terelőgörgővel biztosíthatjuk (4.36-2. ábra). A terelőgörgő távolságára mértékadó a vonókötel befutási szöge.

Az ajánlatos szögek, ha a csörlődob hornyolt: $\alpha = 1 \frac{1^\circ}{2}$

Az ajánlatos szögek, ha a csörlődob nem hornyolt: $\alpha = 2^\circ$

Gyakorlatiasabb a szöget a csörlődob szélességének és a terelőcsiga távolságának viszonzszámában megadni:

Ha a csörlődob hornyolt: $l = \frac{H}{20}$

ha sima: $l = \frac{H}{15}$

A dobra felcsévélődő kötelet a dobperem átlépése ellen biztosítani kell. Ez történhet úgy, hogy a dobperemet a csörlőházba süllyesztve képezzük ki vagy $2 \frac{1}{2}$ -szeres kötélátmérőnek megfelelő szabad peremet hagyunk.

A kötélvonzolások rendszerekhez alkalmazott csörlő is kétdobos legyen. Könnyebb kivitelű csörlőknél a második, ún. segédob leszerelhető.

Hosszabb pályák nagyobb vonókötelbességet igényelnek. Így hosszú és középpályás kötélдарunál 4 m/sec kötelbességet a gazdaságos teljesítmény elérése érdekében biztosítani kell.

A vonóerőt a csörlő célja és az elérendő sebesség határozza meg, ez pedig megszabja a szükséges motorteljesítményt. Kisebb csörlők 8 – 15 LE-vel, hosszú és középpályás daruk csörlői legalább 25 LE-vel épülnek. A motor lehetőleg léghűtéses legyen, 15 LE-n felül diesel üzemű.

A meghajtómotor oldható tengelykapcsolóval és irányváltós sebességváltóval van összekapcsolva a dobokkal. Az önjáró csörlők meghajtott tengelye a fődob tengelyével közös lehet. Egy oldható kapcsolóval áll a fődobbal összeköttetésben, úgyhogy az önjárást a fődob meghajtása biztosítja.

Csőrlők fékezése. A fék megbízhatóan és erősen hasson, mivel az 1,5 t-ig terjedő terhet gyakran 10 m/sec [36 km/óra] menetsebességgel kell fékezni. Szalagfék csak a rövidpályás kötélдарuk igénybevételeire elegendő, míg a közép- és hosszúpályás kötélдарuknál a csörlők a kocsik megállítására lehetőleg expanziós fékkel vagy belső dobfékekkel legyenek ellátva.

A menetsebesség szabályozására még ezek a fékek sem elegendők a nagy hőfejlődés következtében. Ezeknél a pályáknál völgy irányú szállítás esetén szárnyas fordulatszám szabályzót használunk, mely a légellenállás alapján növekvő fordulati szám esetén növekvő fékhatást gyakorol.

A szárnyas fordulatszám-szabályzók szerkezetét és hatását illetően *Kato* japán professzor vizsgálatai alapján a következőket jegyezzük meg:

A légellenállás forgatónyomatéka, a lapátok alakjától és nagyságától függetlenül, négyzetes arányban áll a fordulati számmal és a külső átmérő 5. hatványával. Ezek szerint:

$$Q = C_Q \cdot g \cdot n^2 \cdot D^5 \quad (4-5)$$

ahol C_Q = a forgatónyomatéki tényező;

g = a levegő sűrűsége;

n = fordulatszám mp-enként;

D = szárnyaskerék külső átmérője.

C_Q a szárnyak alakjától függ. A fékhatás nem nő arányosan a szárnyak számával. A forgatónyomaték legnagyobb, ha a szárnyak magassága, függetlenül szélességüktől és számuktól, kb. 60–70%-át teszi ki a szárnyaskerék külső sugará-

nak ($H : R = 0,6 - 0,7$). A szárnyak legkedvezőbb szélessége négyszárnyas féknél nem több, mint 60%-a, 8–16-szárnyasnál 40%-a a külső sugárnak ($B : R = 0,6 - 0,4$).

Végezetül megállapítható, hogy a C_Q a szárnyak hasonló magassága, de növekvő szélessége esetén közel arányosan nő. A kétszárnyas fék hatása a fele a négyszárnyasénak.

A védőlemez a fékhatást nem csökkenti, sőt 180°-os körülfogás esetén 1,76-szor nagyobb fékhatás érhető el.

A csörlő lehetőleg kis önsúlyú legyen, ezért a könnyűfém kivitel igen célszerű. Előnyös az alacsony építési forma, azaz mély súlypontelhelyezés, amely megfelelő stabilitást biztosít a terepen a gyakran nehezen elérhető üzemelési helyre való felvonuláshoz. Ezért a gépkeretnek szánkószerű kiképzése kívánatos. Az ún. önjáró csörlők, amelyek kerekesszállal rendelkeznek, csak megfelelően sűrű úthálózat esetén, a rövidpályás kötélvezeték részére alkalmasak, ahol a terepen való felvonulás nem szükséges.

A következőkben néhány korszerű csörlő műszaki adatait közöljük.

Wyssen „W-20” szántalpas alvázra szerelt motoros csörlő hosszú és középpályahosszúságú kötélvezetékhez.

Súly	640 kp (kötél nélkül)	
Léghűtési motor	17–20 LE	
Kötélbefogató képesség	8 mm Ø esetén	2300 m
	9 mm Ø esetén	1900 m
	10 mm Ø esetén	1500 m

Kötélsúlyhatárai:

6 seb. váltó fokozatnál	V_{\min}	0,26 m/sec
	V_{\max}	4,00 m/sec
Leeresztő sebesség	6–10 m/sec	
Maximális vonóerő	3000 kp	

Bergkuli. Önjáró csörlő rövid- és középpályahosszúságú kötélvezeték és vonzószalagos közelítés részére.

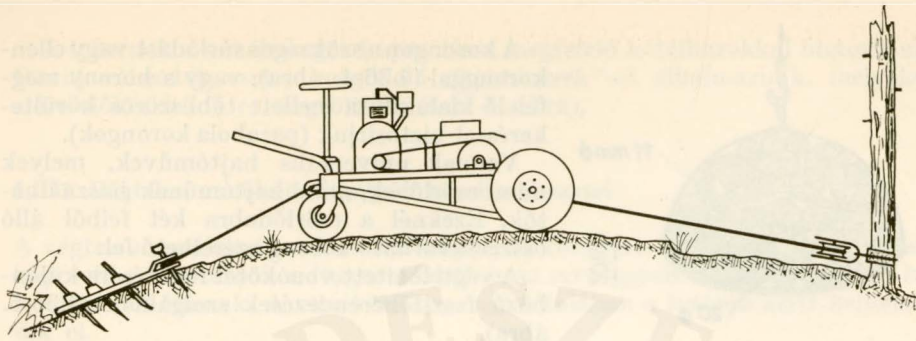
Súly	795 kg (kötél nélkül)	
Léghűtési motor	12 LE	
Kötélbefogató képesség	9 mm Ø esetén	900 m
	12 mm Ø esetén	750 m

Kötélsúlyhatárai és vonóerő:

1. seb. váltó állásnál	$v = 0,61$ m/sec	$V = 3500$ kp
2. seb. váltó állásnál	0,97 m/sec	2000 kp
3. seb. váltó állásnál	1,72 m/sec	1000 kp
4. seb. váltó állásnál	4,00 m/sec	600 kp
5. seb. váltó állásnál	4,65 m/sec	350 kp

Kupfer MF 10. Önjáró csörlő rövidpályás kötélvezetékhez és vonzószalagos közelítés részére.

Felvonulási sebesség:	3–12 km/ó	
Súly	405 kg (kötél nélkül)	
Léghűtési motor	8 LE.	
Kötélbefogató képesség	(D=20 cm, H=45 cm)	
	9,5 mm Ø esetén	500 m
	6,5 mm Ø esetén	800 m



4.36-3. ábra. Önjáró csörlő lehorgonyzása

Kötélssebesség és vonóerő félig telt dob esetén:

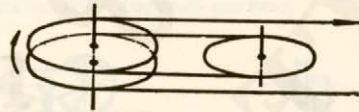
A fokozat	1. seb. váltó állása	0,23 m/sec	1700 kp
	2. seb. váltó állása	0,47 m/sec	800 kp
	3. seb. váltó állása	0,80 m/sec	600 kp
B fokozat	1. seb. váltó állása	0,33 m/sec	1350 kp
	2. seb. váltó állása	0,67 m/sec	650 kp
	3. seb. váltó állása	1,18 m/sec	500 kp

A csörlő lehorgonyzását biztosítani kell. Erre a célra a csörlőkön megfelelő horgok vannak készítve a lehorgonyzó kötél részére.

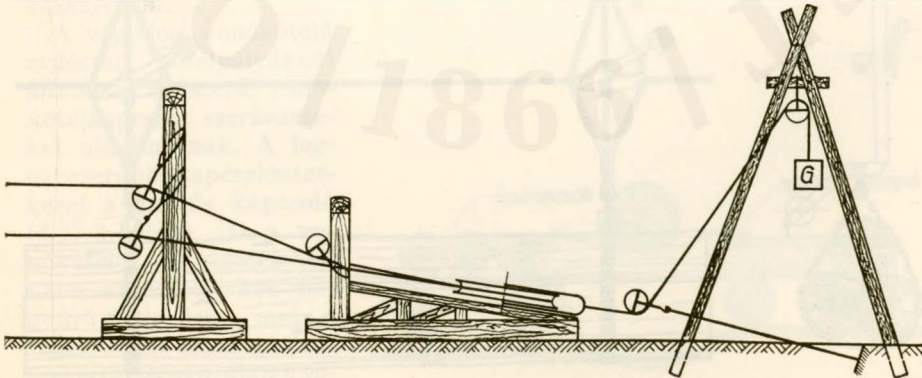
A lehorgonyzás történhet élőfához, tuskóhoz, acéltüskékkel rögzített horgonyhoz vagy holtember horgonyhoz (4.36-3. ábra).

4.362 Pályahajtások

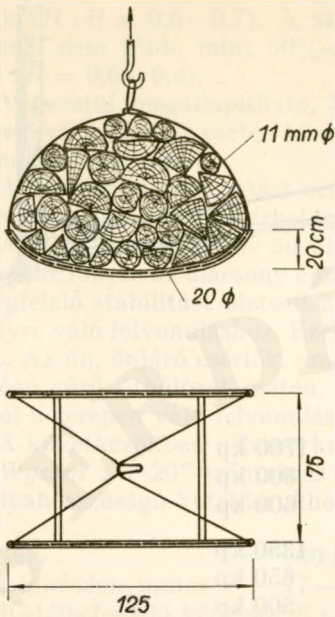
A végtelenített vonókötél hajtására korongokat alkalmazunk, melyek a motorikus hajtóerőt súrlódás útján adják át a vonókötélnek. Az acélkorong és acélkötél közötti súrlódási tényező 0,1. A hajtóművet előnyösebb a pályák felső állomásán elhelyezni.



4.36-4. ábra. Súrlódás növelése ellenkoronggal



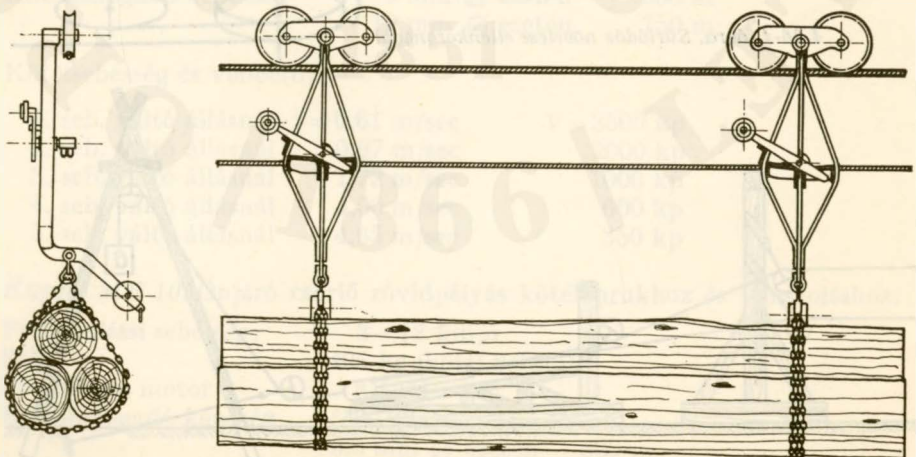
4.36-5. ábra. Végtelenített vonókötél feszítése



4.37-1. ábra. Csővázas konténer tűzifa szállításhoz

kocsiszerkezeteivel. Minden egyéb kocsiszerkezet ezekből a típusokból levethető.

Ezen belül azután fontos a terhelő felfüggesztése is. Az erdészeti kötélpályáknál a terhelő felfüggesztésére két módszer alakult ki. Az egyik — egyszerűbb — a terhelő egy vonóhorogra akasztva függeszti fel, tehát a rönköket függőleges állásban mozgatja a pálya hosszában, a másik a terhelő két helyen függeszti fel, tehát a törzset a hordkötéllel párhuzamosan mozgatja. A függőleges szállítás előnye a kocsiszerkezet egyszerűsége, a hordkötéllel párhuzamosan az alacsonyabb alátámasztások alkalmazása, tehát kisebb pályatelepítési költség.



506 4.37-2. ábra. Két kétkerekes futóműből összeállított kötélpályakocsi csavarszorítóval

A korongon a szükséges súrlódást vagy ellenkoronggal (4.36-4. ábra), vagy a horony megfelelő kialakítása mellett többszörös körültekéréssel biztosítjuk (parabola korongok).

Vannak univerzális hajtóművek, melyek mind csörlőnek, mind hajtóműnek használhatók. Ezeknél a csörlődobra két félből álló összecsavarható korong szerelhető fel.

A végtelenített vonókötél feszítésére különböző feszítőberendezések szolgálnak (4.36-5. ábra).

A súrlódás növelésére és a vonókötél kímélésére gyártanak gumibélésű korongokat is. Ezeknél a súrlódási tényező 0,25-re emelkedik.

4.37 Kocsiszerkezetek

A kocsiszerkezetek tárgyalásánál a kocsi vontatását, tehát a vonókötél és a kocsi kapcsolatát illetően két rendszerrel foglalkozunk, nevezetesen a végtelenített vonókötélű kötélpályák kocsiszerkezeteivel és a kötéláruk

A tehernek a vonóhorogra kapcsolását megfelelő kötélhurokkal biztosítjuk. Rövid választék esetén megfelelő „konténerek”-et alkalmazunk, melyeket előre előkészítünk és megtöltünk (4.37-1. ábra).

4.371 Végtelen vonókötélű pályák kocsiszerkezetei

A végtelen vonókötélű erdészeti kötélpályák kocsijai a futóműből, a vonókötélkapcsoló szerkezetből, a függesztékből és az erre szerelt teherfelfüggesztő berendezésből állanak. A vonókötélkapcsoló általában a futómű alatt helyezkedik el.

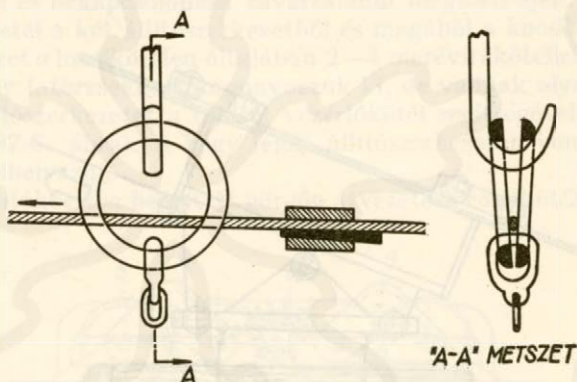
A futómű lehet négy- vagy kétkerekes. A kétkerekes futómű vagy önállóan, vagy egy négykerekes futómű részeként kerül alkalmazásra (4.37-2. ábra). Két-két kerék egy-egy himbakarra illeszkedik, mely a futómű-testhez csuklósan kapcsolódik és a sarukon való zökkenésmentes áthaladást biztosítja.

A tengelyeket a jobb kivitelű kocsiknál ma már golyóscsapágyakba ágyazzuk, melyeket 3–6 havonként zsírozni kell. A kerekek kemény acélöntvényből készülnek. Az acél keménységét úgy kell megválasztani, hogy a drága kötél helyett inkább a kerék használódjék el. Gazdaságosan alkalmazhatunk szét-szedhető kerekeket, ahol a kopásnak kitett futófelületet alkotó gyűrű kicserelelhető.

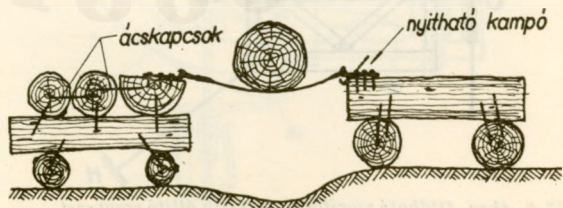
A kerékhorony a hordkötélátmérőhöz illeszkedik. A megfelelő illeszkedés érdekében a horony 120° -ban fogja körül a hordkötélet. A kerékátmérő 250 kp terhelésig 200 mm, azon felül 250 mm legyen, hogy a kerék és hordkötél közötti felületi nyomás megfelelő maradjon. A külső átmérő a belső 1,3-szerese, míg a kerék szélesség a belső átmérő 0,4-szerese legyen.

Kopott kerekeket felhegesztés után esztergapon gondosan be kell szabályozni.

A végtelen vonókötélű erdészeti kötélpályáknál általában egyszerű vonókötélkapcsoló szerkezeteket alkalmaznak. A legegyszerűbb kapcsolószerkezet a gyűrűs kapcsoló (4.37-3. ábra). Itt a vonókötélet a függeszték horgába akasztott két félgűrű fogja össze, mely a teher kis felemelésével meglazul. A gyűrűhöz kapcsolódik a teherkapcsoló



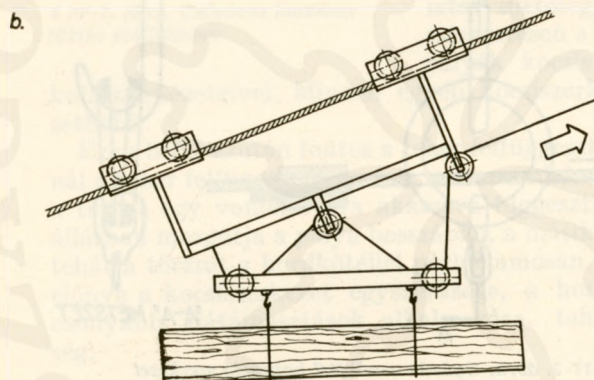
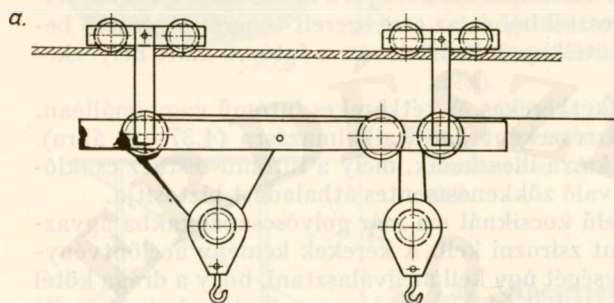
4.37-3. ábra. Gyűrűs vonókötél kapcsoló szerkezet



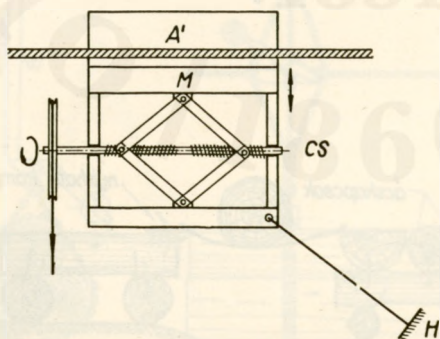
4.37-4. ábra. Terhelő hídás sodronykötéles alátámasztással

lánc. Megcsúszás ellen a gyűrűket ékes szorítókkal szokás biztosítani. Az állomásokon a teher felfut egy hídlásra, mely megemeli azt és így a vonókötél ki-kapcsolható. A felterhelésnél a rakományt egy terhelő hidlás felett állítják össze és a kocsiba való bekapcsolás után az alátámasztást eltávolítják. Az alátámasztás lehet rúd vagy sodronykötél, esetleg lánc (4.37-4 ábra).

A csavaros szorítóból álló kapcsolószerkezetek, a kötélzorítóhoz hasonlóak és oldásuk erre a célra készült kulccsal történik, vagy a csavarfej kézzel fordítható karral van ellátva. A nagyobb pályákon automatikusan működő csavaros kapcsolószerkezetekről már a 4.221 b. pontban megemlékeztünk.



4.37-5. ábra. Egyszerű kocsiszerkezetek kötélदारukhoz. a) Két emelő görgővel. b) Emelő híddal



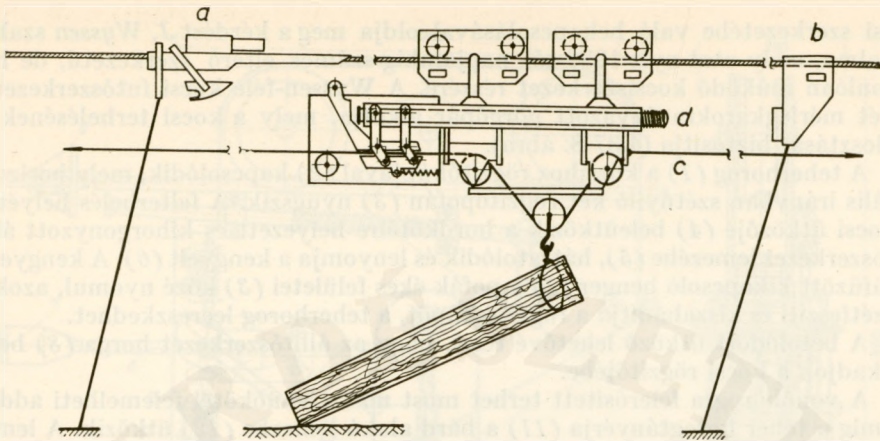
4.37-6. ábra. Oldható szorítóval működő állító szerkezet. Á álló pófa. M mozgó pófa. Cs csavarorsó. H az ingadozást megakadályozó horgony

4.372 Kötéldaruk kocsiszerkezetei

A 4.222 fejezetben rámutattunk arra, hogy a kötéldaru-szerkezetek kocsi-jainak önzárása milyen feltételekhez van kötve. Ha ezek a feltételek nem biztosítottak, a szálfát, hosszú választékot félig vonszolva („fejfel fel”) mozgatjuk, a rövid választék konténeres szállítása pedig éppenséggel lehetetlen.

Ezek az egyszerű kocsiszerkezetek, melyeket a 4.37-5a és b ábrán mutatunk be, az anyagot csak az önzárás feltételei mellett képesek mozgatni. Mindkét típus a hordkötéllal párhuzamos terhelésre alkalmas. Ezeket az egyszerű kocsitípusokat minden esetben emelőgörgővel készítjük, mely a vonókötélre jutó terhelést a mondottak szerint meg- felezi.

A felhúzott vonóhorog- nak a kocsihoz való rögzítésére különböző félau- tomata kocsiszerkezete- ket alakítottak ki, és sza- badalmaztak, melyek leg- többje a kocsihoz az állo- máshoz való rögzítését is



4.37-7. ábra. VL_r kötélدارu működési elve. a) Felvevő állomás állító szerkezete. b) Leadó állomás állító szerkezete. c) Vonókötél. d) Útköző a kötélzorító nyitására. (A pálya mindkét irányban működik)

megoldja. Ez, mint tudjuk, azért szükséges, hogy a vonóhorog felhúzása közben a kocsi el ne mozduljon és bekapcsolódása zavartalanul megtörténjen.

A kötélدارu kocsiszerkezetei a két állító szerkezetből és magából a kocsiból állanak. Az állító szerkezeteket a hordkötélen általában 2–4 merevítő kötéllal a talajon levő tuskókhoz vagy fatörzsekhez horgonyozzuk ki, de vannak olyan megoldások is, ahol az állító szerkezetet a földről vezérlőkötél segítségével a hordkötélhez szorítjuk (4.37-6. ábra). A hegy felőli állító szerkezetten vonókötélvezető görgőt szokás elhelyezni.

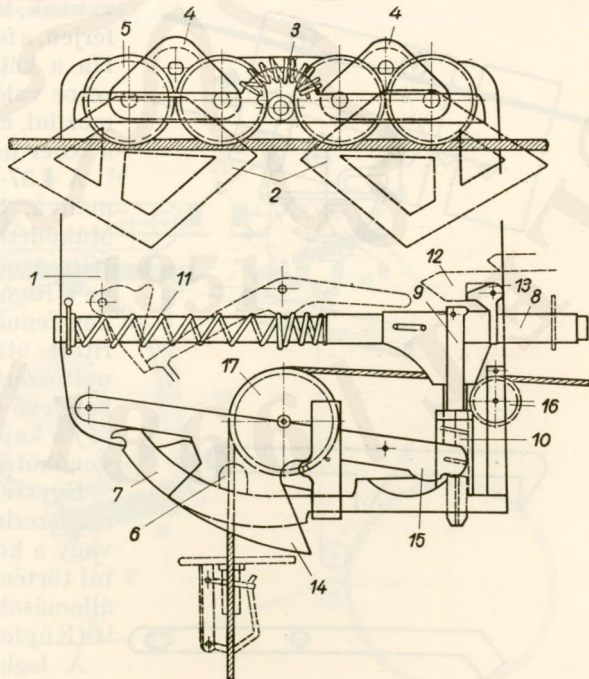
Mint már említettük, a futókocsiba beépített görgőn átvezetett vonókötélre vagy közvetlenül rá van erősítve a teherhorog, vagy emelőgörgőt alkalmazunk.

A vonóhorognak a kocsihoz való rögzítésére elvileg két megoldás lehetséges.

Az egyik az, hogy a vonókötél a teher emelése után szorítással rögzítődik, a másik pedig, hogy a teherhorog szára a kocsihoz bekapcsolódik.

Az első elv szerint működő kocsiszerkezet a cseh-szlovák gyártmányú VL_r kötélpálya kocsija (4.37-7. ábra). A kocsi 1300–1500 kp teherbírású, négygörgős, emelőgörgős szerkezet. Mint látható, a vonókötél becsavarodása ellen a kötélfelfüggesztés és a vonókötélgörgő elég távol van elhelyezve.

A teherhorognak a ko-



4.37-8. ábra. Wyszen-féle kocsiszerkezet

csi szerkezetébe való bekapcsolásával oldja meg a kérdést *J. Wyssen* szabadalma, mely utat nyit 1939-től napjainkig számos eltérő szerkezetű, de hasonlóan működő kocsiszerkezet részére. A Wyssen-féle kocsifutószerkezetét két mérlegkarokra ágyazott görgőpár alkotja, mely a kocsiterhelésének jó elosztását biztosítja (4.37-8. ábra).

A teherhorog (1) a kocsihoz rögzítőkúpjával (2) kapcsolódik, mely horizontális irányban szétnyíló két rögzítőpofán (3) nyugszik. A felterhelés helyén a kocsifutószerkezet (4) beleütközik a hordkötélre helyezett és kihorgonyzott állító szerkezet lemezébe (5), hátratulódik és lenyomja a kengyelt (6). A kengyelre ráfűzött kikapcsoló henger (7) a pofák ékes felületei (3) közé nyomul, azokat szétfeszíti és kiszabadítja a rögzítő kúpot, a teherhorog leeresztkedhet.

A betolódott ütköző lehetővé teszi, hogy az állító szerkezet horga (8) beleakadjon a kocsifutószerkezetébe.

A vonóhorogra felerősített terhet most már a vonókötél felemelheti addig, amíg a teherhorogtányérja (11) a bárd alakú lemezbe (12) ütközik. A lemez karjaival együtt (13) felemelkedik és felemelve kikapcsolja a hengert (7) és a hozzátartozó kengyelt (6). A kengyel kilöki az állomás horgát (8) és a zárórugó szabaddá válik, kimozdítja a kengyelt (6) és a pofák közül a kikapcsoló hengert (7). A pofák zárulnak és közrefogják a rögzítő kúpot.

A kocsisúly 124 kp, a vonóhorog 15 kp. A hasznos teher 1500 kp lehet. Az állító szerkezet 61 kp, és a vonókötél vezetésére görgővel van felszerelve.

A *Nesler*-féle kocsiszerkezet, mely háromféle nagyságban készül, 1500, 800 és 300 kp teherbírással, egyszerűsége miatt vált be. Működésének elvét a 4.37-9. ábra mutatja be.

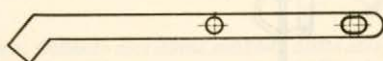
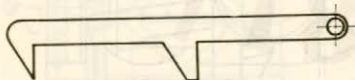
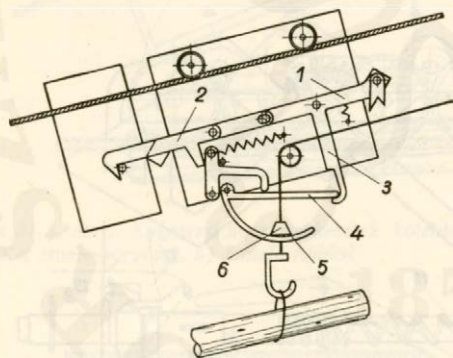
Lényegében egy kétkarú emelőpárból áll (1 és 2), melyeknek vízszintes részei az állító szerkezetbe ütköznek, illetve kapcsolódnak, és az emelőkar függőleges része (3) a teherhorog-kapcsolót rögzíti (4). A teherhorog-kapcsoló két lemezből áll, melyeknek ívszerűen kiképzett bordái (5) olyan távolságra

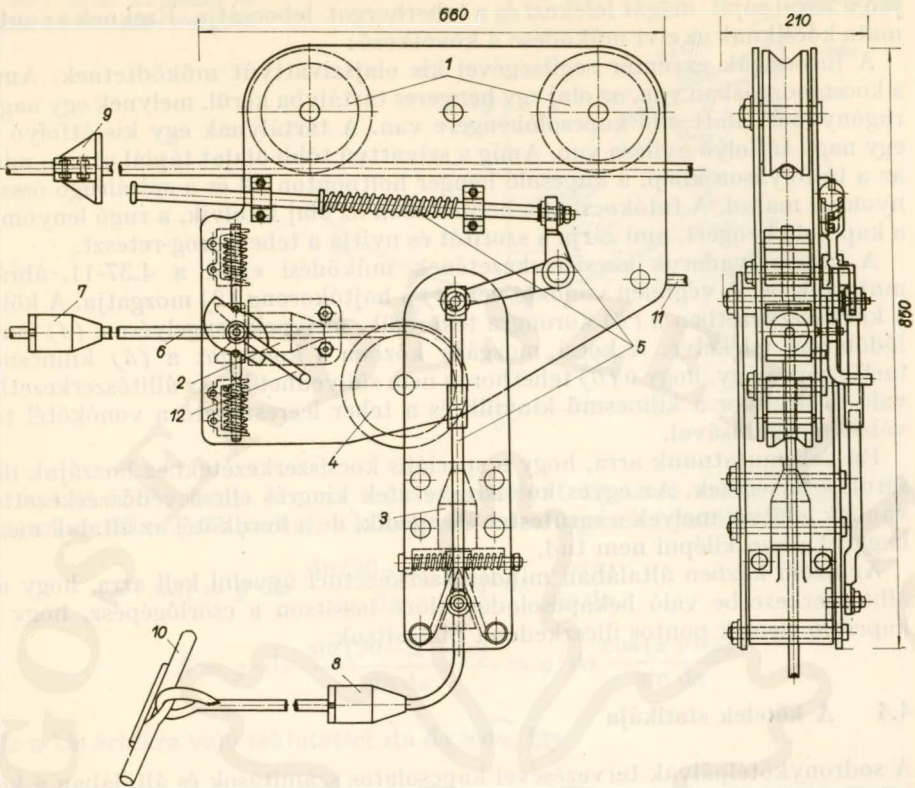
vannak, hogy a teherhorog nyaka beleférjen, a feje azonban fennakad (6). Ha a kétkarú emelő az állító szerkezetbe való ütközés következtében elmozdul, a kapcsoló szabaddá válik, és a teher leeresztkedhet.

A 4.37-10. ábra egy szovjet gyártmányú, K-2 típusú kocsit ábrázol. Működési elve az, hogy a vonókötélre szorított konusz (1) szétfeszítve a rugós kapcsoló pofákat (2) azokon fennakad. Ha a hordkötélre szorított ütköző (3) benyomja a kocsifutószerkezetét (4), a vele kapcsolatban levő emelőkarok ékes végződése (5) a kapcsolópofákat szétfeszíti és a vonókötél ismét szabaddá válik.

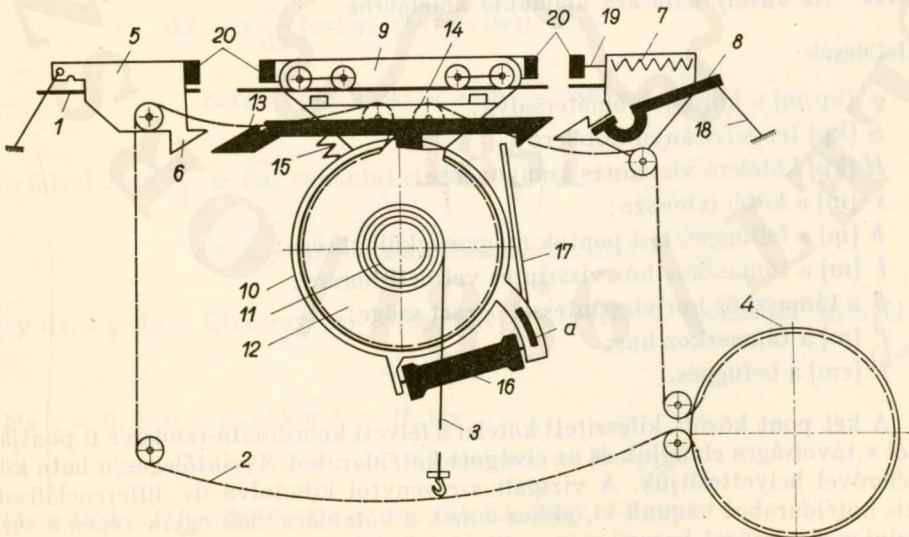
Egyszerűbb kocsiszáraknál az oldás rendszerint a földről kampós rúddal vagy a kocsiroló lánccal, zsinórral történik. Ugyanígy végezhető az állomásokkal való kapcsolat feloldása is (Küpfel).

A legkorszerűbb teljes automata kötélpályáknál már állomásra sincs szükség. A hordkötél tetszőleges pont-





4.37-10. ábra. K-2 típusú szovjet kocsiszerkezet



4.37-11. ábra. Kötélpályadarú működési elve

ján a kocsi saját magát lefékezi és a teherhorgot lebocsátja. Ezeknek az automata kocsiknak az elvi működése a következő:

A futócsigák excenter segítségével kis olajszivattyút működtetnek. Amíg a kocsi mozgásban van, az olaj egy hengeres tartályba kerül, melynek egy nagy, rugónyomás alatt álló kapcsolóhengere van. A tartálynak egy kis átfolyó és egy nagy túlfolyó nyílása van. Amíg a szivattyú több olajat táplál utána, mint az a túlfolyáson kilép, a kapcsoló henger holtpontra áll és a spirálrugó összenyomva marad. A futókocsi álló helyzetében az olaj kifolyik, a rugó lenyomja a kapcsoló hengert, ami zárja a szorítót és nyitja a teherhorog-reteszt.

A kötélpályadaruk kocsiszerkezetének működési elvét a 4.37-11. ábrán mutatjuk be. A végtelen vonókötelet (1) a hajtókorong (2) mozgatja. A kötélet a kocsiszerkezetben a (3) korongra tekeredik, melynek tengelyére a (4) emelődob van felékelve. A kocsi mozgása közben a korongot a (5) kilincsmű tartja zárva úgy, hogy a (6) teherhorog nem sülyedhet le. Az állítószervezetbe való ütközéskor a kilincsmű kinyílik és a teher leereszthető a vonókötéltől további mozgásával.

Rá kell mutatnunk arra, hogy a speciális kocsiszerkezetekhez hozzájuk illő saruk szükségesek. Az egyes kocsiszerkezetek kiugrás elleni védőszerkezettel vannak ellátva, melyek a sarutestet átengedik, de a hordkötél az általuk megahagyott résen kilépni nem tud.

Az üzem közben általában minden szerkezetnél ügyelni kell arra, hogy az állítószervezetbe való bekapcsolódás előtt lassítson a csörlőgépész, hogy a kapcsoló elemek pontos illeszkedését biztosítsuk.

4.4 A kötelek statikája

A sodronykötélpályák tervezésével kapcsolatos számítások és általában a kötélpályák hordkötéleiben fellépő erőjáték ismerete megkívánja, hogy a kötelek statikájával foglalkozzunk. A kötelek statikája főleg az állandó és esetleges terhelések hatására kialakuló kötélgörbe egyensúlyi feltételeit tárgyalja.

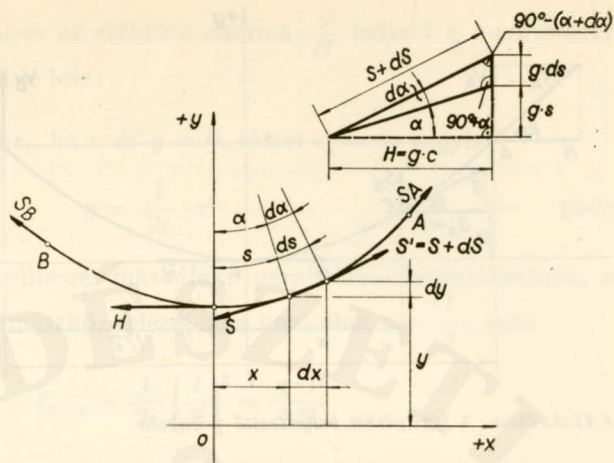
4.41 Az önsúly hatására kialakuló kötélgörbe

Jelölések:

- g [kp/m] a kötélt folyómétersúlya;
- S [kp] tengelyirányú kötélterő;
- H [kp] kötélterő vízszintes komponense;
- s [m] a kötélt ívhossza;
- h [m] a felfüggesztési pontok magasságkülönbsége;
- l [m] a támaszköz húr vízszintes vetületi hossza;
- β a támaszköz húr vízszintessel bezárt szöge;
- l' [m] a támaszköz húr;
- f [cm] a befüggés.

A két pont között kifeszített kötelet a felvett koordináta-rendszer 0 pontjától x távolságra elvágjuk és az elvágott kötéldarabot S érintőlegesen ható kötélterővel helyettesítjük. A vizsgált szelvénytől kiindulva ds differenciálisan kis kötéldarabot vágunk ki, akkor ennek a kötéldarabnak egyik végén a vízszintessel α szöget bezáró már említett S kötélterő, a másik végén $\alpha + d\alpha$ szöget bezáró $S + dS$ kötélterő hat. Végül a kis kötéldarabra saját súlya $g \cdot ds$ erő

4.41-1. ábra. Az önsúly hatáására kialakuló kötélgörbe



is hat (4.41-1. ábra). Ha az erők egyensúlyát ábrázoló vektorpoligont felrajzoljuk (ábra jobb sarka), a következő összefüggések írhatók fel:

$$(S + dS) = g \cdot ds \frac{\sin(90 + \alpha)}{\sin d\alpha} = g \cdot ds \frac{\cos \alpha}{\sin d\alpha}$$

$$S = g \cdot ds \frac{\sin(90 - \alpha - d\alpha)}{\sin d\alpha} = g \cdot ds \frac{\cos(\alpha + d\alpha)}{\sin d\alpha}$$

de a kis értékre való tekintettel $\sin d\alpha \cong d\alpha$, így

$$S + dS = g \frac{ds}{d\alpha} \cdot \cos \alpha$$

$$-S = -g \frac{ds}{d\alpha} \cdot \cos(\alpha + d\alpha) \text{ kivonva a két egyenlet:}$$

$$dS = g \frac{ds}{d\alpha} [\cos \alpha - \cos(\alpha + d\alpha)], \text{ de}$$

$$\cos \alpha - \cos(\alpha + d\alpha) = 2 \sin \frac{d\alpha}{2} \cdot \sin \left(\alpha + \frac{d\alpha}{2} \right)$$

és mivel $2 \sin \frac{d\alpha}{2} \cong d\alpha$, valamint $\sin \left(\alpha + \frac{d\alpha}{2} \right) \cong \sin \alpha$

$$dS = g \cdot ds \cdot \sin \alpha \text{ az ábra szerint } \sin \alpha = \frac{dy}{ds}$$

így $ds = g \cdot dy$. Elvégezve az integrálást a következő egyenletet nyerjük:

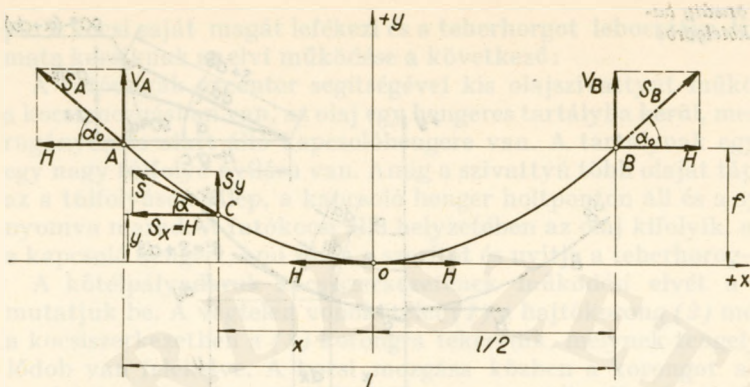
$$S = g \cdot y + C \quad (4-6)$$

Ha $x = 0$, és $y = C$, akkor $S = H$, így

$$H = g \cdot c + C, \text{ ahonnan } C = H - g \cdot c.$$

Ha a koordináta-rendszert úgy vesszük fel, hogy

$$C = 0 \text{ legyen:}$$



4.41-2. ábra. A kötélgörbét helyettesítő parabola

$O = H - g \cdot c$, azaz $c = \frac{H}{g}$ és $S = g \cdot y$ egyenleteket nyerjük, ahol c állandó érték, a kötélgörbe paramétere.

Az alátámasztásoknál a kötél erő:

$$S_A = g \cdot y_A \text{ és } S_B = g \cdot y_B \text{ lesz.}$$

A két alátámasztás közötti kötél erő különbség:

$$\Delta S = S_A - S_B = g(y_A - y_B) = g \cdot h.$$

Tehát a kötélgörbe két pontja közötti kötél erő különbség egyenlő a pontok közötti magasságkülönbség szorozva a kötél súllyal.

A kötélgörbe egyenlete:

$$y = \frac{c}{2} \left(e^{\frac{x}{c}} + e^{-\frac{x}{c}} \right) = c \cdot \operatorname{ch} \frac{x}{c} \quad (4-7)$$

$$\text{és } \operatorname{tg} \alpha = \frac{dy}{dx} = \operatorname{sh} \frac{x}{c}$$

Gyakorlati számításoknál a kötél súlyát nem a kötélgörbe ívhosszával, hanem a támaszköz húrral vesszük arányosnak. Ezt a közelítést elfogadhatjuk, mert a kötél súlya sokféle, már ismertetett körülmény következtében nagyobb ingadozást mutat, mint a húr és az ívhossz közötti hosszkülönbségből eredő hiba. Így a 4.41-2. ábra alapján a következő összefüggések írhatók fel:

$$\sum P_x = 0 = S_A \cdot \cos \alpha_0 - H, \text{ ahonnan } H = S_A \cdot \cos \alpha_0.$$

$$\sum P_y = 0 = S_A \sin \alpha_0 - \frac{l \cdot g}{2}$$

Ha a kötelet C pontban elvágjuk, az elmetszett AC kötélrész hatását S kötél erővel helyettesítjük, az OC kötéldarabra ható erők egyensúlyi feltétele:

$$\sum P_x = 0 = S_x - H, \text{ ahonnan } S_x = H$$

$$\sum P_y = 0 = g \cdot x - S_y, \text{ ahonnan } S_y = g \cdot x,$$

$$\text{és } \operatorname{tg} \alpha = \frac{dy}{dx} = \frac{S_y}{S_x} = \frac{gx}{H}, \text{ ahonnan } dy = \frac{g}{H} \cdot x dx$$

ezt a kifejezést integrálva, és az előbbieket szerint $\frac{g}{H}$ helyett a c paraméter reciprok értékét helyettesítve lesz:

$$dy = \frac{l}{c} x \cdot dx + c_1, \text{ ha } x \text{ és } y = 0, \text{ akkor } c_1 = 0, \text{ vagyis}$$

$$y = \frac{1}{2c} \cdot x^2 \quad (4-8)$$

Tehát a kötélgörbe jó közelítéssel másodfokú parabolával helyettesíthető, a legnagyobb befüggés a támaszköz felezőjében van, ahol $x = \frac{l}{2}$, azaz

$$y = f_{\max} = \frac{1}{2c} \left(\frac{l}{2} \right)^2 = \frac{g \cdot l^2}{8H}$$

Ha a koordináta-rendszer kezdőpontját „A”-ba helyezzük át:

$$x' = \frac{l}{2} - x \text{ és } y' = f - y = \frac{g \cdot l^2}{8H} - y,$$

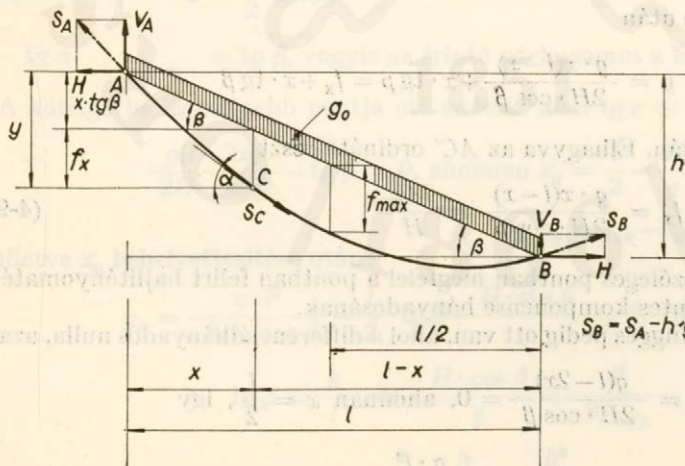
$$\text{de } y = \frac{g x^2}{2H} \text{ és } x^2 = \left(\frac{l}{2} - x' \right)^2, \text{ tehát}$$

$$y' = \frac{g \cdot l^2}{8H} - \frac{g \left(\frac{l}{2} - x' \right)^2}{2H}, \text{ amit kifejezve}$$

$$y' = \frac{g}{2H} (l - x') \cdot x' = \frac{M_x}{H}, \text{ mivel } M_x = \frac{g}{2} (l - x') x'$$

amely azonos a hasonló támaszközű egyenletesen elosztva terhelt két végén alátámasztott tartó hajlítónyomatékával x' szelvényben.

Ha a két alátámasztás között szintkülönbség van (lásd a 4.41-3. ábrát), az egyensúlyi feltételek az alábbiak szerint alakulnak:



4.41-3. ábra. A kötélgörbe kialakulása különböző állványmagasságok esetén

$AB = \frac{l}{\cos \beta}$, ebből következőleg az egyenletesen elosztott teher

$$\frac{g \cdot l}{\cos \beta}$$

Az A pontra felírva a függőleges erők egyensúlyi feltételét:

$$V_B \cdot l + H \cdot h - \frac{g \cdot l}{\cos \beta} \cdot \frac{l}{2} = 0, \text{ ahonnan}$$

$$V_B = \frac{g \cdot l}{2 \cos \beta} - H \cdot \frac{h}{l}, \text{ illetve}$$

$$V_B = \frac{g \cdot l}{2 \cos \beta} - H \cdot \operatorname{tg} \beta$$

A kötél erő függőleges komponenseinek összege pedig egyenlő a kötél súlyával, azaz

$$V_A + V_B = \frac{g \cdot l}{\cos \beta}, \text{ ahonnan } V_B \text{ helyettesítése után}$$

$$V_A = \frac{g \cdot l}{2 \cos \beta} + H \cdot \operatorname{tg} \beta, \text{ melyből általánosságban}$$

$$V_{A, B} = \frac{g \cdot l}{2 \cos \beta} \pm H \cdot \operatorname{tg} \beta,$$

ahol a (+) előjel a magasabban fekvő, a (-) előjel az alacsonyabban fekvő pontra vonatkozik, azaz a támaszpontban fellépő kötél erők függőleges komponensei a két végén alátámasztott tartó támaszerejétől a H nyomatókával kisebbek vagy nagyobbak, a támaszpont magassági helyzete szerint.

A további számítások elvégzésére vágjuk el a kötelet a C pontban, és a levágott darabot S_c kötél erővel helyettesítsük. Ebben az esetben az egyensúlyi feltétel:

$$M_c = 0 = V_A \cdot x - H \cdot y - \frac{g \cdot x^2}{2 \cos \beta}$$

V_A behelyettesítése után

$$y = \frac{g \cdot x(l-x)}{2H \cdot \cos \beta} + x \cdot \operatorname{tg} \beta = f_x + x \cdot \operatorname{tg} \beta$$

a 4.41-3. ábra alapján. Elhagyva az AC' ordináta-részt

$$f_x = \frac{g \cdot x(l-x)}{2H \cdot \cos \beta} = \frac{M_x}{H} \quad (4-9)$$

Így a befüggés tetszőleges pontban megfelel a pontban felírt hajlítónyomaték és a kötél erő vízszintes komponense hányadosának.

A legnagyobb befüggés pedig ott van, ahol a differenciálhányados nulla, azaz

$$\frac{df}{dx} = \frac{g(l-2x)}{2H \cdot \cos \beta} = 0, \text{ ahonnan } x = \frac{l}{2}, \text{ így}$$

$$f_{\max} = \frac{g \cdot l^2}{8H \cdot \cos \beta} \quad (4-10)$$

Az összes kifejezés tartalmazza a H horizontális komponens, amely a kötél-darab minden pontjában egyenlő.

A vízszintes összetevő meghatározása a parabola azon tulajdonságán alapul, hogy a támaszköz közepén a parabola érintője a húrral párhuzamos. Így, ha S_D a kötél erő a legnagyobb befüggésnél:

$$H = S_D \cos \beta$$

Az S_D meghatározása a már mondottak alapján történik. Azaz a kötélgörbe két pontja közötti kötél erő különbség nem más, mint a fajlagos kötélsúly (g) és a pontok közötti magasságkülönbség szorzata (4-6) képlet)

$$\text{Így } S_D = S_A - \left(\frac{h}{2} + f_{\max} \right) g, \text{ másrésztől}$$

$$S_D = S_B + \left(\frac{h}{2} + f_{\max} \right) g$$

A két egyenlet összege után a következő kifejezést nyerjük:

$$S_D = \frac{S_A + S_B}{2} - g \cdot f_{\max} = S_{\text{közép}} - g \cdot f_{\max}$$

$$\text{Így } H = (S_{\text{közép}} - g \cdot f_{\max}) \cos \beta \quad (4-11)$$

Mivel a kötélfüggése viszonylag nem nagy, gyakorlati számításoknál a $g \cdot f_{\max}$ értéke elhanyagolható. Így

$$\boxed{H = S_{\text{közép}} \cdot \cos \beta} \quad (4-12)$$

Az így számított érték maximálisan 4–5% eltérést okoz a tényleggel szemben.

A görbe tetszés szerinti pontjában az érintő hajlásszöge a vízszinteshez:

$$\text{tg } \alpha_x = \frac{dy}{dx} = \frac{g(l-2x)}{2H \cdot \cos \beta} - \text{tg } \beta$$

A mező közepén – a legnagyobb áthajlás alatt pedig

$$x = \frac{l}{2} \text{ esetén}$$

$\text{tg } \alpha = \text{tg } \beta$, vagyis az érintő párhuzamos a húrral.

A kötélgörbe legmélyebb pontja ott adódik, ahol $\text{tg } \alpha = 0$, azaz

$$\frac{g(l-2x)}{2H \cdot \cos \beta} - \text{tg } \beta = 0, \text{ ahonnan } x_0 = \frac{l}{2} - \frac{H}{g} \cdot \sin \beta$$

$$y_0 = f_{x_0} - x_0 \cdot \text{tg } \beta,$$

illetve x_0 behelyettesítése után:

$$y_0 = \frac{g \cdot l^2}{8H \cdot \cos \beta} - \frac{l}{2} \cdot \text{tg } \beta + \frac{H \cdot \sin \beta}{g} \cdot \text{tg } \beta, \text{ vagy mivel}$$

$$\text{tg } \beta = \frac{h}{l} \text{ és } \frac{H \cdot \cos \beta}{g} = \frac{l^2}{8f_{\max}},$$

$$y_0 = f_{\max} - \frac{h}{2} + \frac{h^2}{16f_{\max}} \quad (4-13)$$

4.42 A kötélgörbe alakulása „Q” hasznos teher hatása alatt

(Terhelt kötélgörbe)

A kötél erő függőleges komponensei a 4.42-1. ábra szerint:

$$V_A = \frac{gl}{2 \cos \beta} + \frac{Q(l-x)}{l} - H \cdot \operatorname{tg} \beta$$

$$V_B = \frac{gl}{2 \cos \beta} + \frac{Qx}{l} + H \cdot \operatorname{tg} \beta$$

Ebből kitűnik, hogy a függőleges komponensek értéke ebben az esetben is a közönséges tartó osztott és hasznos terheléséből származó támaszerjétől a H nyomatékával térnek el.

A C pontra felírt nyomaték:

$$(M_c) = 0 = V_A \cdot x - H(f_x - x \cdot \operatorname{tg} \beta) - \frac{g \cdot x^2}{2 \cos \beta}$$

V_A -t behelyettesítve és y -ra kifejtve az egyenletet

$$(11-b) \quad y = \frac{gx(l-x)}{2H \cdot \cos \beta} + Q \frac{(l-x)x}{H \cdot l} - x \cdot \operatorname{tg} \beta$$

A befüggés általános egyenlete pedig:

$$(12-b) \quad f_x = \frac{gx(l-x)}{2H \cdot \cos \beta} + Q \frac{(l-x)x}{H \cdot l}$$

lesz, amiből a támaszköz közepén keletkező legnagyobb befüggés

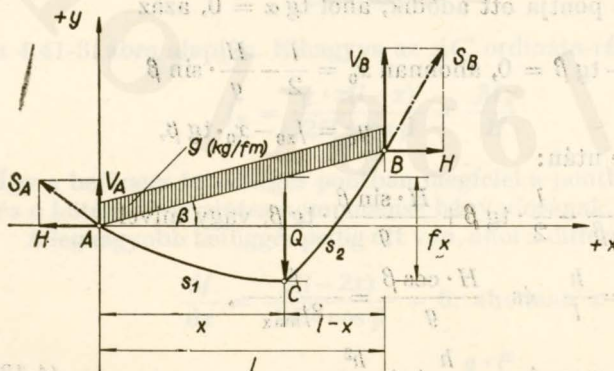
$$\text{maximális befüggés: } f_{\max} = \frac{gl^2}{8H \cdot \cos \beta} + \frac{Q \cdot l}{4H} \quad (4-14)$$

vagyis

$$f_{\max} = f_{\max \text{ üres}} + f_{\max \text{ terhelt}} \quad (4-15)$$

Itt is hasonlóan érvényes az a tétel, hogy a befüggés az egyszerű tartó hajlítónyomatéka osztva a vízszintes komponenssel, azaz

$$f_x = \frac{M_D}{H}$$



518 4.42-1. ábra. Terhelés alatt kialakuló kötélgörbe

A kötélgörbe szerkesztése. A teher áthaladása alkalmával a görbe futása állandóan változik és a teher mozgáspályája minden közbeeső görbét beburkol. Ezért a terhelt kötélgörbét helyesebben teherútgörbének nevezhetjük. Hogy a burkológörbe futását és ezzel a teher útjának görbét meghatározzuk, az f_x befüggés nagyságát kell viszonyítani a legnagyobb befüggéshez:

$$\frac{f_x}{f_{\max}} = \frac{x(l-x)}{2H \cdot l} \left(\frac{g \cdot l}{\cos \beta} + 2Q \right) : \frac{l}{8H} \left(\frac{g \cdot l}{\cos \beta} + 2Q \right) = \frac{4x(l-x)}{l^2}$$

Ugyanez csak osztott terhelésre számítva:

$$\frac{f_x}{f_{\max}} = \frac{g \cdot x(l-x)}{2H \cdot \cos \beta} : \frac{g \cdot l^2}{8H \cdot \cos \beta} = \frac{4x(l-x)}{l^2} \quad (4-16)$$

Az arány mind az üres, mind a terhelt kötél esetében azonos. Ebből következik, hogy a teher útja a kötélén az önsúly alatt kialakult kötélgörbe hatása alatt áll és ahhoz hasonló; hasonlóképpen olyan parabolát ábrázol, ahol a legnagyobb befüggés, amit a (4-14) egyenlet határoz meg, a középen van.

Az $\frac{f_x}{f_{\max}}$ aránya a (4-16) egyenlet alapján $\frac{x}{l}$ függvényében kiszámítható és táblázatosan megoldható (4.42-I. táblázat).

A parabola szerkesztésére f befüggés ismeretében a 4.42-2. ábrán látható eljárások alkalmazhatók.

1. Két állvány között $g = 1,70$ kp/m önsúlyú, $d = 22,8$ mm átmérőjű kötelet feszítünk ki, melyen a kocsiszerkezet és vonókötél súlyát is beleértve 1140 kp súlyú teher mozog.

Mekkora a legnagyobb befüggés nagysága, ha az állványok távolsága 300 m, az alátámasztási pontok magasságkülönbsége 173,2 m és a felső alátámasztásnál mért legnagyobb kötélterő 9150 kp?

Megoldás:

Az alsó alátámasztásnál keletkező legnagyobb kötélterő a (4-6) egyenlet szerint:

$$S_B = S_A - h \cdot g = 9150 - 173,2 \cdot 1,70 = 8856 \text{ kp}$$

A kötélterő vízszintes komponense a legnagyobb befüggés helyén a (4-12) egyenlet szerint:

$$H = \frac{S_A + S_B}{2} \cos \beta = \frac{9150 + 8856}{2} \cdot 0,866 = 7797 \text{ kp,}$$

$$\text{mert } \operatorname{tg} \beta = \frac{173,2}{300} =$$

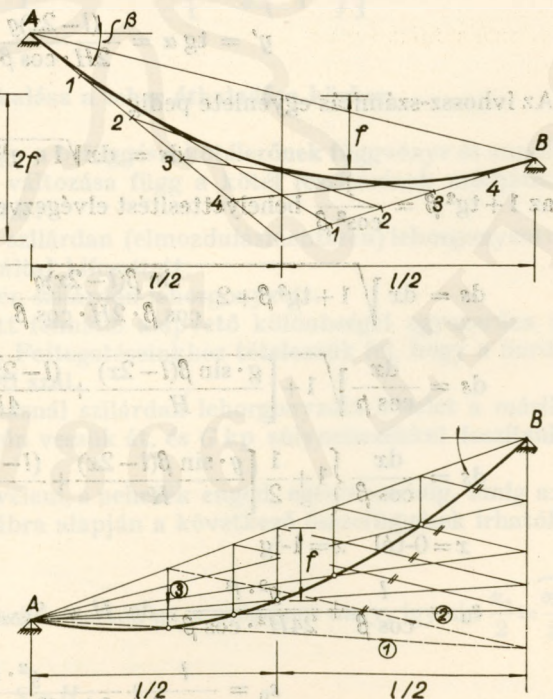
$$= 0,5773 \text{ és így } \beta = 30^\circ$$

A legnagyobb befüggés a mező-középen a (4-14) egyenlet szerint:

$$f_{\max} = \frac{g \cdot l^2}{8H \cdot \cos \beta} + \frac{Ql}{4H} = \frac{1,7 \cdot 300}{8 \cdot 7797 \cdot 0,686} + \frac{1140 \cdot 300}{4 \cdot 7797}$$

$$f_{\max} = \frac{153\,000}{54\,017} + \frac{342\,000}{31\,188} =$$

$$= 2,38 + 10,96 = 13,34 \text{ m}$$



4.42-2. ábra. Parabola szerkesztések

4.42-I. táblázat. A kötélgörbe számítási adatai a legnagyobb befüggésből

$\frac{x}{l}$	$\frac{f_x}{f_{\max}}$	$\frac{x}{l}$	$\frac{f_x}{f_{\max}}$	$\frac{x}{l}$	$\frac{f_x}{f_{\max}}$	$\frac{x}{l}$	$\frac{f_x}{f_{\max}}$	$\frac{x}{l}$	$\frac{f_x}{f_{\max}}$
0,01	0,036	0,11	0,391	0,21	0,664	0,31	0,856	0,41	0,967
0,02	0,079	0,12	0,423	0,22	0,685	0,32	0,870	0,42	0,975
0,03	0,115	0,13	0,452	0,23	0,707	0,33	0,885	0,43	0,980
0,04	0,154	0,14	0,481	0,24	0,729	0,34	0,898	0,44	0,985
0,05	0,190	0,15	0,510	0,25	0,750	0,35	0,910	0,45	0,990
0,06	0,226	0,16	0,537	0,26	0,770	0,36	0,922	0,46	0,994
0,07	0,260	0,17	0,568	0,27	0,788	0,37	0,932	0,47	0,996
0,08	0,295	0,18	0,580	0,28	0,806	0,38	0,942	0,48	0,998
0,09	0,327	0,19	0,615	0,29	0,824	0,39	0,951	0,49	0,999
0,10	0,360	0,20	0,640	0,30	0,840	0,40	0,960	0,50	1,000

2. Mekkora a terhelte kötélfüggése az előző példában megadott feltételek mellett az alátámasztásoktól mért 100 m távolságokra?

A 4.42-I. táblázatból, mivel $x = 100$ és $l = 300$, azaz az $\frac{x}{l} = \frac{100}{300} = 0,33$; $\frac{f_x}{f_{\max}} = 0,885$.
A fentiek szerint $f_{\max} = 13,34$. Így

$$f_{100} = 0,885 \cdot f_{\max} = 0,885 \cdot 13,34 = 11,81 \text{ m}$$

4.43 A kötélgörbe ívhosszúsága

Az előadottakból látjuk, hogy

$$y = \frac{gx(l-x)}{2H \cos \beta} + x \cdot \operatorname{tg} \beta = x \cdot \operatorname{tg} \beta + f_x$$

$$y' = \operatorname{tg} \alpha = \frac{(l-2x)g}{2H \cdot \cos \beta} + \operatorname{tg} \beta$$

Az ívhossz-számítás egyenlete pedig

$$ds = dx \sqrt{1+y'^2}$$

az $1 + \operatorname{tg}^2 \beta = \frac{1}{\cos^2 \beta}$ behelyettesítést elvégezve

$$ds = dx \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \beta + 2 \frac{\sin \beta (l-2x)g}{\cos \beta \cdot 2H \cdot \cos \beta} + \frac{(l-2x)^2 \cdot g^2}{4H^2 \cdot \cos^2 \beta}}$$

$$ds = \frac{dx}{\cos \beta} \sqrt{1 + \left[\frac{g \cdot \sin \beta (l-2x)}{H} + \frac{(l-2x)^2 \cdot g^2}{4H^2} \right]}$$
 sorba fejtve

$$ds = \frac{dx}{\cos \beta} \left\{ 1 + \frac{1}{2} \left[\frac{g \cdot \sin \beta (l-2x)}{H} + \frac{(l-2x)^2 \cdot g^2}{4H^2} \right] \right\}$$
 majd integrálva

$$x=0\text{-től } x=1\text{-ig}$$

$$s_{\bar{u}} = \frac{l}{\cos \beta} + \frac{g^2 \cdot l^3}{24H^2 \cdot \cos \beta}, \text{ de } H = S_{\text{közép}} \cdot \cos \beta \text{ (lásd 4-12 egyenlet)}$$

$$s_{\bar{u}} = \frac{l}{\cos \beta} + \frac{g^2 \cdot l^3}{24 \cdot S_{\text{közép}}^2 \cdot \cos^3 \beta}$$

Ha a kiinduló egyenletbe a terhelt kötél befüggését, azaz $f_x = \frac{x(l-x)}{2H} \left(\frac{g}{\cos \beta} + \frac{2Q}{l} \right)$ értéket helyettesítünk, a levezetést pedig elvégezzük, a következő egyen-

letet nyerjük:

$$s_Q = \frac{l}{\cos \beta} + \frac{g^2 \cdot l^3}{24 \cdot \cos^3 \beta \cdot S_Q^2} + \frac{x(l-x)}{2 \cdot l \cdot \cos \beta \cdot S_Q^2} \cdot Q \left(Q + \frac{g \cdot l}{\cos \beta} \right)$$

Egyszerű általános formában:

$$s = \frac{l}{\cos \beta} + \frac{A_x}{S^2} \quad (4-17)$$

ahol A értékei az eltérő teherállások szerint a 4.42-I. táblázatból vehetők ki.

Több mezőjű pálya esetén:

$$\sum s_{\bar{u}} = \sum \frac{l}{\cos \beta} + \sum \frac{A_M}{S_{k,\bar{u}}^2}, \text{ illetve } \sum s_Q = \sum \frac{l}{\cos \beta} + \sum \frac{A_Q}{S_Q^2}.$$

Az üres kötél ívhossza egyezik lényegében a *Findeis* által közölt ismert formulával, mely szerint

$$s_{\bar{u}} = l + \frac{8}{3} \cdot \frac{f_{\max}^2}{l'} \quad \text{vagy} \quad l' \left[l + \frac{8}{3} \left(\frac{f_{\max}}{l'} \right)^2 \right].$$

4.44 A terhelt kötélgörbe alakulása a teher áthaladása közben

Az elmondottakból kitűnik, hogy a befüggés a kötél erőnek függvénye és annak változásától függ. A kötél erő változása függ a kötélfeszítésének módjától. Két kifeszítési módot tárgyalunk:

a) A hordkötél egyik végén szilárdan (elmozdulásmentesen) lehorgonyzott, másik végén egy mozgó súly által kifeszített.

b) A hordkötél mindkét végén szilárdan lehorgonyzott.

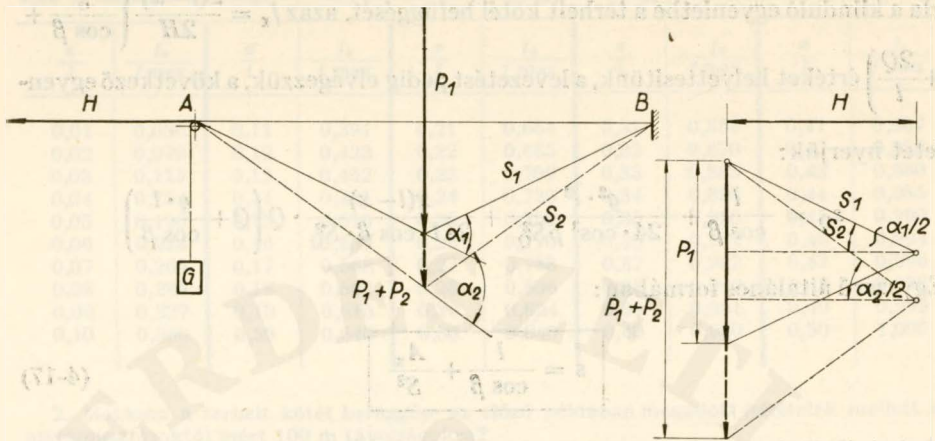
A két kifeszítési mód között fennálló alapvető különbséget egyszerűen a következőkben világítjuk meg. Fejtegetéseinkhez tételezzük fel, hogy a hordkötél szilárd, súlytalan, elméleti szál.

Először az egyik alátámasztásnál szilárdan lehorgonyzott kötelet a másik ponton elhelyezett mozgó görgőn vessük át, és G kp súlynehezékekkel feszítsük ki (4.44-1. ábra).

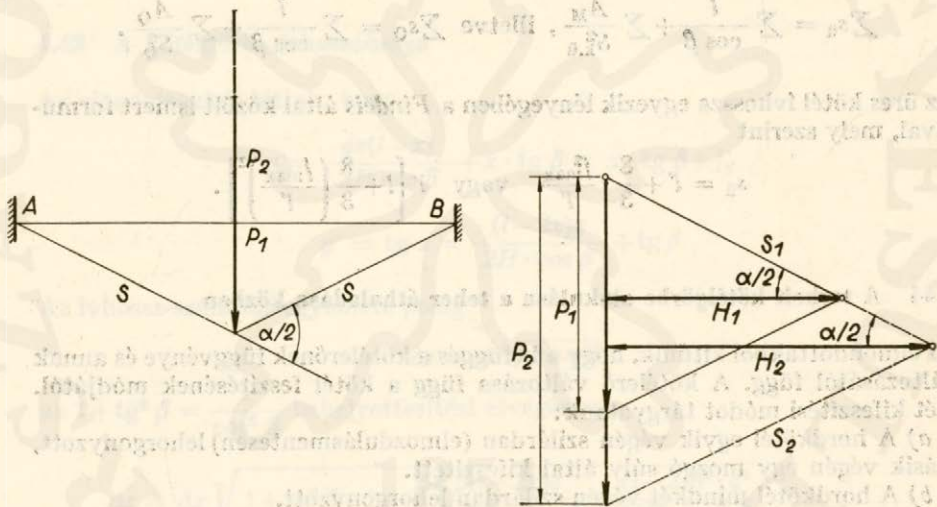
Ha a P_1 terhelést P_2 -vel növelem, a nehezék enged, egészen addig, amíg az egyensúly helyre nem áll. Az ábra alapján a következő összefüggések írhatók fel:

$$\sin \frac{\alpha_1}{2} = \frac{P_1}{2S_1} \text{ megfelelő feszítés esetén az } \alpha \text{ szög nem nagy, így } \sin \frac{\alpha_1}{2} = \frac{\widehat{\alpha}_1}{2}$$

azaz $\widehat{\alpha}_1 = \frac{P}{S}$. Ha $\widehat{\alpha}_1$ igen kicsi, $S \cong H$.

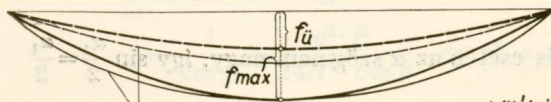


4.44-1. ábra. Mozgó nehezékkel feszített súlytalan kötél egyensúlyi helyzete



4.44-2. ábra. Szilárd lehorgonyzású kötél egyensúlyi helyzete

$$f_x = \frac{g \cdot x \cdot (l-x)}{2H \cdot \cos \beta} + \frac{Q \cdot (l-x)}{H \cdot l}$$



Szilárd lehorgonyzás

== üres kötélgörbék

== terhelt kötélgörbék

4.44-3. ábra. A kötélgörbe alakulása feszítőerős, illetve elmozdulásmentes lehorgonyzás esetén. (Elmozdulásmentes lehorgonyzásnál az egyenletben a f változó)

Ezekből az következik, hogy ha az $S \cong H$ a kötélerő állandó, és P változásával az α értéke fog változni, amíg a $P_1 + P_2$ -nek megfelelő egyensúly helyre nem áll, ami az ábrából szembetűnő.

Ha a súlytalan elméleti kötelet A és B pontban szilárdan lehorgonyozzuk, a 4.44-2. ábra szerinti helyzettel állunk szemben.

Ha a P_1 terhelést P_2 -vel növelem az α szög nem változik, csak a két kötélszárnban keletkező erő növekszik, mert

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{P_1}{2S_1} = \frac{P_1 + P_2}{2S_2} = \frac{\alpha}{2}, \text{ mert } \alpha \text{ igen kis szög, vagyis } \widehat{\alpha} = \frac{P_1}{S_1}, \text{ ahol } \widehat{\alpha}$$

állandó, és így a P erő változásával nyilvánvalóan a kötél erő változik.

Tehát míg a mozgó nehezzel kifeszített kötélen esetében a H értéke állandó, a terhelt kötélgörbe befüggési képleteiben csak a teher helyzetének megfelelő x érték változik, addig a két végén szilárdan lehorgonyzott kötélen esetében a teher helyzetének megfelelően a (4-14) egyenlet nevezőjében szereplő H érték is más és más. Mivel itt a tehernek az alátámasztásokhoz való közeledtével a kötél erő csökken, a feszítőerősúlyos kötélnél képest ezeken a részekben a befüggés növekszik (4.44-3. ábra).

4.45 Mindkét végén elmozdulásmentesen lehorgonyzott hordkötél szerelési feszítésének számítása

Az elmozdulásmentesen kifeszített kötelet egy meghatározott szerelési feszítéssel (S_M) kell feszíteni. A lehorgonyzott kötélnél a legnagyobb kötél erő ($S_{Q_{\max}}$) akkor ébred, ha a teher a mező közepén van. A kocsi áthaladása közben a kötél erő 30–40%-ot süllyedhet.

Az elmozdulásmentesen kifeszített kötélnél ezenfelül a hőmérséklet hatására is keletkezik járulékos erő. Ha ugyanis a hőmérséklet a kifeszítéskor uralkodó hőmérséklethez képest csökken, a kötélnél anyaga alakváltozást szenved, összehúzódik.

Számításainkhoz tételezzük fel, hogy a szereléskor S_M [kp] kötél erővel kifeszített kötélnél ívhossza s_M [m], míg a terhelés alatt a kötél erő $S_{Q_{\max}}$ [kp]-ra növekszik, melynek megfelelő ívhossza s_Q [m].

Mint említettük, a kötélnél hosszúságát a hőmérsékletkülönbség is befolyásolja. A hordkötél megnyúlása a terhelés alatt a két ívhossz különbsége, azaz

$$\Delta l = s_M - s_Q \quad (4-18)$$

Másrészről ez a hosszúságkülönbség nem lehet nagyobb, mint a kötél erő-változás okozta rugalmas alakváltozás és a hőmérséklet okozta alakváltozás összege, azaz

$$\Delta l = \lambda_r \pm \lambda_t \quad (4-19)$$

A Hooke-törvény értelmében

$$\lambda_r = \frac{S_Q - S_M}{E_K \cdot F} \cdot \frac{l}{\cos \beta}$$

és

$$\lambda_t = \pm \sum \Delta t^\circ \cdot \frac{l}{\cos \beta} \cdot \varepsilon$$

ahol $\varepsilon = 0,000011$ C°-onként és Δt° a szerelés és üzemelés időpontja közötti

hőmérsékletkülönbség. Ha a szereléshez képest alacsonyabb hőmérséklet várható, a terhelésmentes kötélben a kötélerő növekszik, tehát kisebb szerelési feszítés szükséges. Ilyenkor az $\varepsilon \Delta t^\circ$ tag pozitív előjellel veendő figyelembe.

Tehát egyrésztől:

$$\Delta l = \frac{S_Q - S_M}{E_K \cdot F} \cdot \frac{l}{\cos \beta} \pm \varepsilon \Delta t^\circ \frac{l}{\cos \beta}, \text{ másrésztől a}$$

(4-18) egyenlet szerint

$$\Delta l = s_Q - s_M = \frac{1}{\cos \beta} + \frac{A_Q}{S_Q^2} - \frac{l}{\cos \beta} - \frac{A_M}{S_M^2} = \frac{A_Q}{S_Q^2} - \frac{A_M}{S_M^2}, \text{ azaz}$$

$$\frac{S_Q - S_M}{E_K \cdot F} \cdot \frac{l}{\cos \beta} \pm \varepsilon + \Delta t^\circ \frac{l}{\cos \beta} = \frac{A_Q}{S_Q^2} - \frac{A_M}{S_M^2},$$

$$\text{ha } \frac{l}{\cos \beta} = l'.$$

Ha ezt az egyenletet rendezzük vagy az S_Q adott teherhelyzetnek megfelelő legnagyobb kötélterő, vagy az S_M szerelési feszültség kiszámítható. Így

$$\boxed{S_Q^3 + S_Q^2 \left[\frac{E_K \cdot F \cdot A_M}{l' \cdot S_M^2} \pm \varepsilon \Delta t^\circ \cdot E_K \cdot F - S_M \right] = \frac{E_K \cdot F}{l'} \cdot A_Q} \quad (4-20)$$

illetve

$$\boxed{S_H^3 + S_M^2 \left[\frac{E_K \cdot F \cdot A_Q}{l' \cdot S_Q^2} \pm \varepsilon \Delta t^\circ \cdot E_K \cdot F - S_Q \right] = \frac{E_K \cdot F}{l'} \cdot A_M} \quad (4-21)$$

(A értékei a 4.45-I. táblázatból vehetők ki.)

Példa. Kiszámítható egy pászmás szerkezetű, mindkét végén elmozdulásmentesen lehorogonyzott hordkötélben ébredő legnagyobb $S_{Q \max}$ kötélterő, ha

$$l = 280 \text{ m};$$

$$h = 40 \text{ m};$$

$$g = 0,00179 \text{ Mp/m};$$

$$F = 1,877 \text{ cm}^2;$$

$$E_K = 0,6 \cdot 2100 \text{ Mp/cm}^2 = 1260 \text{ Mp/cm}^2;$$

$$Q = 1 \text{ Mp};$$

$$S_M = 6,0 \text{ Mp}.$$

$$\text{Seale } 6(1+9+9) = 114+1 \text{ kenderbetét} \\ d = 22 \text{ mm}, S_{st} = 30.000 \text{ kp}.$$

Az üzemeltetésnél a szerelés időpontjához viszonyítva

$\Delta t^\circ = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ -kal alacsonyabb hőmérséklet várható

$$\varepsilon = 0,000011;$$

$$\beta = 10^\circ 30';$$

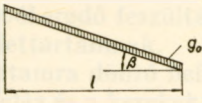
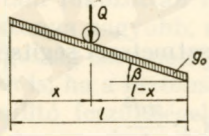
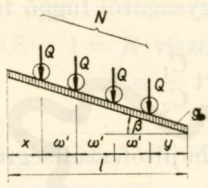
$$l' = \frac{l}{\cos \beta} = \frac{280}{\cos 10^\circ 30'} = 284,78 \text{ m} \quad (\cos 10^\circ 30' = 0,98325)$$

$$E_K \cdot F = 1260 \cdot 1,877 = 2365 \text{ Mp}$$

$$\frac{E_K \cdot F}{l'} = 8,31$$

$$A_M = \frac{g^2 \cdot l'^3}{24} = \frac{0,00179^2 \cdot 284,78^3}{24} = 3,083$$

$$A_Q = A_M + \frac{l' \cdot Q}{8} (Q + g \cdot l') = 3,083 + \frac{284,78}{8} \cdot (1 + 0,00179 \cdot 284,78) = 56,815$$

Az igénybevétel módja	Az A értéke
	$A = \frac{g^2 \cdot l^3}{24 \cos^3 \beta}$
	$A = \frac{g^2 \cdot l^3}{24 \cos^3 \beta} + \frac{x(l-x)}{2 \cdot l \cdot \cos \beta} \cdot Q \left(Q + \frac{g \cdot l}{\cos \beta} \right)$
 <p style="text-align: center;">$k = \frac{l}{\omega'}$</p>	$A = \frac{g^2 \cdot l^3}{24 \cdot \cos^3 \beta} + \frac{QN \cdot l}{2 \cdot k^2 \cdot \cos \beta} \cdot \left[\frac{x \cdot y}{\omega^2} \cdot \left(N \cdot Q + \frac{g \cdot l}{\cos \beta} \right) + \frac{N-1}{6} \cdot \left(b \cdot Q \cdot N + a \frac{g \cdot l}{\cos \beta} \right) \right]$ <p> $a = 3k - (2N - 1)$ $b = \frac{2N-1}{N} \cdot k - \frac{3}{2} (N-1)$ </p> <p> A_{\min} ha $x = 0$ A_{\max} ha $x = y$ és a rakományok száma: $N = 1$, ha $k = 1,0 - 1,35$ $N = 2$, ha $k = 1,35 - 2,41$ $N = 3$, ha $k = 2,41 - 3,43$ </p>

$$S_Q^3 + S_Q^2 \left[\frac{E_K \cdot F \cdot A_M}{l' \cdot S_M^2} \pm \varepsilon A t^\circ \cdot E_K \cdot F - S_M \right] = \frac{E_K \cdot F}{l'} \cdot A_Q$$

$$S_Q^3 + S_Q^2 \left[8,31 \frac{3,08}{36} \pm 50,2365 \cdot 0,000011 - 6 \right] = 8,31 \cdot 56,815$$

$$S_Q^3 - 4,99 S_Q^2 - 472 = 0, \text{ ahonnan } S_Q = 9,85 \text{ Mp}$$

A kötélrő ingadozása: $\frac{9,85 - 6}{6} \cong 64\%$ lesz.

4.5 A hordkötél méretezése

Az üzembiztonság érdekében a hordkötél szakítószilárdsága (σ_{sz}) néhány-szorosa (k) legyen az üzem közben fellépő húzófeszültségnek. Ez a biztonságot jelentő szám, erdőgazdasági kötélpályáknál a közép-európai gyakorlat szerint 2,8–3-ra vehető fel, míg telepi kábelarduknál 3–3,5 legyen.

A kötélméret meghatározásánál a gazdaságos élettartamot is figyelembe kell venni, azonban míg ez az állandó jellegű pályáknál a nagy szerelési költségek miatt döntő tényező, addig a gyakran áthelyezésre kerülő erdőszeti kötélpályáknál és kötélarduknál alárendelt szerepet játszik.

Mivel a kötélméret fm-enkénti súlya, így a kötélátmérő jelentős befolyást gyakorol a befüggésre, a méretezésnél a megengedhető maximális befüggés is figyelembe veendő.

A hordkötél a sarukon és a kocsi kerekei alatt hajlításra is igénybe van véve, amelynek gyakori ismétlődése kifárasztja az anyagot, a hajlítás helyén az elemi szálak bizonyos mértékig egymás felett elcsúsznak és ennek következtében kopnak, a kocsi kerekei a kötél külső elemi szálait koptatják.

A hajlítás okozta igénybevétel, *Isaachsen* után a következő egyenlettel fejezhető ki:

$$\sigma_B = \frac{Q'}{4} \cdot d \sqrt{\frac{E_K}{I \cdot S}},$$

ahol Q' a kocsi tengelynyomása [kp];

d a kötélátmérő [cm];

E_K a kötél rugalmassági modulusza [kp/cm²];

I a kötél inercianyomatéka [cm⁴];

S a tengelyirányú kötélterő.

A kötél inercianyomatékát F [cm²] fémkeresztmetszet segítségével fejezhetjük ki:

$$I = C_1 \cdot \frac{\pi d^4}{64} \text{ és } F = C_2 \cdot \frac{\pi d^2}{4},$$

ahol C_1 és C_2 a keresztmetszet hézagainak nagyságától függő tényező. Ebből következőleg:

$$I = F \frac{d^2}{16} \cdot \frac{C_1}{C_2} = F \frac{d^2}{16}, \text{ mert } \frac{C_1}{C_2} \cong 1.$$

Az így nyert érték behelyettesítése után a hajlítófeszültségre a következő egyenletet nyerjük:

$$\sigma_B = \frac{Q'}{F} \sqrt{\frac{E_K \cdot F}{S}}$$

$\sigma_z = \frac{S}{F}$ húzásból eredő feszültséget behelyettesítve:

$$\sigma_B = \frac{Q' \text{kp}}{F \text{cm}^2} \sqrt{\frac{E_K \text{kp/cm}^2}{\sigma_z \text{kp/cm}^2}} \text{ [kp/cm}^2\text{]} \quad (4-22)$$

egyenletet nyerjük. Az egyenletből kiténik:

1. A hajlító feszültség arányosan nő a kocsi tengelynyomásával, ami azt jelenti, hogy a kerekek számának növekedésével a kötél élettartama is növekszik.

A tengelynyomás és a kötélterő viszonya állandó pályáknál ne legyen kisebb, mint

$$\frac{1}{40} - \frac{1}{60}$$

Áthelyezhető erdészeti pályáinknál:

$$\frac{1}{25} - \frac{1}{40}$$

2. A hajlítófeszültség a húzásból eredő feszültség növekedésével csökken, legnagyobb értéke tehát $\sigma_{z \text{ min}}$ -nál van.

3. A hajlítófeszültség az átmérővel (d) növekszik, a fém keresztmetszettel (F) csökken.

4. Nagyobb szilárdságú anyagból készült kötél hajlítófeszültsége kisebb. A hajlító- és húzófeszültség összefüggései *Dukelszky* szerint a következők:

a) A sodronykötél összes feszültsége ($\sigma_0 = \sigma_B + \sigma_z$) nem feltétele a kötél élettartamának.

b) A hordkötél erősebb feszítése növeli az élettartamot, azért a húzásból eredő feszültség megállapításánál a biztonsági tényezőt (k) a megengedhető mértékig csökkenteni kell.

c) A hajlításból eredő feszültég (σ_B) nem döntő tényezője a szilárdságnak, de jellemzője az élettartamnak.

d) Az élettartamra döntő befolyással bír az anyag fáradása, amit főképp a hajlítás, a súrlódás és a kerekek felületi nyomása idéz elő.

e) A kocsikerekek számának növelése meghosszabbítja a hordkötél élettartamát.

f) Az élettartam fokozottan növekszik, ha a kötélérő és a koci tengelynyomásának viszonya nagyobb, mint húsz ($S: Q' > 20$).

g) A gazdaságosság szempontjából legkedvezőbb, ha $\sigma_B: \sigma_z \leq 1 \sim 0,8$, még abban az esetben is, ha a biztonság $K = 2,65$ értékre csökken.

A húzó és hajlító feszültségek alakulását az áthaladó koci alatt 45-1. ábrán mutatjuk be.

Ha a

$$\frac{\sigma_B}{\sigma_{z \min}} \leq 0,8 \sim 1 = K \text{ viszonyt helyettesítjük a (4-22) egyenletbe:}$$

$$K = \frac{\sigma_B}{\sigma_{z \min}} = \frac{Q'}{F \cdot \sigma_{z \min}} \sqrt{\frac{E_K}{\sigma_{z \min}}} \text{ egyenletet kapjuk.}$$

$$\text{De } F \cdot \sigma_{z \min} = S_{\min},$$

$$\text{így } \frac{S_{\min}}{Q'} = \frac{1}{K} \sqrt{\frac{E_K}{\sigma_{z \min}}}. \quad (4-23)$$

Az élettartam szempontjából a legnagyobb és a legkisebb kötélérő viszonya tekintetében a vélemények eltérők. *Binder* (1957) szerint:

$$\frac{S_{\max}}{S_{\min}} = \beta = 1,25 - 1,60$$

Reman, Z. – Schalghamersky, A. (1961) szerint = 1,5–1,7. Ennek alapján:

$$\sigma_{z \min} = \frac{\sigma_{z \max}}{\beta} = \frac{\sigma_0}{k \cdot \beta},$$

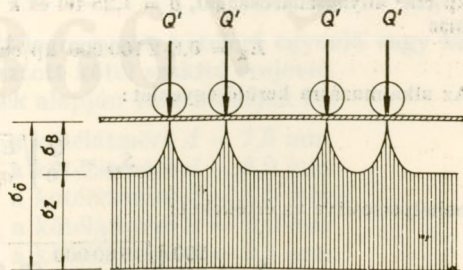
ahol a σ_0 a kötél húzószilárdsága és k a biztonsági tényező.

A legkisebb kötélérő tehát:

$$S_{\min} [\text{kP}] = \frac{S \text{ szakító}}{k \cdot \beta}$$

A (4-23) egyenletbe behelyettesítve:

$$\frac{S_{sz}}{Q' \cdot k \cdot \beta} = \frac{1}{K} \sqrt{\frac{E_K \cdot k \cdot \beta}{\sigma_0}}, \text{ ahonnan}$$



4.45-1. ábra. A húzó és hajlító feszültségek alakulása az áthaladó koci alatt

a szükséges szakítóerő:

$$S_{sz} = \frac{Q'}{K} \sqrt{\frac{E_K}{\sigma_0} \cdot k^3 \cdot \beta^3}$$

Nagy forgalmú állandó pályáknál, mivel az élettartamot lényegesen befolyásolja az óránként áthaladó kocsik száma (N) és a kocsikerekek száma (i) a K érték ezektől függ.

Nevezetesen:

$$K = \frac{10}{\sqrt{N \cdot i}}, \text{ azaz}$$

$$S_{sz} = \frac{Q'}{10} \sqrt{\frac{E_K}{\sigma_0} \cdot N \cdot i \cdot k^3 \cdot \beta^3} \quad (4-24)$$

Példák. 1. Egy kötélदारu 100 kp-os súlyú négykerekű kocsiával 0,9 m³-es bűk rönköt szándékozunk kiszállítani. Mekkora legyen az alkalmazandó pászmás hordkötél keresztmetszete?

Az előadottak szerint: $K = 0,8$; $\beta = 1,6$ és $k = 2,8$ értékeket előre felvesszük. A kötél elaszticitási modulusza a (4.31) pont szerint:

$$E_K = 0,4 \cdot 2 \cdot 100 \, 000 = 840 \, 000 \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_0 = 16 \, 000 \text{ kp/cm}^2$$

A tengelynyomás kiszámításánál a következő értékeket vesszük figyelembe:

0,9 m³ bűk 1100 kp/m³-rel számolva 990 kp

Kocsi súlya 100 kp

Vonókötél ($d = 10,2$ m) féltéher, a legnagyobb

állványköz felével számolva $\frac{387}{2} \text{ m} \cdot 0,31 \text{ kp/m}$ 60 kp

Összesen: 1150 kp,

$$\text{ahonnan } Q' = \frac{1150}{4} = 287,5 \text{ kp,}$$

$$S_{sz} = \frac{287,5}{0,8} \sqrt{\frac{840 \, 000}{16 \, 000} \cdot 2,8^3 \cdot 1,6^3} = 24 \, 694,78 \text{ kp.}$$

A 4-VI. táblázatból a 16 000 kp/cm² húzalszilárdságot figyelembe véve ennek megfelel 21 mm átmérőjű kötél.

$$S_{min} = \frac{24 \, 694,78}{2,8 \cdot 1,6} = 5512 \text{ kp,}$$

$$S_{max} = 1,6 \cdot S_{min} = 1,6 \cdot 5512 = 8819,2 \text{ kp,}$$

(másképp $S_{max} \cong 7,5 \cdot Q = 7,5 \cdot 1150 \cong 8625$ kp a tervezésnél felveendő kötélről)

2. Egy körforgalmú pályán óránként 60 db négykerekű 800 kp összsúlyú kocsit kell átvontatni. Mekkora az alkalmazásra kerülő spirális hordkötél keresztmetszete, ha $\sigma_0 = 16 \, 000$ kp/cm² anyagszilárdsággal, $\beta = 1,25$ -tel és $k = 2,8$ -cal számolunk. Az elaszticitási modulusz

$$E_K = 0,8 \cdot 2 \cdot 100 \, 000 \text{ kp/cm}^2 = 1 \, 680 \, 000 \text{ kp/cm}^2.$$

Az alkalmazásra kerülő egyenlet:

$$S_{sz} = \frac{Q}{10} \sqrt{\frac{E_K}{\sigma_0} \cdot N \cdot i \cdot k^3 \cdot \beta^3}$$

behelyettesítve az értékeket:

$$S_{sz} = \frac{200}{10} \sqrt{\frac{1 \, 680 \, 000}{16 \, 000} \cdot 60 \cdot 4 \cdot 2,8^3 \cdot 1,25^3} = 20 \, 780 \text{ kp.}$$

528 A 4-VI. táblázat alapján ennek a szakítóerőnek megfelel $d = 19,0$ mm átmérő.

4.6 Pályatervezési számítások

Az erdészeti kötélpályák és kötélदारuk tervezésénél azt a gyakorlatot követjük, hogy a legfontosabb alapadatokat tapasztalati úton meghatározzuk és ezekkel elkészített ideiglenes pályatervet pontos számítással ellenőrizzük és ha kell, módosítjuk.

A tervezés menete így a következő:

1. Hordkötél és vonókötél megválasztása.
2. Ideiglenes állványkiosztás és egyúttal a hordkötélgörbék berajzolása.
3. A hordkötél törésszögek ellenőrzése és ennek kapcsán az állványkiosztás módosítása.
4. Kötélgörbék berajzolása és törésszögek végleges kiszámítása, kötélméret ellenőrzése.
5. Állványokra ható támaszerők meghatározása és ennek alapján az állványok méretezése.
6. Lehorgonyzások ellenőrzése.
7. A pályahajtás tervezése.

4.61 A hordkötél és vonókötél megválasztása

A hordkötél megválasztásához ismerni kell a pályán fellépő legnagyobb kötélterőt (S_{\max}). A legnagyobb kötélterőt a tervezett pálya minőségének megfelelően, a terhelés arányában, tapasztalati úton vesszük fel. Ezek szerint:

Állandó, folytonos üzemű pályák esetén:

$$\psi = \frac{S_{\max}}{Q+K} = 9-10 \quad (4-25)$$

ahol Q [Mp] a hasznos teher;

K [Mp] a koci súly

Áthelyezhető pályáknál: $\psi = 8,0$

Hosszúpályás kötélदारuknál: $\psi = 7,5$

Közép- és rövidpályás daruknál: $\psi = 6-7$

Az adatok négygörgős kocsira vonatkoznak. Háromgörgős koci alkalmazásánál a viszonyszámot 50%-kal, kétgörgős koci esetén 100%-kal kell emelni, ha el akarjuk kerülni a nagyfokú kötélelhasználóást.

Ha ezeket a tapasztalati értékeket túllépjük, súlyosabb kötelet kell használnunk, ami a szerelési költségeket emeli, ha az értékek alatt maradunk, az állványok szükséges magassága növekszik.

A kötélt kiválasztásához a biztonsági tényezővel megszorított kötélterőt vesszük alapul. A biztonsági tényező általában, mint mondtuk, 2,8–3. A biztonsági tényező magában véve még nem a biztonság. Ezt főként a gondos kivétel jelenti.

A biztonsági tényezővel megszorított legnagyobb kötélterő egyenlő vagy kisebb legyen a kötél táblázatból kiválasztott kötélt szakító erejével.

A vonókötelet a következő irányelvek alapján választhatjuk ki:

Ha a hasznos teher $Q = 0,7-0,8$ Mp, a kötélátmérő $d = 7,5$ mm
 $0,8-0,9$ Mp, a kötélátmérő $d = 8,0$ mm
 $0,9-1,0$ Mp, a kötélátmérő $d = 8,5$ mm
 $1,0-1,1$ Mp, a kötélátmérő $d = 9,0$ mm
 $1,1-1,2$ Mp, a kötélátmérő $d = 9,5$ mm.

Vonókötél céljaira az adatok figyelembevételével 160 kp/mm² szilárdságú Seale-kötél alkalmazható.

4.62 Ideiglenes állványkiosztás és egyúttal a hordkötélgörbe berajzolása

A terepen felvett hossz-szelvény alapján, melyet rendszerint 1:1000 méretarányban, torzításmentesen rajzolunk meg, kiválasztjuk az állványok helyét. Igen sok variáns lehetséges.

Az állványok magassága a saruhorony közepéig számít, míg a szerkezeti magasság ennél 0,75–1,00 m-rel nagyobb. A legmagasabb természetes állvány 30 m, míg mesterséges állványt 25 m felett ne tervezzünk.

Ügyelni kell arra, hogy a teher a földet ne érje. A teher áthaladásához 1,5 m szabad magasság hagyandó.

A hőmérséklet ingadozása, feszítő súly mozgása, saru-kenés, kötél-megnyúlás erősen kihat a befüggésre, valamint a hasznos teher is nagyobb lehet a tervezettnél, és ezek a hatások az állványköz nagyságának négyzetével hatnak, hosszabb mezők esetében 1,5 m szabad magassághoz biztonság kedvéért 0,05 f_{\max} értéket adunk.

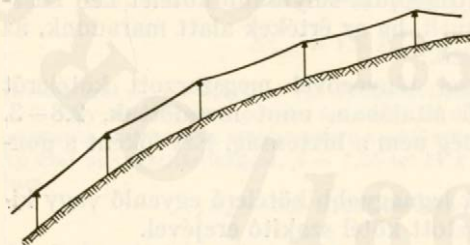
A hordkötélnek adott terepen való legjobb kihasználása érdekében megfelelő állványközöket kell választani. Az állványköz nagysága lényeges hatást gyakorol a teher áthaladásakor ébredő kötélterőkre. Az állványköz növekedésével a teher áthaladásakor a kötélterő is növekszik.

Az állványköz hosszát befolyásoló tényezők közül elsősorban a tereppel kell foglalkoznunk. A kötélpálya hossz-szelvényét a terep alakulása szerint négy csoportra oszthatjuk:

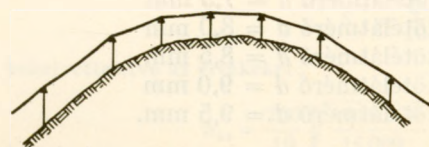
- Egyenletes esésű hossz-szelvény
- Domború (konvex) hossz-szelvény
- Homorú (konkáv) hossz-szelvény
- Vegyes hossz-szelvény

Az *egyenletes esésű* hossz-szelvény esetében az állványközök hosszát az állványok magassága szabja meg. Az állványközök növekedésével a befüggés értéke is növekszik, így magasabb állványokat kell építeni, a teher áthaladásához szükséges szabad magasság biztosítására. Esetenként mérlegelendő, melyik előnyösebb: Kevesebb és magasabb állvány vagy sűrűbb alacsony állvány. Például az egyszerű Valtellina-típusú pályákat 100–140 m-es állványközzel, 7–9 m magas állványokon szokás vezetni.

Domború hossz-szelvény esetén (4.62-1. ábra) rövidebb állványközöket kell alkalmazni, mint egyenletes esésnél. A domború terep miatt a hordkötél az állványköz közepén van a terephez legközelebb, s ezért az állványköznek rövidebbnek vagy az állványoknak magasabbaknak kell lenniük.



4.62-1. ábra. Domború hossz-szelvény



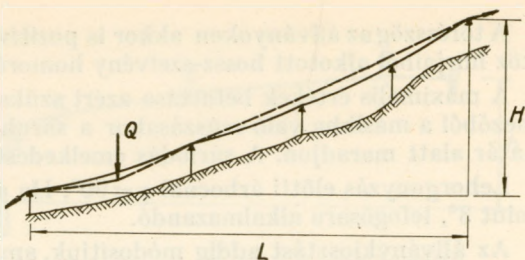
4.62-2. ábra. Kúpátvezetés

Éles domborulatok – ún. *kúpátvezetések* – esetén az állványokat a megengedett érintő törésszög betartása érdekében is közel kell helyezni. Ilyen helyen az összetett, ún. lengőkaros sarukkal is segíthetünk (4.62-2. ábra). Általában alacsony állványokat (4–6 m) alkalmazhatunk.

*Homorú hossz-szelvény*nél a hordkötél gyakran a fák koronája felett halad és így az állványközök kényyszerűen nagyok. Az ilyen homorú

hossz-szelvények a legnagyobb lehetséges állványközöket használják ki.

Homorú hossz-szelvény esetén fennáll annak a veszélye, hogy a hordkötél a saruból kiemelkedik. Ennek megelőzésére az ilyen pályákat ún. *túlfeszítéssel* tervezük. Ez azt jelenti, hogy az állványkiosztásnál azon a szakaszon, ahol a kiemelkedés veszélye fennáll, a sarukat egy 25%-kal megnövelt alapfeszítéssel tervezett üreskötél-görbe mentén helyezük el (4.62-3. ábra).



4.62-3. ábra. Túlfeszített hossz-szelvény

Az ideiglenes állványkiosztásnál a befüggések értékét a gyors kiszámítás érdekében a következő megközelítő egyenletekkel számítjuk ki:

Kötélpályáknál és hosszúpályás kötélदारuknál:

$$f_u = \frac{l'^2 [hm]}{4}$$

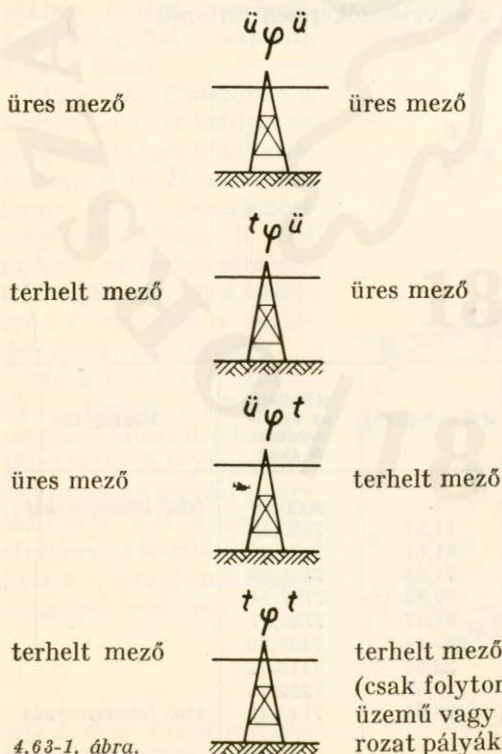
$$f_t = (3-4)l' [hm]$$

Rövidpályás kötélदारuknál:

$$f_u = \frac{l'^2 [hm]}{3}$$

$$f_t = (5-6)l' [hm]$$

A kötélgörbét a 4.42. pontban ismertetett eljárások egyikével rajzolhatjuk be.



4.63-1. ábra.

4.63 Hordkötél-törésszögek ellenőrzése és az ideiglenes állványkiosztás módosítása

Az ideiglenes kötélgörbe érintői közvetve adják a törésszöget, melyet transzportórral a hossz-szelvényről levehetünk.

Míg az üreskötél törésszöge egyértelmű, a terhelt kötéltörésszöge a teherállás szerint változhat. A lehetséges eseteket az alábbiakban soroljuk fel:

A meghatározott törésszögeknek a következő irányértékek között kell maradnia:

a) Kötélpályáknál

$$\varphi^u \cong 2^\circ \quad \varphi^t \cong 16^\circ - 22^\circ$$

b) Kötélदारuknál

$$\varphi^u \cong 1^\circ \quad \varphi^t \cong 26^\circ$$

A törésszög az állványokon akkor is pozitív legyen, ha a hordkötél-támaszköz húrjaiból alkotott hossz-szelvény homorú.

A maximális értékek betartása azért szükséges, hogy a hordkötélnek egyik mezőből a másikba való csúszásakor a saruhoronyban való súrlódás bizonyos határ alatt maradjon. A súrlódás emelkedése a kötélt elhasználódását növeli.

Lehorgonyzás előtti árbcnál $\varphi < 90^\circ$. Ha az üres kötéltörésszög nagyobb, mint 3° , lefogósaru alkalmazandó.

Az állványkiosztást addig módosítjuk, amíg a megadott szögértékek betartása mellett kedvező pályát kapunk.

4.64 A kötélgörbe berajzolása, a törésszögek végleges kiszámítása és a kötélméret ellenőrzése

A kötélgörbe végleges megszerkesztéséhez az egyes állványoknál fellépő kötél-erőket meg kell határozni. Az előzőekben meghatározott S_{\max} a magasabban fekvő lehorgonyzásra vonatkozik, míg a kötél-erő innen kiindulva az egyes pontok közötti magasságkülönbséggel arányosan csökken. Az egyes állványokon fellépő kötél-erőt, mint tudjuk, megkapjuk, ha az előző állványon fellépő kötél-erőből kötél-súly és a magasságkülönbség szorzatát levonjuk (4-6 képlet).

Ezt a munkát a 4.64-I. táblázatban mutatjuk be:

A kötélgörbe befüggéseit a (4-14) egyenlet alapján szabatosan kiszámítjuk a táblázatból vett adatok alapján.

A *hasznos terhelés* (Q) a rakományból, a kocsi súlyából és a vonókötél-terhelésből áll ($Q = Q' + E_1 + E_2$).

A vonókötél-terhelés kiszámítása a következőképpen történik:

$$\text{Kötéldaruknál } E_2 = g \cdot \frac{l'}{4}$$

$$\text{Végtelenített vonókötélnél: } E_2 = g \cdot \frac{l'}{2}$$

4.64-I. táblázat. Magasság-kötél-erő táblázat

$$S_{\max} = 8000 \text{ kp}; \quad g = 1,8 \text{ kp/m}$$

Állvány szám	A saru mérőjegye m	Szintkülönbség a saruk között h [m]	$\Delta S = h \cdot g$ (kp)	Kötél-erő az állványokon S' (kp)	Megjegyzés
A	931,50	—	—	8000,00	felső lehorgonyzás
B	925,07	6,43	11,57	7988,43	
C	890,84	34,23	61,61	7926,82	
D	851,26	39,58	71,24	7855,58	
E	813,57	37,69	67,84	7787,74	
F	779,42	34,15	61,47	7726,27	
G	619,47	159,95	287,91	7438,36	
H	606,89	12,58	22,64	7415,72	
I	499,68	107,21	192,98	7222,74	
J	455,62	44,06	79,31	7143,43	alsó lehorgonyzás

4.641 A kötél erő alakulása feszítősúly esetén és a feszítősúly meghatározása

Az üres hordkötél terhelése a következő tényezőkből tevődik össze:

- a) Nehezék által előidézett szerelési feszítésből;
- b) az önsúlyból;
- c) a feszítőgörgő, valamint a sarok súrlódási ellenállásából.

A kötél erő értéke a 4.64-1. ábra szerint:

$$A \text{ állványon } S_A = G$$

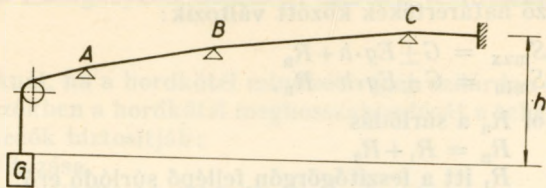
$$B \text{ állványon } S_C = G + g \cdot h = S_{\max}$$

Ha a nehezék a pálya felső végén van elhelyezve, a kötél súlyból származó tag előjele (-).

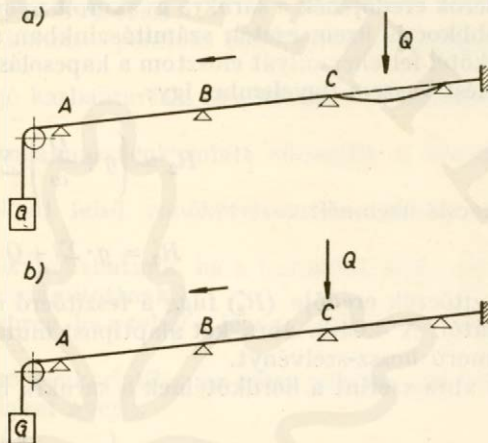
A nehezéknek le kell győznie a súrlódási ellenállást, amely a kocsi áthaladása során az egyes mezőkben fellépő kötél erőhol növeli, hol csökkenti (4.64-2. ábra).

Ha a kötél *C* mezőben a kocsiheher alatt befügg, az ehhez szükséges kötélhosszat az *A* és *B* mezőkből kapja és a feszítősúlyt megemeli. Ehhez le kell győznie az összes támaszték súrlódását, így a kötél erő a *C* mezőben a súrlódás értékével nagyobb.

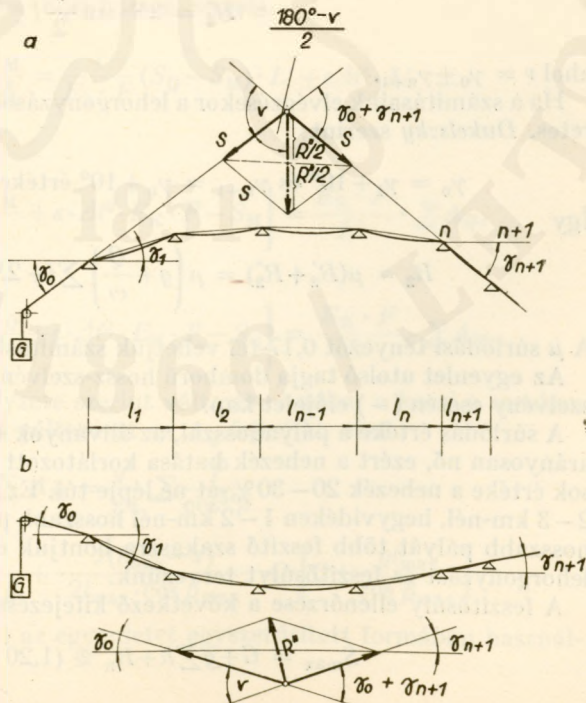
Ha a kocsi a *C* állványon áthalad, a kötél a *C* mezőben kifeszül, a kötél a feszítősúly felé elmozdul, miközben az legyőzi a súrlódó erőt. Ezt a munkát elvégezve a feszítősúly hatása a *C* mezőben a súrlódó erővel csökken.



4.64-1. ábra. Mozgó nehezékkel feszített hordkötél alapigénybevétele



4.64-2. ábra. Kötélmozgás mozgó nehezékkel feszített kötél esetén a teher áthaladása közben



4.64-3. ábra. Feszítő erők alakulása. a) Domború. b) Homorú hossz-szelvényénél

Az előadottakat általánosítva tetszés szerinti n mezőben a kötél erő a következő határértékek között változik:

$$S_{\max} = G \pm Eg \cdot h + R_n$$

$$S_{\min} = G \pm Eg \cdot h - R_n,$$

ahol R_n a súrlódás

$$R_n = R_1 + R_2$$

R_1 itt a feszítőgörgőn fellépő súrlódó erő;

R_2 a terhelte mező és a feszítő súly közötti sarukon fellépő súrlódó erő.

$R_1 = \alpha_k \cdot G$, ahol $\alpha_k = 0,05 - 0,15$ átlagos értékkel vehető számításba.

A sarukon ébredő súrlódó erő függ a kötélsúlyától, a kocsi súlyától és a kötél erő eredőjének a sarukra gyakorolt nyomásától.

Többkocsis üzem esetén számításainkban a kocsik és a hozzájuk tartozó vonókötél felteher súlyát elosztom a kapcsolási távolsággal (ω) és mint osztott terhelést veszem figyelembe, így:

$$R'_2 = \left(g + \frac{Q}{\omega} \right) \Sigma l$$

Egykocsis üzemenél:

$$R'_2 = g \cdot \Sigma l + Q$$

A feszítőerők eredője (R'_2) függ a feszítőerő nagyságától és a hossz-szelvény alakjától. A 4.64-3. ábra két alaptípust mutat be, nevezetesen a domború és a homorú hossz-szelvényt.

Az ábra szerint a hordkötélnek a sarukra ható nyomóereje:

$$R_2^r = 2S \cdot \cos \left(90^\circ - \frac{\nu}{2} \right), \text{ illetve}$$

$$R_2^s = 2S \cdot \sin \frac{\nu}{2},$$

ahol $\nu = \gamma_0 \pm \gamma_{n+1}$.

Ha a számításaink elvégzésekor a lehorgonyzások szerkezete még nem ismeretes, *Dukelszky* szerint:

$$\gamma_0 = \gamma_1 + 10^\circ \text{ és } \gamma_{n+1} = \gamma_n + 10^\circ \text{ értékek alkalmazhatók.}$$

Így

$$R_2 = \mu(R'_2 + R_2^r) = \mu \left(g + \frac{Q}{\omega} \right) \Sigma l + 2S \cdot \sin \frac{\gamma_0 + \gamma_{n+1}}{2}$$

A μ súrlódási tényezőt 0,17-tel vehetjük számításba.

Az egyenlet utolsó tagja domború hossz-szelvény esetén (+), homorú hossz-szelvény esetén (-) előjelet kap.

A súrlódás értéke a pályahosszal, az állványok számával és a törésszögekkel arányosan nő, ezért a nehezek hatása korlátozott hosszra terjed. Az ellenállások értéke a nehezek 20–30%-át ne lépje túl. Ez azt jelenti, hogy sík vidéken 2–3 km-nél, hegyvidéken 1–2 km-nél hosszabb pálya nem építhető. Az ennél hosszabb pályát több feszítő szakaszra bontjuk és minden szakasznak külön lehorgonyzást és feszítő súlyt tervezünk.

A feszítő súly ellenőrzése a következő kifejezéssel történhet:

4.642 Mindkét végén szilárdan lehorgonyzott hordkötél szerelési feszítésének meghatározása

Több mezőből álló kötélpályáknál, ha a hordkötél mindkét végén szilárdan le van horgonyozva, az egyes mezőkben a hordkötél meghosszabbodását a teherállásnak megfelelően a következők biztosítják:

a) A köté rugalmas alakváltozása.

b) A terheltebb mező melletti állványközök befüggéseinek csökkenése, és így a sarukon a köté átcsúszása.

Szilárd lehorgonyzása a szerelésnél könnyebbséget biztosít, tehát az áthelyezhető erdészeti kötélpályáknál egyedüli megoldásként használják. Alkalmazásánál néhány szempontot tartásuk szem előtt:

1. Spirálkötél helyett inkább alkalmas a pászmás köté, mivel a rugalmassági modulusza (E) kisebb.

2. A nagy kötélterő-ingadozás jó karbantartást és a kötélterő ellenőrzését, és szabályozását kívánja.

3. Kihorgonyzott állványok rugalmasságuk miatt elősegítik a feszültség kiegyenlítését.

4. Nagy törésszögű állványoknál felső vonókötélvezetést alkalmazunk (4.332 pont).

5. Háromszoros biztonságot alkalmazhatunk, ha a hordkötél teljes értékű. (A tényleges szakítóerő 90%-a a számítottnak.)

A legnagyobb kötélterő akkor ébred, ha a teher a legnagyobb mező közepére érkezik.

Mivel az l_x mezőben a kötélterő gyakorlatilag az egész pályára mértékadó a (4-20) egyenlet a következő alakot nyeri:

$$\sum \frac{A_Q}{S_Q^2} - \sum \frac{A_M}{S_M^2} = \frac{1}{E_K \cdot F} \sum (S_Q - S_M) \frac{l}{\cos \beta} + \varepsilon \Delta l^0 \sum \frac{l}{\cos \beta},$$

de $\sum \frac{l}{\cos \beta} = L'$, azaz a pálya teljes hossza, vagyis

$$\sum \frac{A_Q}{S_Q^2} - \sum \frac{A_M}{S_M^2} = \frac{1}{E_K \cdot F} (S_Q - S_M) \cdot L' \pm \varepsilon \Delta l^0 \cdot L'$$

megoldva az egyenletet:

$$S_Q^3 + S_M^2 \left[\frac{E_K \cdot F \cdot \sum A_M}{L' \cdot S_M^2} + \varepsilon \cdot \Delta l^0 \cdot E_K \cdot F - S_M \right] = \frac{E_K \cdot F}{L'} \cdot \sum A_Q,$$

illetve:

$$S_M^3 + S_M^2 \left[\frac{E_K \cdot F \cdot \sum A_Q}{L' \cdot S_Q^2} \pm \varepsilon \cdot \Delta l^0 \cdot E_K \cdot F - S_Q \right] = \frac{E_K \cdot F}{L'} \cdot \sum A_M.$$

S_Q értéke a rakomány helyzete szerint változik. Amikor a koci a sarukon halad át, $S_Q = S_M$. A kötélterő változását az A_Q fejezi ki, ahol

$$\sum A_M = \frac{g^2}{24} \sum \frac{l^3}{\cos^3 \beta}$$

$$\sum A_Q = \frac{g^2}{24} \sum \frac{l^3}{\cos^3 \beta} + \frac{x(l_{\max} - x)}{2l_{\max} \cdot \cos \beta_{\max}} \cdot Q \cdot \left(Q + \frac{gl_{\max}}{\cos \beta_{\max}} \right)$$

Könnyebb kivitelű pályáknál az egyenlet egyszerűsített formában használhatjuk.

A teljes formula ugyanis A értékek behelyettesítése után:

$$S_Q + S_Q^2 \left(\frac{E_K \cdot F \cdot \frac{g^2}{24} \sum \frac{l^3}{\cos \beta} \pm \varepsilon \cdot \Delta l \cdot E_K \cdot F - S_M}{\sum \frac{l}{\cos \beta} \cdot S_M^2} \right) =$$

$$= \frac{E_K \cdot F}{\sum \frac{l}{\cos \beta}} \left[\frac{g^2}{24} \sum \frac{l^3}{\cos^3 \beta} + \frac{x(l_x - x)}{2l_x \cdot \cos \beta_x} \left(Q + \frac{g \cdot l_x}{\cos \beta_x} \right) \right], \text{ ahol}$$

$l_x = l_{\max}$ a legnagyobb mező hosszúsága, illetve β_x ennek hajlásszöge. Ebben az egyenletben az

$$\frac{E_K \cdot F \cdot \frac{g^2}{24} \sum \frac{l^3}{\cos^3 \beta}}{\sum \frac{l}{\cos \beta} \cdot S_M^2} \text{ és a } \frac{g^2}{24} \sum \frac{l^3}{\cos^3 \beta} \text{ értékek elhanyagolhatóan kicsinyek.}$$

A rövid időre felszerelt pályákon továbbá elhanyagolható a hőmérséklet okozta kötélterő-ingadozás is, mely rövid időközben legfeljebb 200 kp kötélterő-ingadozást is okoz. Így

$$S_Q^3 - S_Q^2 \cdot S_M = \frac{E_K \cdot F}{\sum \frac{l}{\cos \beta}} \cdot \frac{x(l_x - x)Q}{2l_x \cdot \cos \beta_x} \left(Q + \frac{g \cdot l_x}{\cos \beta_x} \right) \text{ egyszerűsített formulát}$$

nyerjük. A legnagyobb kötélterő, ha a terhelés a veszélyes mező közepén van, vagyis $x = \frac{l}{2}$. Azaz

$$S_Q^3 - S_Q^2 \cdot S_M = \frac{E_K \cdot F}{L'} \cdot \frac{l_x \cdot Q}{8 \cdot \cos \beta_x} \cdot \left(Q + \frac{g \cdot l_x}{\cos \beta_x} \right) \quad (4-26)$$

olyan pályáknál, ahol a kritikus szakasz hossza sem haladja meg a 150 m-t, a $\frac{g \cdot l_x}{\cos \beta_x}$ értéke is elhanyagolható.

Példa. Egy rövidpályás kötéláru hordkötélének adatai a következők (MSZ 2646-53):
 átmérő $d = 18$ mm;
 huzalátmérő $\delta = 0,8$ mm;
 fémes keresztmetszet = 1,1 cm²;
 kötél súly $g = 1,06$ kp/m;
 szakító erő 15 620 kp;
 a pálya hossza 360 m;
 a terhelt kocsi súlya a vonókötél felteherrel együtt $Q + K = 0,8$ Mp;
 a legnagyobb támaszköz $l_{\max} = 60$ m;
 az elaszticitási modulusz $E_K = 1000$ Mp/cm²;
 a szerelési feszítés $S_M = 3,3$ Mp.

Mekkora a legnagyobb kötélterő: S_Q

A 4-26. egyenlet az említett egyszerűsítést figyelembe véve a következők szerint alakul:

$$S_Q^3 - S_Q^2 \cdot S_M = \frac{E_K \cdot F \cdot l_{\max} \cdot Q^2}{8L}$$

Így az értékek behelyettesítése után:

$$S_Q^3 - 3 \cdot 3,3 S_Q^2 = \frac{1000 \cdot 1,1 \cdot 60 \cdot 0,8^2}{8 \cdot 360} = 14,66, \text{ ahonnan } S_Q = 4,15 \text{ Mp}$$

536 A kapott harmadfokú egyenlet gyors megoldására nomogramok szerkeszthetők.

4.64-II. táblázat. Kötélerő ingadozása egy 600 m hosszú pályán két végén szilárdan lehorgonyzott hordkötél esetén

Q = 1000 kp				Q = 1200 kp			
l_{max}	H_1	H_2		l_{max}	H_1	H_2	
m	Mp		%	m	Mp		%
100	9,09	11,31	24	100	8,84	11,31	28
150	8,94	11,32	27	150	8,56	11,32	32
300	7,68	11,34	48	300	6,88	11,34	64
400	6,85	11,35	66	400	5,92	11,35	92
500	6,25	11,37	82	500	5,35	11,37	113
600	5,96	11,38	92	600	5,11	11,38	122

Q = 1500 kp				Q = 2000 kp			
l_{max}	H_1	H_2		l_{max}	H_1	H_2	
m	Mp		%	m	Mp		%
100	8,40	11,31	40	100	7,42	11,31	52
150	7,86	11,32	44	150	6,45	11,32	76
300	5,55	11,34	104	300	3,34	11,34	240
400	4,52	11,35	151	400	2,85	11,35	298
500	4,16	11,37	174	500	2,88	11,37	296
600	4,12	11,38	177	600	3,02	11,38	277

Mint az a közölt számpéldából is kitűnik, a szilárdan lehorgonyzott hordkötél kötélerő-ingadozása jelentős.

Az ingadozás mértéke a teher súlyától és a pálya legnagyobb támaszközétől függ.

Egy 600 m hosszú pályán fellépő kötélerő-ingadozást a legnagyobb állványköz függvényében különböző rakománysúlyok mellett, Binder után a 4.64-II. táblázatban mutatjuk be.

Megjegyzések a táblázathoz:

1. $l_1 = l_2 = l_3 \dots l_{m-x} = 100$ m.
2. l_{max} = a legalsó mező.
3. Az adatokból látható, hogy a legkisebb és legnagyobb kötélerő közötti különbség a teher nagyságával növekszik.
4. Hordkötél önsúlya 1,8 kp/m.

A két végén szilárdan lehorgonyzott kötélfüggésének számításánál mindig a vizsgált helyzetben meglévő kötélrőt kell alapul venni. Pl. egy mellékmező helyes terhelt befüggését azzal a kötélrővel számíthatjuk ki, mely a hordkötélben akkor uralkodik, mikor a teher a vizsgált mező közepén van.

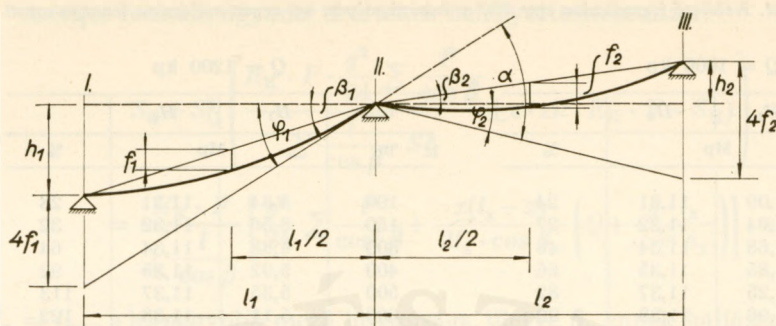
4.643 A törésszögek pontos kiszámítása

A 4.64-5. ábra két mezőt ábrázol, melyeknek hűrszögei β_1 és δ_2 . A II. támasztékon a hordkötél törésszögét az áthajlott két kötélgörbe érintői alkotják.

A törésszög

$$\alpha = \varphi_{1,2} \pm \varphi_{2,1}$$

Az előjel attól függ, hogy a két mező hűrszögei hogyan viszonylanak egymáshoz.



4.64-4. ábra. Törésszög számítása a befüggés alapján

A törésszög-számításra két eljárást ismertetünk:

a) törésszög számítása a befüggésből (4.64-4. ábra).

A parabola geometriai tulajdonságai alapján:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{h_1 + 4f_1}{l_1} \text{ és } \operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{\pm 4f_2 \pm h_2}{l_2} \quad 4-27)$$

és

$$\alpha = \varphi_1 \pm \varphi_2,$$

attól függően, hogy a húrszögek viszonya milyen. Ha a $\beta_1 > \beta_2$, a felső, ha $\beta_1 < \beta_2$, az alsó előjel érvényes.

b) Az olyan pályánál, ahol több futókocsi mozog határozott ω [m] távolságra, a következő megközelítő képlet használható:

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \beta_1 \pm \operatorname{tg} \beta_2 + \frac{g(l_1 + l_2)}{2H \cdot \cos \beta_K}, \quad 4-23$$

ahol $g = g_0 + g_v + \frac{Q}{\omega}$, és ha a pályafesztő súlya $H = G$ -vel

$$\beta_K = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2}$$

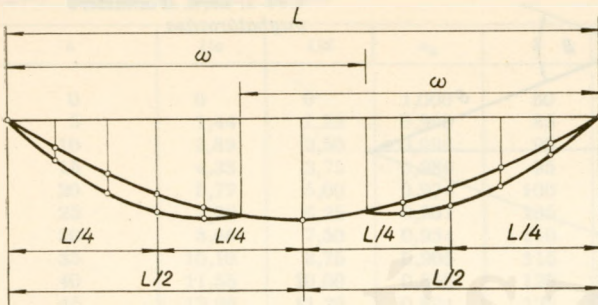
Említettük, hogy a sarut átfogó szög megnagyobbítja a saruban a kötél súrlódását. Rámutatunk arra, hogy ez a súrlódás mérsékli a fesztítő nehezék kiegyenlítő hatását. A hatás minden állványon csökken. A mezőben a csökkenés a megengedett határértéket akkor éri el, ha az állványok átfogási szögeinek összege a nehezéktől számítva – amennyiben a fesztítő nehezék a pálya alsó végére van szerelve – eléri az $\Sigma\alpha = 40^\circ$ -ot, vagy ha eléri az $\Sigma\alpha = 30^\circ$ -ot, amennyiben a kötelet a pálya felső végére szerelt nehezék feszíti. Az átfogási szögek nagyobb összege esetén a kötelet szakaszokra kell bontani.

4.644 Kötélgörbe, ill. befüggés számítása többkocsis üzem esetén

Amíg a kocsik kapcsolási távolsága egyenlő vagy nagyobb a fél állványköznél, a terhelt kötélgörbe megszerkesztése az előadottakhoz hasonló.

Ha a kapcsolási távolság kisebb, mint a támaszköz-húr 25%-a, azaz legkevesebb négy kocsi tartózkodik egyszerre az állványok között, a terhelést egyenletesen osztottnak foghatjuk fel. Ebben az esetben a befüggési képlet kötél súlyát a kocsiteherből származó osztott terheléssel megnöveljük.

4.64-5. ábra. Befüggés meghatározása többkocsis üzennél



4.64-III. táblázat. Többkocsis üzem terheltekötélgörbéjének meghatározása (dr. Pestal után)

Ordináták	A többkocsis üzem terhelte kötélfüggésének szorzótényezője az egykocsis üzemhez képest, ha a kocsi távolság:						
	0,9 L	0,8 L	0,7 L	0,6 L	0,5 L	0,4 L	0,3 L
0,05 L	1,05	1,16	1,26	1,37	1,48	1,74	2,11
0,1 L	1	1,11	1,22	1,33	1,45	1,67	2
0,15 L	1	1,06	1,18	1,3	1,42	1,59	1,94
0,2 L	1	1	1,12	1,25	1,38	1,50	1,87
0,25 L	1	1	1,07	1,2	1,33	1,47	1,8
0,3 L	1	1	1	1,14	1,28	1,43	1,72
0,35 L	1	1	1	1,08	1,23	1,38	1,76
0,4 L	1	1	1	1	1,16	1,33	1,75
0,45 L	1	1	1	1	1,09	1,38	1,79
0,5 L	1	1	1	1	1	1,4	1,8

Jegyzet: L = állványköz húr

Azaz

$$f_{\max} = \frac{q \cdot l^2}{8S \cdot \cos \beta}, \text{ ahol } q = g + \frac{1,1(Q+K)}{\omega} \text{ [kp/m]},$$

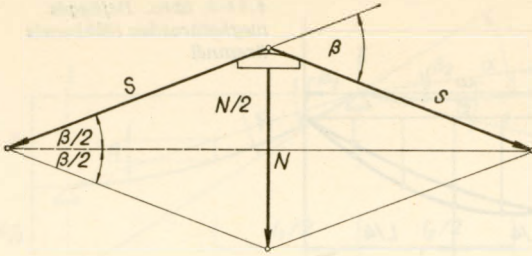
ahol ω a kapcsolási távolság. A 10%-os növelést azért kell számításba venni, mert a kocsiknak megfelelő sokszöghöz simuló parabolát keresünk.

A két határérték közé eső helyzeteknél dr. Pestal által ajánlott táblázatot használhatjuk fel (4.64-III. táblázat).

A táblázat használatából először kiszámítjuk a befüggést egyes teher alatt. A befüggésnek megfelelő kötélgörbét megszerkesztjük, és a támaszköz húr 10 vagy 20 részre osztjuk. Minden osztáshoz egy függőlegest húzunk és erre felmérjük a pontnak megfelelő üres és terhelte kötélgörbe közötti ordinatákülönbségeket (4.64-5. ábra). Az így lemért befüggést megszorozzuk a táblázatból kivett tényezővel. Az eredményt felmérve nyerjük a többkocsis üzem terhelte kötélgörbéjét.

4.65 Támaszerők meghatározása és az állványok méretezése

A kötélpálya-állványokban bonyolult erőjáték folyik le. A saruhornyokban ébredő súrlódó erő akadályozza a kötélerő kiegyenlítődésként az egyes mezők között, és bizonyos fokú bizonytalanságot okoz a törésszög- és a befüggésszámításoknál. Ehhez hozzájárul a saruhornyok ékszíj-hatása is. A súrlódás megfelelő kenéssel csökkenthető.



A súrlódó erő nagysága:

$$R = N \cdot \alpha_K,$$

ahol α_K értéke zsírozott köteleknél 0,05–0,15
száraz köteleknél 0,20
rozsdás köteleknél 0,30

A támaszerő (N) meghatározása a 4.65-1. ábra alapján történik:

$$N = 2S \cdot \sin \frac{\beta}{2}, \quad (4-29)$$

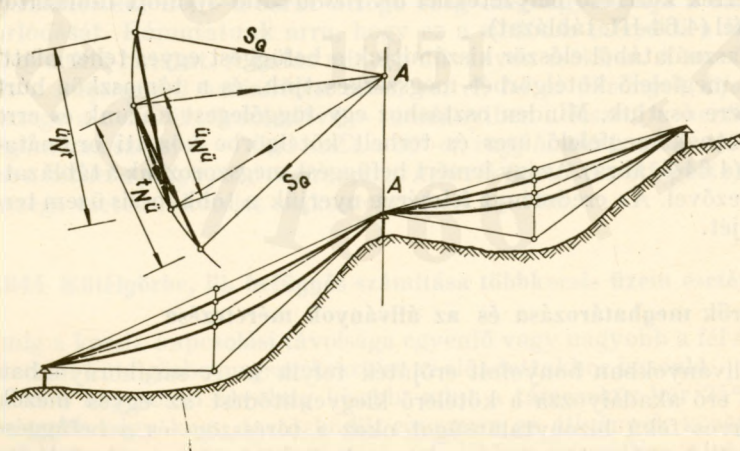
ahol α a törésszög. Mivel α törésszög nem nagy érték, így hozzávetőleges számításoknál $\sin \frac{\beta}{2} = \frac{\widehat{\beta}}{2}$, azaz

$$N = S\widehat{\beta} = S\beta^\circ \cdot 0,0175 = 1,75 \frac{S\beta^\circ}{100}$$

Folytonos üzemű kötélpályáknál a legnagyobb támasznyomás akkor adódik, ha az S helyébe az S_0 -t helyettesítjük. A kötélدارuknál és általában ingapályáknál a legkedvezőtlenebb eset akkor adódik, ha a teher az állvány felett van és a hordkötélben a szerelési feszítésnek megfelelő kötélterő uralkodik.

A támaszerő meghatározására szolgáló egyszerű és gyors grafikus eljárást a 4.65-2. ábrán mutatjuk be.

Az állványok méretezésénél az állvány-oszlopokat kihajlásra ellenőrizzük. A kihajlási hosszát (t_0) oldalirányú elmozdulással szemben csuklósan megtá-



4.65-I. táblázat. α_K tényező értékei

λ	l/a	l/d	α_K	λ	l/a	l/d	α_K
0	0	0	1,000	80	23,09	20,00	0,461
5	1,44	1,25	0,998	85	24,54	21,25	0,421
10	2,89	2,50	0,994	90	25,98	22,50	0,386
15	4,33	3,75	0,986	95	27,42	23,75	0,355
20	5,77	5,00	0,974	100	28,87	25,00	0,325
25	7,22	6,25	0,957	105	30,31	26,25	0,300
30	8,66	7,50	0,934	110	31,75	27,50	0,277
35	10,10	8,75	0,905	115	33,20	28,75	0,256
40	11,55	10,00	0,868	120	34,64	30,00	0,238
45	12,99	11,25	0,824	125	36,08	31,25	0,221
50	14,43	12,50	0,772	130	37,53	32,50	0,206
55	15,88	13,75	0,717	135	38,97	33,75	0,193
60	17,32	15,00	0,660	140	40,41	35,00	0,180
65	18,76	16,25	0,605	145	41,86	36,25	0,169
70	20,21	17,50	0,553	150	43,30	37,50	0,159
75	21,65	18,75	0,505				

Megjegyzés: a = derékszögű négyszögszelvény kisebb oldala
 d = körszelvény átmérője

masztott oszlop esetében az oszlop elméleti hosszával (l), egyik végén befo-
gott, másik végén szabad oszlop esetén (élőfa állvány) a szabad oszlophossz
kétszeresével vesszük számításba. A faanyagok határfeszültségét a fahidak-
nál alkalmazott értékekkel vesszük fel.

A határerőt a következő egyenlet adja:

$$N_H = \alpha_K \cdot \sigma_{Hn} F, \quad (4-30)$$

ahol F a hasznos keresztmetszet, α_K pedig λ karcsúsági tényező függvényében
a 4.65-I. táblázatból vehető ki.

A karcsúsági tényező:

$$\widehat{\lambda} = \frac{l_0}{i},$$

ahol l_0 a kihajlási hossz, i a mértékadó inercia sugár. $\left(i_x = \sqrt{\frac{I}{F}}\right)$. A táblázat-

ban szereplő $K_1 = \frac{l}{a}$, ahol a négyszögszelvény esetén a kisebbik oldalhossz és

$K_2 = \frac{l}{d}$, ahol d körszelvény esetén az átmérő.

Az állványok oszlopaiban $\lambda \leq 150$ legyen.

A kereszttartót tiszta *hajlításra szokás méretezni*.

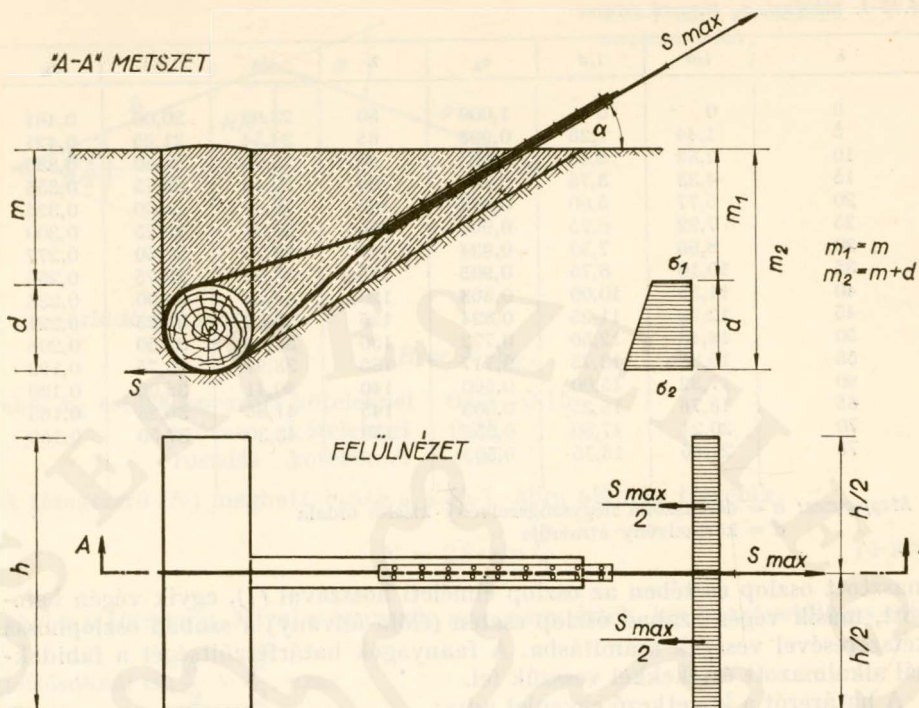
4.66 Lehorgonyzások ellenőrzése

Az áthelyezhető erdőgazdasági kötélpályák legtöbbször – mint arról szó-
volt – földbeásott keresztgerendát, az ún. „holtembert” használjuk lehorgony-
zásul (4.66-1. ábra).

A lehorgonyzás tervét ellenőrizni kell. Az ellenőrzés a következő lépések-
ből áll:

a) Vizsgálat kiemelésre:

$$\text{A gerenda súlya} \quad G = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot \gamma_{fa} \cdot h \text{ [kp]}$$



4.66-1. ábra. Lehorgonyzás ellenőrzése

A felette levő talaj $T = h \cdot d \cdot m \cdot \gamma_{\text{talaj}}$ [kp]

Felfelé ható erő $F = S_{\text{max}} \cdot \mu \cdot \sin \alpha$, ahol $\mu = 1,5$ dinamikus faktor.

A biztonság $K_1 = \frac{G + T}{F} = \frac{h \cdot d \left(\frac{d \cdot \pi}{4} \cdot \gamma_{\text{fa}} + m \cdot \gamma_{\text{talaj}} \right)}{S_m \cdot \mu \cdot \sin \alpha}$.

b) Vizsgálat kihúzásra:

Súrlódó erő az árokfenék és a horgonygerenda között

$$S_u = f(G + T)$$

Passzív földnyomás:

$$\sigma_1 = m_1 \cdot \gamma_t \cdot \text{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) + 2K \text{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$\sigma_2 = m_2 \cdot \gamma_t \cdot \text{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) + 2K \text{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right),$$

ahol K a kohézió (1,5 Mp/m²)

γ_t a talaj fajsúlya ($\gamma = 1,6$ Mp/m³)

A passzív földnyomás egyenlő a feszültségi idom térfogatával, azaz

$$E_p = d \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} \cdot h \text{ [Mp]}$$

A biztonság

$$K_2 = \frac{E_p + S_u}{S_m \cdot \mu \cdot \cos \alpha} = \frac{f(G + T) + d \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} \cdot h}{S_m \cdot \mu \cdot \cos \alpha}$$

c) A horgonygerenda méretezése

A horgonygerendára a maximális kötélterő elosztva hat. A keletkező nyomaték

$$M'_M \text{ [kpm]} = \frac{S_{\max} \cdot [\text{kp}] \cdot h \text{ [m]}}{8}$$

A mértékadó nyomatékot megkapjuk, ha az így kiszámított értéket a dinamikus tényezővel ($\mu = 1,5$) szorozzuk:

$$M_M = M'_M \cdot \mu \cdot \eta$$

A mértékadó nyomatékot a határnyomatékkal egybevetve nyerjük a biztonságot:

$$M_H = K \cdot \sigma_H$$

Fagerendák határfeszültségére a következő értékeket alkalmazzuk:

$$\begin{aligned} \sigma_H \text{ [kp/cm}^2\text{]} &= 130 \text{ puhafánál,} \\ \sigma_H &= 155 \text{ keményfánál.} \end{aligned}$$

Körkeresztmetszetű gerendák keresztmetszeti tényezője:

$$K \text{ [cm}^3\text{]} = \frac{d^3 \cdot \pi}{32} = 0,1 \cdot d^3$$

A főleg rövidpályás kötélदारuknál szokásos élőfa horgonyok kiválasztására a következő tapasztalati értékek használhatók:

$$S_{\max} \text{ [kp]} = \frac{D^2 \text{ [dm]}}{3}$$

Rá kell mutatnunk arra, hogy az élőfák által felvehető horgonyerő erősen függ a gyökérszet nagyságától és a talaj minőségétől. Kedvező termőhelyi viszonyok között a fa gyökérszete kisebb, így a teherbírása is csökken.

Rövid ideig használt berendezéseknél, kedvező helyzetben (száraz, szilárd talaj, főgyökér a húzással szemben, gondos kivétel) a következő képlet ajánlható:

$$S_{\max} = \frac{D^2 \text{ [dm]}}{2}.$$

4.67 A pályahajtás tervezése

A pályahajtás tervezése a vonókötel méretszámításából és a hajtómű műszaki jellemzőinek meghatározásából áll. A tervezés végrehajtása során éles különbséget kell tennünk a végtelenített és a nem végtelenített vonókötelű pályák között.

a) Kötéldaruk vonókötele

Az ingamozgású, véges vonóköteles erdészeti kötéldaruknál a vonókötélméretezés legfontosabb igénybevétele a rakomány felemelése során következik be.

A csörlődobra felcsévéződő vonókötélméretezésben fellépő feszültség, mint összetett igénybevétel határozható meg:

$$\sigma_{\text{összes}} [\text{kp/mm}^2] = \frac{S_{\text{max}}^{\text{v}} [\text{kp}]}{0,95F [\text{mm}^2]} + C \cdot E_{\text{K}} \frac{\delta}{D_{\text{b}}} \quad (4-31)$$

ahol D_{b} a csörlődob belső átmérője és $C = \frac{3}{8} \sim \frac{8}{8}$, a vonókötélméretezésétől függő állandó.

Az egyenlethez a következő megfontolással juthatunk el (lásd 4.67-1. ábra). Feszítsünk D átmérőjű korongra δ átmérőjű huzalt. A huzal igénybevétele egyidejűleg húzás és hajlítás. Az egyenes huzal $\rho = \frac{D}{2}$ sugarú körívet fog át.

A hajlítónyomaték az alakváltozásból $\frac{1}{\rho} = \frac{2}{D} = \frac{M}{EI}$, illetve $\frac{M}{I} = \frac{2E}{D}$

A hajlításból keletkező legnagyobb húzófeszültség:

$$\sigma_{\text{B}} = \frac{M}{I} \cdot \frac{\delta}{2} = E \frac{\delta}{D}$$

Az S kötélterő hatására keletkező húzófeszültség:

$$\sigma_{\text{Z}} = \frac{S}{F}$$

Így a huzalban fellépő legnagyobb feszültség:

$$\sigma_{\text{összes}} = \sigma_{\text{Z}} + \sigma_{\text{B}} = \frac{S}{F} + E \frac{\delta}{D}$$

A legnagyobb húzóerő $S_{\text{max}}^{\text{v}} [\text{kp}]$ több tényezőből tevődik össze:

1. A sodronykötél súlyának lejtő irányú komponense

$$S_{\text{K}} = g \cdot l' \cdot \sin \beta = g \cdot h$$

2. A rakomány súlya

$$S_{\text{R}} = Q$$

3. A futókocsi görgőin keletkező súrlódások

$$S_{\text{s}} = Q \left(\tau + 2\mu \frac{d_{\text{k}}}{D_{\text{cs}}} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \right)$$

$\tau = 0,02$ s sodronykötél keménységi tényezője;

d_{k} = a görgő tengely átm. [cm];

D_{cs} = a görgő átm. [cm];

μ = a csiga tengely csap súrlódása,

csúszó csapágyánál: 0,06 – 0,1

görgős csapágyánál: 0,01 – 0,15

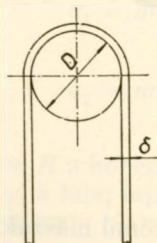
α = a kötélméretezési szöge a görgőn.

4. A terelő csigák ellenállásai

$$S_{\text{t}} = g \cdot l' \cdot f,$$

ahol $f = 0,1$ súrlódási tényező

Így
$$S_{\text{max}} = S_{\text{K}} + S_{\text{Q}} + S_{\text{s}} + S_{\text{t}}$$



4.67-1. ábra. Korongon átvett huzal

b) Végtelenített vonókötel

A végtelenített vonókötel mozgásiránya többnyire azonos. Megfelelő súrlódással kell, hogy illeszkedjék a meghajtókorong hornyaiba és ennek eltérése érdekében előfeszítéssel kell bírnia (S_0^v). Az előfeszítés értéke, ha a hajtómű a völgyben van, legkevesebb 800 g; ha a hegyen, 600 g. Ahol g [kp/m] a kötel súlya.

A fellépő feszültségek:

$$\sigma_{\text{összes}} [\text{kp/mm}^2] = \frac{S_{\text{max}}^v}{F[\text{mm}^2] \cdot 0,95} + C \cdot E \frac{\delta}{D_k} \quad (4-32)$$

ahol D_k a korongátmérő, E [kp/mm²] az acél rugalmassági modulusza.

A maximális kötelerő a következő tényezőkből tevődik össze:

1. $S_k = g \cdot h$ a kötel önsúlyának lejtőirányú komponense;
2. S_0^v az előfeszítés értéke;
3. $S_R = \frac{Q+K}{\omega}$ a kocsiból és a rakományból származó terhelés, ahol ω [m] a kocsi kapcsolási távolsága.
4. A kocsi gördülési ellenállása:

$$S_g = \left[\frac{Q+K}{\omega} + g \right] \cdot L \cdot f, \text{ ahol } f = 0,01 - 0,02 \text{ a gördülési ellenállás.}$$

5. A vonókötel mozgási ellenállása, mely a kötel hajlékonyságától, a korongon való átfúrás szögétől, a vezető görgők átmérőjétől függ. Ennek értéke általában:

$$S_v = 0,1 S$$

6. Indítási és fékezési ellenállás

$$S_i = 0,1 \left[\frac{Q+K}{\omega} + g \right] L \frac{p [\text{m/sec}^2]}{g [\text{m/sec}^2]},$$

ahol $p = 0,3$ [m/sec²]

$g = 9,81$ [m/sec²]

Ezek szerint

$$S_{\text{max}}^v [\text{kp}] = S_k + S_0^v + S_R + S_g + S_v + S_i$$

A gördülési ellenállás előjele felfelé szállítás esetén (+), lefelé szállításnál (-).

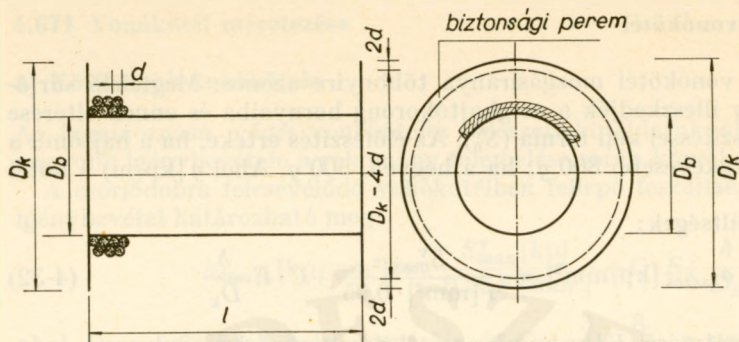
4.672 Meghajtóművek műszaki jellemzői

a) Csörlők

A csörlők legfontosabb műszaki jellemzői a következők:

1. A kötelbefogadó-képesség L [m]
2. A vonóerő V [kp]
3. A kötelsebesség v [m/sec]
4. A dobméret.
5. A motorikus teljesítmény.
6. Az önsúly.
7. Szerkezeti jellemzők.

A felcsévélhető kötelhosszat a csörlő kötelbefogadó-képességének meghatározásakor határozhatjuk meg. 4.67-2. ábra szerint felvesszük a kötel-



4.67-2. ábra. Csörlődob műszaki jellemzői

dob méreteit. A dobperemen a kétszeres vonókötél átmérőnek megfelelő biztonságot hagyunk.

így, ha i = kötélmenet száma

$$i = i_{v\text{ízsz.}} \cdot i_{f\text{üggőleges}}$$

$$i_v = \frac{l}{d} \cdot \varphi_1$$

$$i_f = \frac{D_k - D_b - 4d}{2d} \cdot \varphi_2 \quad i = \frac{l}{d} \cdot \varphi_1 \cdot \frac{D_k - D_b - 4d}{2d} \cdot \varphi_2$$

Átlagos kötélmenet hossza:

$$h = \frac{D_k + D_b - 4d}{2} \cdot \pi$$

Kötélfogadó képesség:

$$L \text{ [m]} = h \text{ [m.m]} \cdot i \cdot \frac{1}{1000} \text{ behelyettesítve}$$

$$L \text{ [m]} = \frac{D_k + D_b - 4d}{2} \cdot \pi \cdot \frac{l}{d} \cdot \varphi_1 \cdot \frac{D_k - D_b - 4d}{2d} \cdot \varphi_2 \cdot \frac{1}{1000}$$

$$\varphi = \varphi_1 \cdot \varphi_2 = 0,85 - 0,95 \text{ (feltekeredési együttható)}$$

$$L \text{ [m]} = \frac{\pi \cdot l \cdot \varphi [(D_k - 4d)^2 - D_b^2]}{4000 d^2} \quad (4-33)$$

A képlet gyakorlatias formája:

$$L = \frac{l \cdot a (D_k^2 - D_b^2)}{1000}, \text{ ahol } a \text{ értéke a kötélátmérőtől függ. A 4.67-I.}$$

táblázatból vehető ki.

Terhelés alatt a valóságban több kötél fér a dobra az így kiszámítottnál. Ennek a magyarázata a kötél rugalmas megnyúlásában, a menetek egymásra feszüléséből származó keresztmetszeti torzulásban keresendők.

A vonóerőt a következő ismert egyenletből számíthatjuk ki:

$$V \text{ [kp]} = \frac{N \text{ [LE]} \cdot 75}{v \text{ [m/sec]}} \eta \quad (4-34)$$

Az η hatásfokot megkapjuk, ha ismerjük az áttételek és terelő görgők számát és ezek mindegyikét 0,95-tel vesszük számításba.

A csörlőmotor megválasztásánál azt is figyelembe kell venni, hogy a 546 robbanómotorok teljesítménye 100 m szintkülönbséggel 0,67–1,00%-ot és

4.67-I. táblázat. „a” értékei a vonókötel-átmérőtől függően

d [mm]	a	d	a
8	13,4	16	3,1
9	10,2	17	2,7
10	7,9	18	2,4
11	6,7	19	2,1
12	5,5	20	1,9
13	4,5	21	1,8
14	4,0	22	1,7
15	3,6	23	1,6

20 C°-on felül 2,5–3,0 C°-onként 1%-ot veszít.

Kötélesség:

$$v_{\min} = \frac{\pi \cdot (D_b + d) \cdot n}{60 \cdot 1000} \text{ [m/sec]} \quad (4-35a)$$

$$v_{\max} = \frac{\pi \cdot [D_b + d(2i_f - 1)] \cdot n}{60 \cdot 1000} \text{ [m/sec]} \quad (4-35b)$$

ahol n a dob percenkénti fordulati száma.

A kötélesség, ebből következőleg a vonóerő változik, aszerint, hogy a dob üres vagy telt. Gyári beszerzéseknél ügyelni kell arra, hogy az ajánlott vonóerő telt vagy üres dobra érvényes.

Ha saját magunk építünk csörlőt és erre használt gépkocsi sebességváltószekrényt alkalmazunk, a szükséges motorteljesítmény:

$$N \text{ [LE]} = \frac{N_{\text{gk}}^{\text{LE}} \cdot n_{\text{cs}}}{a \cdot n_{\text{gk}}} \quad (4-36)$$

ahol $N_{\text{gk}}^{\text{LE}}$ [LE] a sebességváltóhoz tartozó gépkocsimotor teljesítménye;

n_{gk} a gépkocsimotor percenkénti fordulatszám;

n_{cs} a csörlőmotor percenkénti fordulatszám;

l : a az áttétel a csörlőmotor és a meghajtómű között (ékszív, homlokfogaskerék)

A csörlő szükséges teljesítményét a 4.671 pontban előadottak alapján mérhetjük fel.

Ha a csörlőt vonszoláshoz is használjuk, az itt szükséges vonóerő:

$$V \text{ [kp]} = Q \text{ [kp]} (\cos \alpha \cdot \mu + \sin \alpha) + L \cdot g (\cos \alpha \mu_1 + \sin \alpha),$$

ahol α a terep hajlása;

μ a vontatmány súrlódási tényezője (lásd 61. oldalt);

μ_1 a vonókötel súrlódási tényezője a talajon (0,35–0,50);

g [kp/m] a vonókötel súlya

35 %-os terepeség jó közelítéssel:

$$V \text{ [kp]} = Q(\mu + 0,0e) + L \cdot g (\mu_1 + 0,0e),$$

ahol e %-os terephajlás.

b) Kötélhajtó korongok

A végtelenített vonókötel hajtására szolgáló korongok a kerületi erő átadására a súrlódást használják fel. A kívánt súrlódás elérésére a végtelenített vonókötelet, mint már mondtuk, előfeszítjük. Az átvihető súrlódó erő ezenfelül függ a vonókötel átfogási szögétől és a kötelnek a korong hornyába való súrlódásától.

A szükséges átfogási szög:

$$\frac{S_{\max}^v}{S_{\min}^v} \cong e^{f \cdot \alpha \cdot k} \quad (4-37)$$

ahol $e = 2,718281$; α = az átfogás szöge; k = biztonsági tényező 1,1–1,5 között; f = súrlódási tényező a kötel és a korong között.

Átfogás szöge $\pi \pm 180^\circ$	$e^{f\alpha}$ értéke, ha a súrlódási együttható		
	$f = 0,10$	$f = 0,15$	$f = 0,20$
1	1,37	1,60	1,87
1,5	1,60	2,01	2,57
2	1,87	2,57	3,51
2,5	2,20	3,25	4,81
3	2,57	4,11	6,59
4	3,51	6,59	12,35

f értéke ha a korong felfekvési felülete:

Egyszerű öntvény 0,10

Fával, bőrrrel bélelve 0,15–0,16

Könnyű fém, zsírozott kötél 0,18

Az $e^{f\alpha}$ értékeit a 4.67-II. táblázat mutatja be különböző súrlódási tényezők esetén.

A szükséges átfogási szög, mint azt a 4362. pontban előadtuk, több horonnyal ellátott hajtókorongon való többszörös átfogással nyerhető. A kerületi erőt 1,5-szeres biztonsággal számítjuk ki.

A két vonókötélágra fellépő erőkülönbséget motorikus erővel pótoljuk, vagy ha úgy adódik, fékezéssel emésztjük fel. A motorteljesítmény kiszámítása a (4-34) képlet szerint történik.

Ha a pályahajtás felül (hegyen) van elhelyezve, és a vonókötél-feszítés a völgyben, a vonókötél alapfeszítése $S_0^y + q \cdot h$ lesz mindkét kötélágra.

4.68 Példa kötéláru hordkötélének számítására

Egy kötéláru terhelése $Q = 1000$ kp. A kocsiszerkezet súlya 140 kp. A választott biztonsági tényező 2,8. A 4.68-1. ábra szerint kialakított hossz-szelvény alapján számítsuk ki a kötélerőket, a befüggéseket és a törésszögeket. Végezzük el a lehorgonyzás ellenőrző számítását is.

$$S_{\max}^- = 7(Q + G) = 7 \cdot 1140 = 7980 \text{ kp (lásd 4.25 képlet)}$$

$$S_{\max}^+ = \beta \cdot S = 2,8 \cdot 7980 = 22\,344 \text{ kp}$$

A választott hordkötél Seale 20 j H 160 csupasz MSZ 2653. Névleges átmérő 20 mm.

Fémes keresztmetszet: $159,9 \text{ mm}^2$, húzószilárdság: 160 kp/mm^2

Folyómétersúly: $1,53 \text{ kp/m}$. Számított szakítóerő: $25\,550 \text{ kp}$.

A hordkötél élettartamának növelése céljából célszerű a maximális kötélerővel dolgozni.

Ezért

$$S_{\max} = \frac{25\,550}{2,8} = 9125 \text{ kp}$$

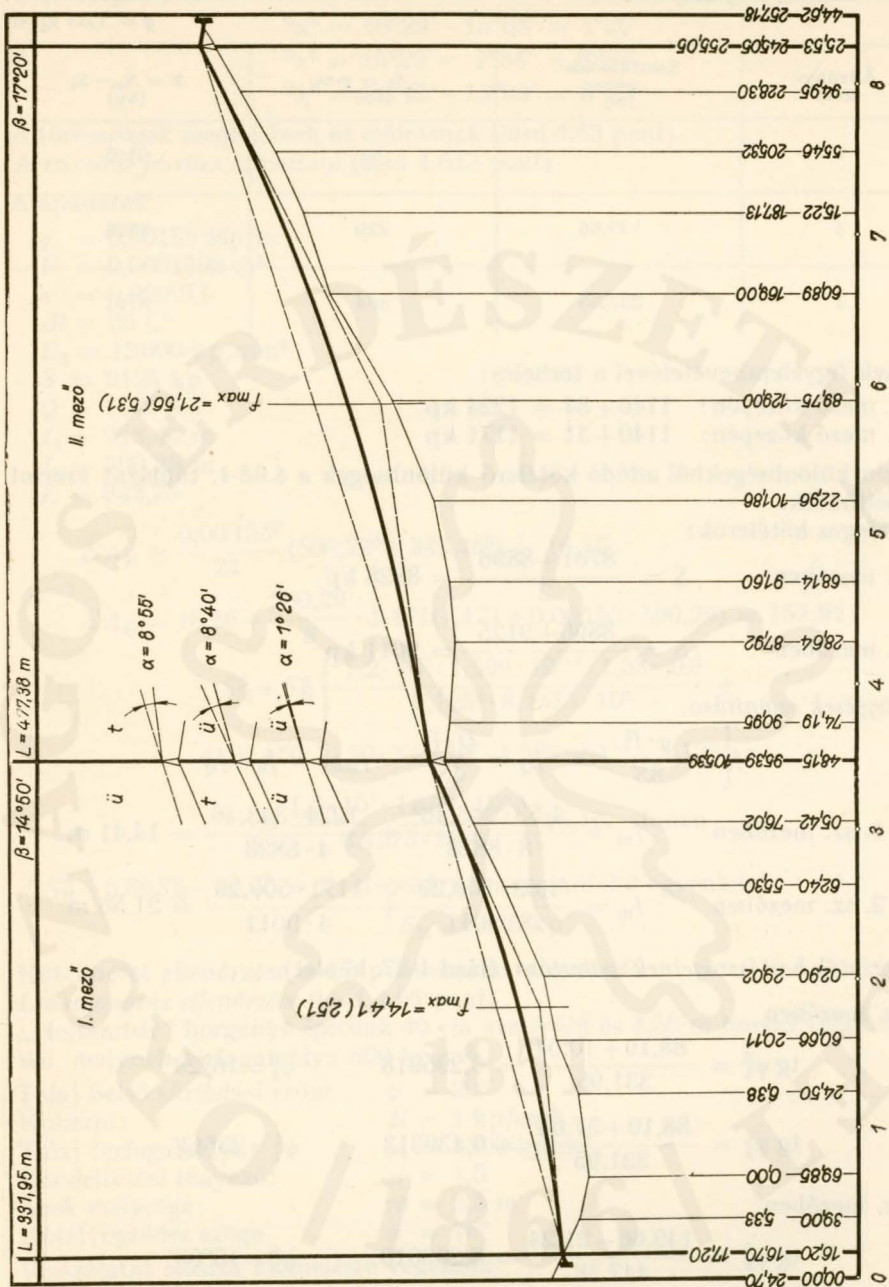
Előzetesen választott vonókötél: Seale 8 j H 160 csupasz MSZ 2653

Folyómétersúly: $0,26 \text{ kp/m}$

A vonókötél súlyából származó terhelés-növekedés:

$$1. \text{ mezőben } Q_1' = 0,5 \cdot 0,26 (331,95 \cdot 0,5 + 477,38) = 84 \text{ kp}$$

$$2. \text{ mezőben } Q_2' = 0,25 \cdot 0,26 \cdot 477,48 = 31 \text{ kp}$$



4.68-1. ábra Kötéldaru hossz-szelvénye

Felülgészítés magassága
Terepszint mérőjegye
Közbenő szelvények
Százask szelvények

Állvány-szám	Szintkülönbség [m]	$S_k = g \cdot m$ [kp]	$S = S_m - S_k$ [kp]
1	—	—	9125
2	149,66	229	8896
3	237,85	364	8761

Ennek figyelembevételével a terhelés:

1. mező közepén: $1140 + 84 = 1224 \text{ kp}$

2. mező közepén: $1140 + 31 = 1171 \text{ kp}$

A szintkülönbségekből adódó kötélterő különbségek a 4.68-I. táblázat szerint számíthatók.

Átlagos kötélterők:

1. mezőben $S = \frac{8761 + 8896}{2} = 8828 \text{ kp}$

2. mezőben $S = \frac{8896 + 9125}{2} = 9011 \text{ kp}$

Befüggések számítása:

$$f_{\bar{u}} = \frac{g \cdot l^2}{8S} \quad \text{és} \quad f_Q = \frac{Q \cdot l'}{4S} \quad f_{\max} = f_{\bar{u}} + f_Q$$

1. sz. mezőben $f_m = \frac{1,53 \cdot 343,46^2}{8 \cdot 8828} + \frac{1224 \cdot 343,46}{4 \cdot 8828} = 14,41 \text{ m}$

2. sz. mezőben $f_m = \frac{1,53 \cdot 500,29^2}{8 \cdot 9011} + \frac{1171 \cdot 500,29}{4 \cdot 9011} = 21,56 \text{ m}$

Végérintők hajlásszögeinek számítása: (lásd 4-27. képlet)

1. sz. mezőben

$$\text{tg } \varphi_1^{\bar{u}} = \frac{88,19 + 10,04}{331,95} = 0,295918 \quad \varphi_1^{\bar{u}} = 16^\circ 29'$$

$$\text{tg } \varphi_1^t = \frac{88,19 + 57,64}{331,95} = 0,439313 \quad \varphi_1^t = 23^\circ 43'$$

2. sz. mezőben

$$\text{tg } \varphi_2^{\bar{u}} = \frac{149,66 - 21,24}{447,38} = 0,269010 \quad \varphi_2^{\bar{u}} = 15^\circ 03'$$

$$\text{tg } \varphi_2^t = \frac{149,66 - 86,24}{477,38} = 0,132850 \quad \varphi_2^t = 7^\circ 34'$$

$$\text{tg } \varphi_1^{\bar{u}} = \frac{149,66 + 21,24}{477,38} = 0,357995 \quad \varphi_1^{\bar{u}} = 19^\circ 42'$$

$$\text{tg } \varphi_1^t = \frac{149,66 + 86,24}{477,38} = 0,494155 \quad \varphi_1^t = 26^\circ 18'$$

Törésszögek a 2. sz. állványánál:

$$\bar{u}_{\alpha}^{\bar{u}} = 16^{\circ}29' - 15^{\circ}03' = 1^{\circ}26'$$

$$\bar{u}_{\alpha}^t = 16^{\circ}29' - 7^{\circ}34' = 8^{\circ}55'$$

$$\bar{u}_{\alpha}^{\bar{u}} = 23^{\circ}43' - 15^{\circ}03' = 8^{\circ}40'$$

A törésszögek megfelelnek az előírásnak (lásd 4.63 pont)

A szerelési feszítés számítása (lásd 4.642 pont)

Alapadatok:

$$g = 0,00153 \text{ Mp/m}$$

$$F = 0,0001599 \text{ m}^2$$

$$\varepsilon = 0,000011$$

$$\Delta t = 50 \text{ C}^{\circ}$$

$$E_k = 12000 \text{ kp/mm}^2$$

$$S = 9125 \text{ kp}$$

$$Q = 1171 \text{ kp}$$

$$I_1 = 343,46 \text{ m}$$

$$I_2 = 500,29 \text{ m}$$

$$L = 843,75$$

$$\Sigma A_M = \frac{0,00153^2}{24} (500,29^3 + 343,46^3) = 16,16$$

$$\Sigma A_Q = 16,16 + \frac{500,29}{8} \cdot 1,171(1,171 + 0,00153 \cdot 500,29) = 157,91$$

$$S_M^3 + S_M^2 \left[\frac{1,2 \cdot 10^7 \cdot 1,599 \cdot 10^{-4} \cdot 1,58 \cdot 10^2}{9,125^2 \cdot 8,4375 \cdot 10^2} \pm \right. \\ \left. \pm 1,1 \cdot 10^{-5} \cdot 50 \cdot 1,2 \cdot 10^7 \cdot 1,599 \cdot 10^{-4} - 9,125 \right] = \\ = \frac{1,2 \cdot 10^7 \cdot 1,599 \cdot 10^{-4}}{8,4375 \cdot 10^2} \cdot 16,16, \text{ innen}$$

$$S_M^3 - 5,85 S_M^2 - 36,75 = 0. \text{ Megoldva a harmadfokú egyenletet:}$$

$$S_M = 6,675 \text{ kp}$$

Kötélméret ellenőrzése a 4,5 pont szerint végzendő!

Lehorgonyzás ellenőrzése (lásd 4.66 pont)

„Holtember” horgonyt építünk 40 cm átmérőjű és 4,50 m hosszú tölgy rönkből, melynek térfogatsúlya 800 kp/m³.

Talaj belső súrlódási szöge: $\varphi = 20^{\circ}$

Kohézió: $K = 1 \text{ kp/cm}^2$

Talaj térfogatsúlya: $\gamma_t = 1600 \text{ kp/m}^3$

Rendeltetési tényező: $\mu = 1,5$

Árok mélysége: $m = 2,5 \text{ m}$

Kötélvégződés szöge: $\alpha = 16^{\circ}$

Vizsgálatot először kiemelésre végezzük:

$$G = \frac{0,4 \cdot 3,14}{4} \cdot 4,5 \cdot 800 = 452,16 \text{ kp}$$

$$T = 4,5 \cdot 0,4 \cdot 2,5 \cdot 1600 = 7200 \text{ kp}$$

$$S_f = S_{\max} \cdot \mu \cdot \sin \alpha = 9125 \cdot 0,2795 \cdot 1,5 = 3825,66 \text{ kp}$$

$$\beta = \frac{G+T}{S} = \frac{7652,16}{3825,66} = 2,00$$

A vizsgálatot ezután kihúzásra végezzük el:
 Súlylódó erő = $f(G+T) = 0,2 \cdot 7652,16 = 1530,4$ kp.

Passzív földnyomás:

$$E_p = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} \cdot dh = (2,3 \cdot 1600 \cdot 1,42815^2 + 2,1000 \cdot 1,42815^2) \cdot 0,4 \cdot 4,5 = 86\,935,84 \text{ kp}$$

$$S_v = S_{\max} \cdot \mu \cdot \cos \alpha = 9125 \cdot 1,5 \cdot 0,96005 = 13\,140,69 \text{ kp},$$

$$\beta = \frac{S_u + E_p}{S_{\max}} = \frac{88\,465,86}{13\,140,69} = 6,7.$$

4.7 Kötélpályák építése

4.7.1 Kötélkapcsolások

A hordkötteleket az ún. karmantyúkkal szokás összekapcsolni (4.71-1. ábra). A karmantyú két kúpos (7–8000 kg/cm² szilárdságú Siemens–Martin acélból készült) részből áll, melyet egy kétfelől ellentétes menetirányú csavarorsó köt össze. A csavarorsó szeggel rögzíthető. A karmantyú úgy van kiképezve, hogy a kocsisima áthaladását biztosítsa.

A kapcsolásra kerülő két kötélvéget megtisztítjuk és kb. 10 m hosszon, egyenesen kifektetjük. A kötélvégeket lágyvas huzallal kötjük le, és a kötés alá szorítóbilincset teszünk. A kötélvéget satuba fogjuk (4.71-2. ábra). A huzalokat hajlítószerűen tölcészerűen kihajlítjuk és kiegyengetjük. A rostbelet a bilincsig eltávolítjuk. A huzalokat is gondosan letisztítjuk és végüket bekampózzuk. A kötélrózsát megfelelő méretre összekötözzük.

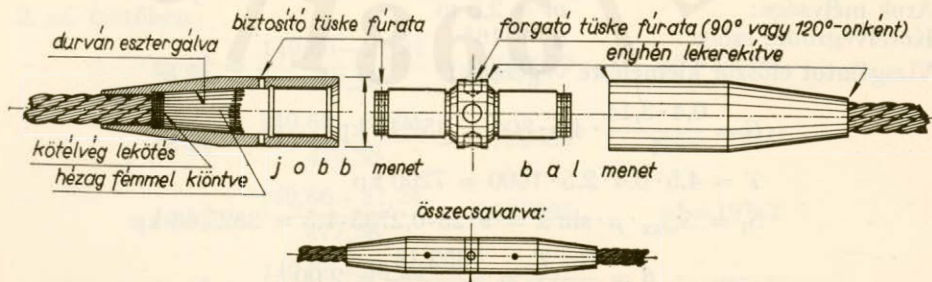
A karmantyút a bilincsel eltávolítása után ráhúzzuk a kötélvégre és újra függőleges helyzetbe befogjuk (4.71-3. ábra). A pásmás köteleknél a rostból helyére acéléket verünk be. A karmantyú és a köté közötti hézagot a karmantyú nyakán azbeszttel tömítjük.

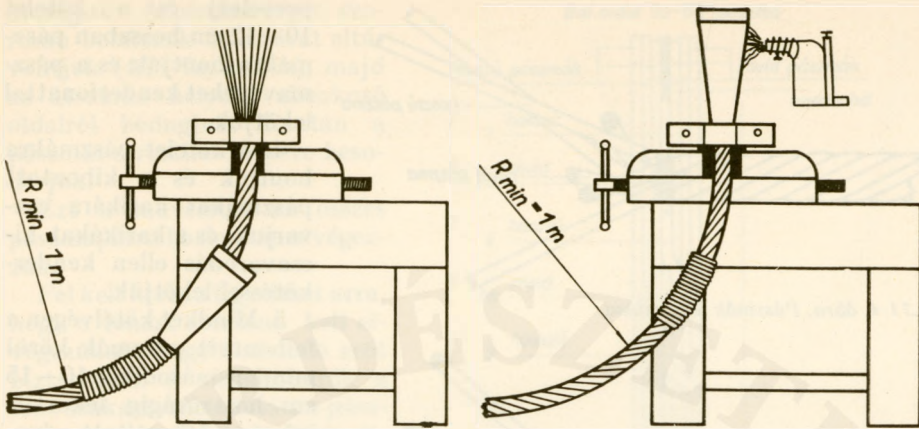
Ezután a karmantyút 200 C°-ig benzinlámpával előmelegítjük, a kiöntőfémeket megolvasztjuk és a karmantyút kiöntjük. Kiöntés után a karmantyút lassan lehűtjük.

A kiöntőfém összetétele: 85% horgany, 2% réz, 3% antimon, 6% ón, 4% ólom.

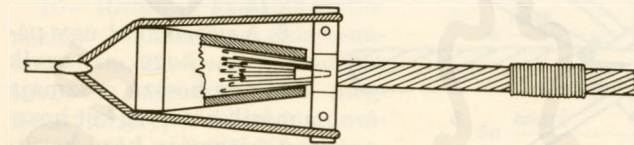
Szokás a karmantyút kiöntés helyett acélékekkel rögzíteni.

Ügyelni kell arra, hogy a függőlegesen befogott kötélvég elég nagy sugarú (min. 2,00 m) ívvel fusson a befogó satuba és előtte legalább 50 cm-en egyenes legyen. Ellenkező esetben a karmantyú kiöntve ferde állást kap.





4.71-2. ábra. A kötélvég befogása



4.71-3. ábra. A karmantyú ráhúzása

Vékonyabb (20 mm \varnothing aluli) pászmás hordköteleket és főleg vonóköteleket, melyek dobra, korongra tekerődnek, fonással kapcsolják össze. Az összefonás nem eredményez számottevő vastagodást, és így akadályokat. A fonási szakasz megtartja a kötél eredeti szilárdságát és a kezdeti erősebb megnyúlás után megnyugszik.

Az összefonás során a kötél az átmérő 1000–1300-szorosával megrövidül és a fonási szakaszon hajlékonyságából veszít. A kötelek összefonását szaképzett kötélakatos és két segédmunkás végezze el. A fonási művelet lefolyása röviden:

1. Csak azonos vastagságú, sodrási irányú és pászmaszámú kötél fonható össze. Ellentétes sodrású pászmák párosíthatók. Két nem egyező szakítószilárdságú kötél összefonható, de a kisebbik szakítószilárdságot kell használnál alapul venni.

2. A fonási hossz függ a kötél átmérőjétől, a kötél felületétől és a tervezett igénybevételtől:

$$H[m] = d \cdot 1,40 \cdot P \cdot K,$$

ahol P az igénybevételtől függő tényező, nevezetesen

$P = 1,00$, ha az igénybevétel üzem közben eléri a kötél megengedett igénybevételét és

$P = 0,85$ -ig csökkenthető az igénybevétel csökkenésének megfelelően.

K a kötél felületétől függő tényező

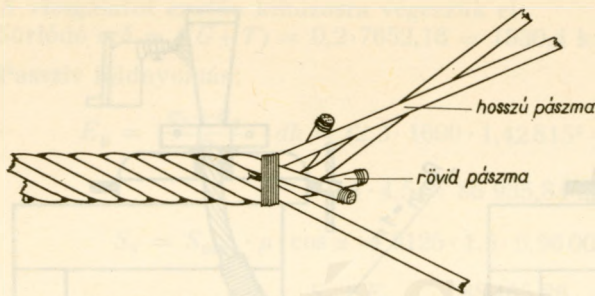
$K = 1,00$ erősen zsíros

$K = 0,85$ száraz kötél esetén (közbeeső állapot interpolálható)

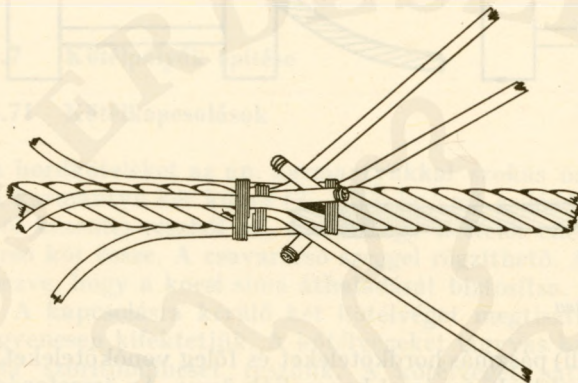
Például: egy 11 mm átmérőjű közepesen zsírozott kötél, a megengedettig terhelve az alábbi fonási hosszat adja:

$$H = 11 \cdot 1,40 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 13,86 \text{ méter}$$

3. Mindkét kötélvégre felmérjük a fonási hossz felét, és a mérés helyén lágy huzallal lekötjük a kötelet. A kötélvégről levágjuk a lágyhuzal kötést (az ún.



4.71-4. ábra. Pázmák lekurtítása



4.71-5. ábra. A két kötélvég összetolása

kötjük (4.71-5. ábra). A fonással a szabad – nem lekötött – hosszú pászmák felől indulunk el, a pázmákat megszámozzuk.

Ezután megállapítjuk az ún. bújtatási hosszat. A fonási hossz kb. 75%-át bújtatjuk a 10 külső pászmavéggel. A két-belső pászmavégre esik a fonási hossz kb. 25%-a. A fonási hosszban a rostból helyére az egymáshoz érő bújtatott pászmák kerülnek (4.71-6. ábra).

Az előző példa szerint:

$$\frac{13,86 \cdot 75}{10} = 1,04 \text{ m a hosszú pászmák és a rövid külső pászmák bújtatási hossza;}$$

$$\frac{13,86 \cdot 25}{12} = 1,73 \text{ m a két belső pászma bújtatási hossza.}$$

7. A szabadon levő pászmák bármelyikével elkezdjük a fonást úgy, hogy a rövid pászmát felbontva helyére fektetjük a hosszú pászmát. Ezt addig végezzük, míg a hosszú pászmából csak a bújtatási hossz (példánkban 1,04 m) marad. Ezt a távolságot a pászmavégtől visszamérjük és a visszamérés jelétől a hosszúpázmát a rövidpászma jobb oldalára sodorjuk. Ezután a rövidpázmán is lemérjük a két pászma érintkezésétől a bújtatási távolságot, ami a hosszú pászmával egyezik. Itt lekötjük a pászmát és elvágjuk. Így a fonási szakaszunk végén a leghosszabb fonású hosszúpászma és a legrövidebb rövidpászma vége áll ki egymás mellett (4.71-7. ábra). Ezután erre a célra készített lapos árral átszúrjuk a kötelet (4.71-8. ábra) úgy, hogy az átszúrás a szerkezetet felezze. Vigyázni kell, hogy átszúrásnál a pászmák ne sérüljenek meg. Az átszúrás helyén elvágjuk és eltávolítjuk a kenderbelet és a hosszú pászmavéget a nyílason

pecsétet) és a kötelet 10–12 cm hosszban pászmákra bontjuk és a pászmavégeket kenderfonattal lekötjük.

4. A kötelet pászmákra bontjuk és a kibontott pászmákat karikára csavarjuk, és a karikákat kicsavarodás ellen kenderkötéssel lekötjük.

5. Mindkét kötélvégen a felbontott pászmák körül minden másodikat 10–15 cm hosszúságig lekurtítjuk és a lekurtított végeket kenderfonállal lekötjük (4.71-4. ábra).

6. A pázmákat úgy párosítjuk, hogy az egyik kötélvég hosszú pászmája a másik kötélvég két hosszú pászmája közé kerüljön. Az így összeillesztett kötélvégeket szorosan összetoljuk, majd az egyik oldal hosszú pászmáit a kötélvéghez szorosan le-

átdugjuk. A pászmavéget szorosan behúzzuk és az árat eltávolítjuk (4.71-9a, b ábra), majd az átszúrás helyére ellenkező oldalról bedugjuk. Ezután a pászmát a rostbél helyére besodorjuk.

Ezt a műveletet az összes pászmapárra hasonlóan elvégezzük.

Fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a fonást szorosan kell elvégeznünk, hogy a súrlódó erőt biztosítsuk. A súrlódó erők a font szakasz súrlódását, a pászmák együttműködését biztosítják.

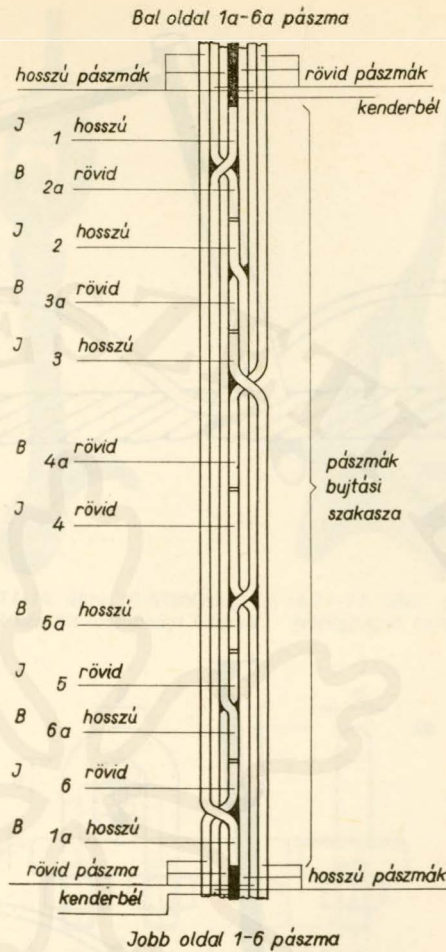
10–16 méter hosszú kötélfonáshoz 3 ember 3–4 órás munkaideje szükséges. A fonáson kívül a pályaszerelések megkönnyítésére, a teher biztonságos rögzítésére különféle biztonsági kötélkapcsolások alakultak ki. Ilyenek a svájci erdészeti kísérleti állomás által kialakított öntöttacél kapesok (4.71-10. ábra), a saruknak a keresztkötelre való rögzítésére szolgáló horgok (4.71-11. ábra) stb.

A kötélevégződéseket (kötélcsőlkök) ún. kötélcsízzal is kialakíthatjuk. A kötélcsíz köré hajlított kötelet vagy összefonjuk az eredeti kötélággal, vagy több szorító kengyelt alkalmazunk. A szorító kengyelek egyszerűbb kivitelnél A 34/12 acélból, nehezebb kivitelnél minőségi temperöntvényből készülnek (4.71-12. ábra).

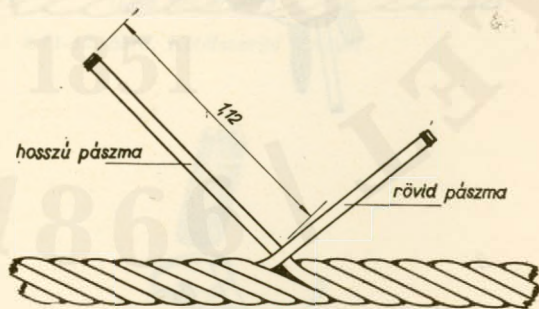
Két kötélcsőlkök összekapcsolására vagy egyéb kapcsolási célokra S kapesok is használhatók.

A teherhorogba való beakasztás céljaira, de a terelőgörgők felfüggesztésére is végtelenített kötélhurok darab, ill. biztonsági hurok szolgál.

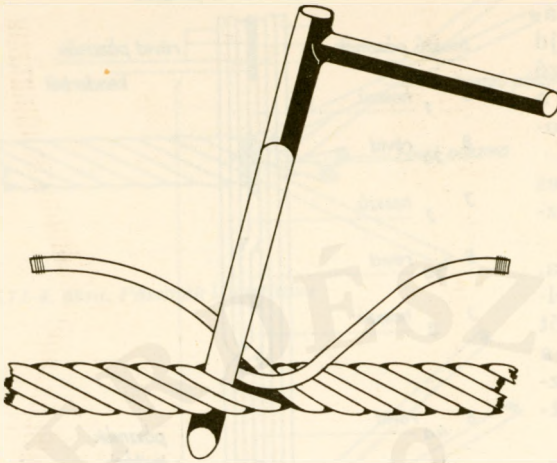
A kihorgonyzó köteleket törésmentesen kössük ki, mert így élettartamuk jelentősen meghosszabbodik.



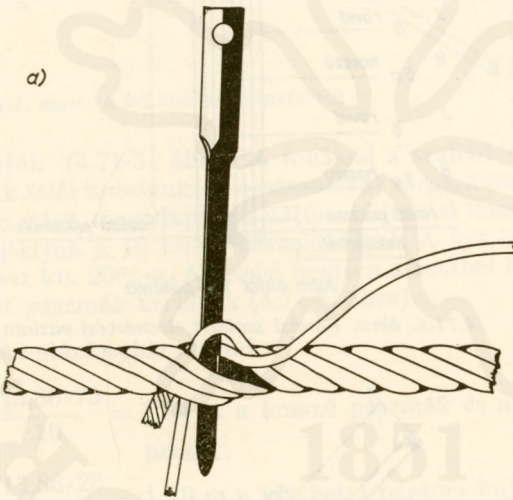
4.71-6. ábra. Fonási szakasz elrendezési vázlat



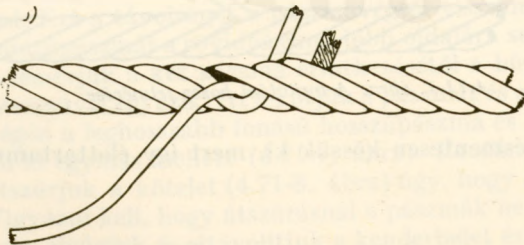
4.71-7. ábra. A bujtási hossz felmérése



a)



b)



4.71-9. ábra. A pászmavég behúzása (a+b)

4.72 Eszközök és felszerelések

A kötélpályák szerelésénél, de üzembentartásánál is a munka megkönnyítésére, így a szerelési idő lerövidítésére többféle segéd eszközt használunk. Ezek közül a leggyakrabban használtakat a következőkben ismerjük meg.

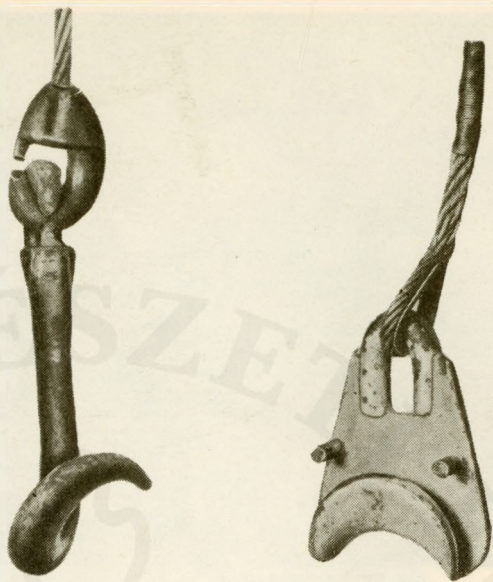
a) „Tirfor” markoló-feszítő. (Erdőhasználatból ismert.) Szabadalmazott 19 kp súlyú eszköz, mely 20 m hosszú kötélnek horgán 1500 kp erő kifejtésére képes. Kézi karral működtethető és a kifeszített kötel biztonságos visszaeresztésére is alkalmas.

b) Rudas kötélfeszítő. Mint a 4.72-2. ábrából kitűnik, két váltakozva működő kötélcszorító békából áll. Könnyű, egyszerű berendezés, 10–12 mm \varnothing vonókötéllel használható. A működtető rúd 3–4 m hosszú legyen, szükség szerint. Lényegében hasonló elveken működő feszítőt találunk az erdészetünkben is ismert „Küper” pályák felszerelésében (4.72-3. ábra).

c) Csigasor. Az állványok alkatrészeinek felemeléséhez, valamint a hordkötélnek a sarukba való beemelésére 10–15 mm \varnothing kenderkötéles csigasort szokás használni. Az ilyen csigasor könnyű kivitelű és igen jól felhasználható a szerelés egyszerűbb munkáinál. Négytől hat görgővel készül, 250–500 kp emelőerőig.

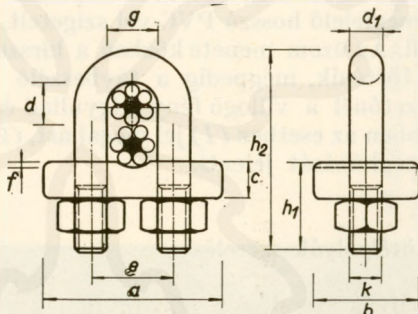
d) Mászóeszközök. Az állványokra és a természetes állványok élőfáira való mászásra az erdei magvak szedésénél használt felszereléseket lehet használni.

e) Távbeszélő. Már a kötélpálya felszerelésekor, a szerelési munkák megkönnyítésére felszereljük azt a telefont, amely üzem közben a felső és a völgyállomás, valamint a felterhelő állomás összekötésére szükséges.



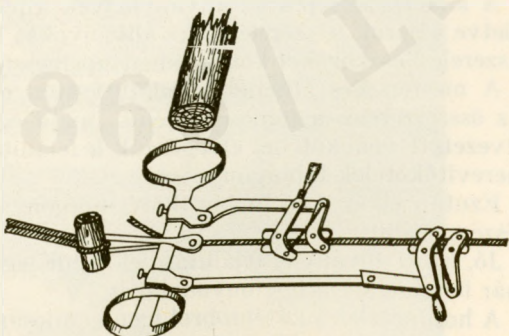
4.71-10. ábra. Acélöntvényből készült biztonsági kapocs

4.71-11. ábra. Sarufeljűggesztő karom



Megjegyzés: Méretek a kötélméret szerint változnak (Lásd MSz. 9713.sz.)

4.71-12. ábra. Kötélcszorító kengyel



4.72-1. ábra. Rudas kötélfeszítő



4.72-2. ábra. Kúpfer pálya kötéllesztője

Ez három készülékből, egy áramkapcsoló reléből, egy villogó fényből, valamint megfelelő hosszú PVC-vel szigetelt, 4,2 mm belső átmérőjű tábori kábelből áll. Az üzem menete közben a hírszolgáltatás nem beszed útján, hanem jelekkel történik, mégpedig a távbeszélő induktorának megcsavarásával a csörlővezetőnél a villogó fény felgyullad és ily módon áll helyre az összekötetés. Ebben az esetben (1) jel megállást, (2) jel a kötélt utánaengedését, (3) jel a kötélt meghúzását jelenti.

4.73 Kötélpályák szerelése

A kötélpályák szerelése a pályanyiladék kitisztításával kezdődik. Csak olyan széles nyiladékot szabadítsunk fel, amennyi feltétlenül szükséges. Ha a kötélt a lombsátor felett magasan feszül, alig 1 m is elegendő, ellenkező esetben a pálya rendszere szerint 2–4 m-t választhatunk. A lombsátor alatt futó rövidpályás kötélدارuk külön nyiladékot nem igényelnek. Elegendő csupán az útban levő törzsek eltávolítása.

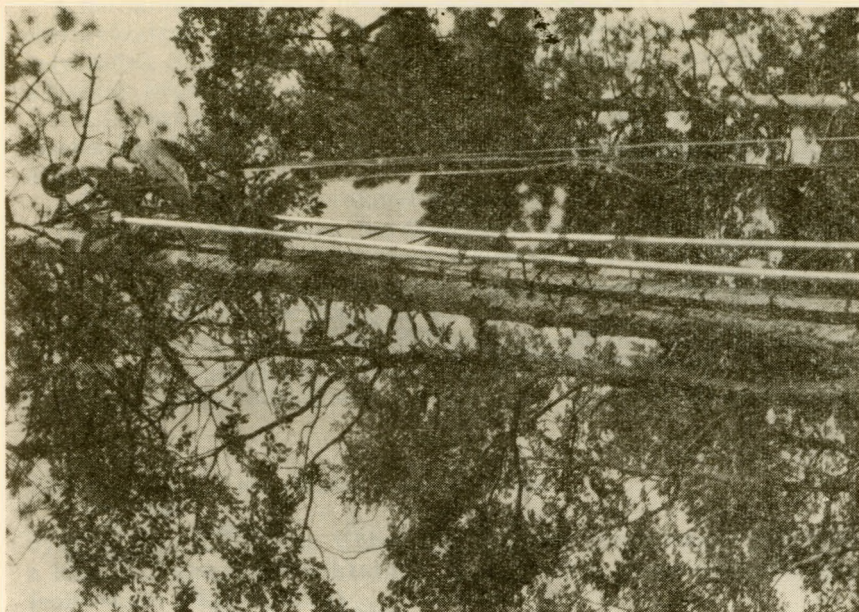
A következő lépés az állványhelyek kijelölése és az állványok felállítása, illetve a saruk felszerelése. Az állványokat felülről lefelé építjük, azért, hogy a szerelési eszközöket könnyebben cipelhessük.

A mesterséges állványok felállítását a csörlő vonókötéllel végezhetjük. Az összeszerelés a földön történik, majd egy szerelőbakra akasztott görgőn átvezetett vonókötéllel elvégezzük a felállítást (4.73-1. ábra). Ezt követi a merevítőkötelek kihorgonyozása.

Ezután elkészítjük a hordkötél horgonyait és a hordkötélet a pálya alsó részére szállítjuk.

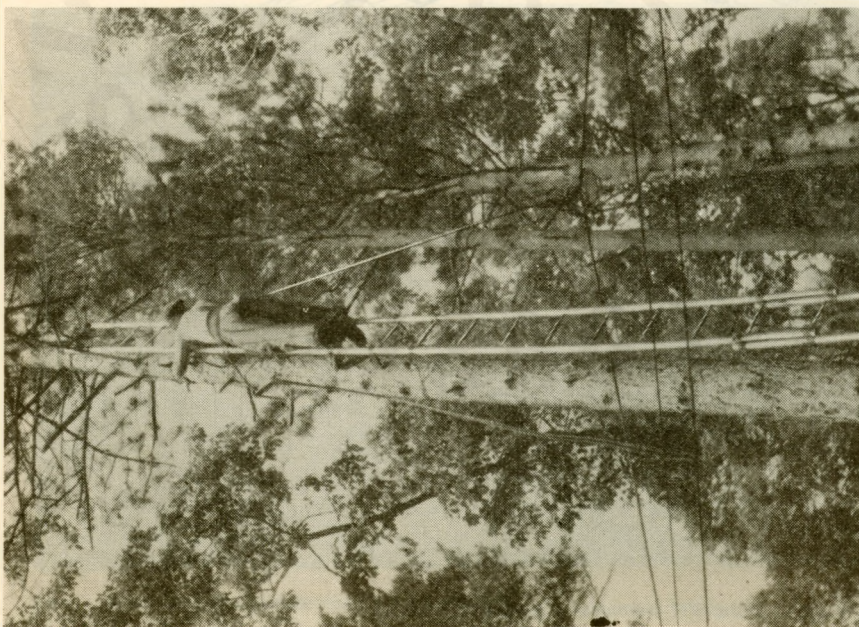
Jó, ha az állványok felállítása előtt, de legkésőbb a hordkötél kihúása előtt már felszereljük a telefonvonalat is.

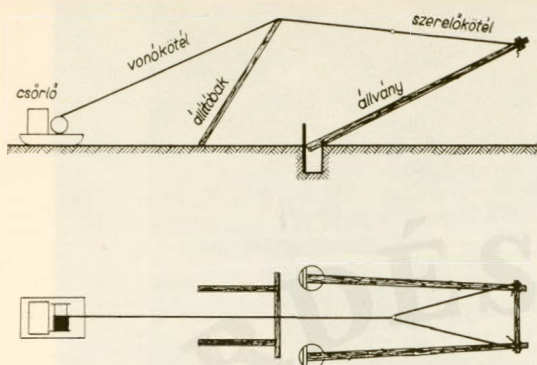
A hordkötélet a kötéldobról igen gondosan, enyhe fékezés mellett csévéljük le, nehogy „knik”-ek keletkezzenek, amelyek elkerülhetetlenül a kötélt rongálódásához vezetnek (4.73-2. ábra).



a b

4.72-3. ábra. Alumínium létra pályaszerelésnél (a + b)

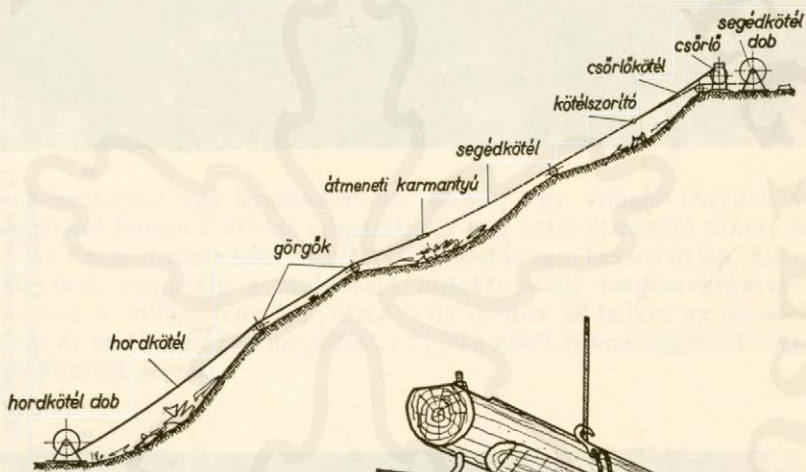




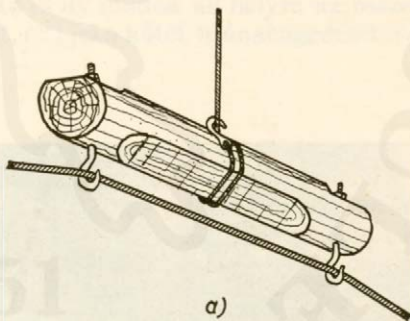
4.73-1. ábra. Mesterséges állvány felállítása szerelőbakkal



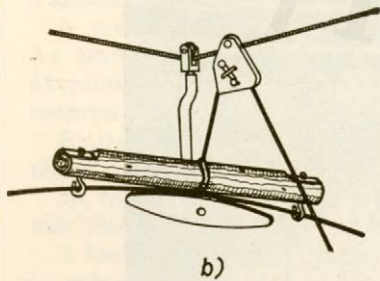
4.73-2. ábra. Kötélhurkolódás (knik)



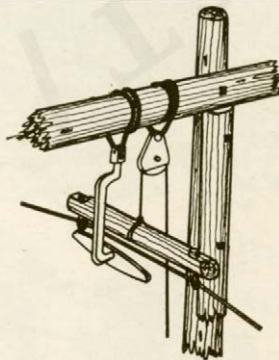
4.73-3. ábra. Hordkötél kihúzása



a)



b)



c)

A hordkötél kihúzása a hegyállomáson elhelyezett csörlő segítségével, nagy elővigyázattal történjék (4.73-3. ábra). A kötélen hosszabban huroköröket helyezünk el, akik részben elhárítják az akadályokat, részben jelt adnak, így a hurok képződését elkerülhetjük.

A kihúzott hordkötélet lehorgonyzás után a sarukba be kell emelni. A bemelés kenderkötéles csigasor és emelőhid segítségével végezhető el (4.73-4. ábra).

A következő lépés a hordkötél kifeszítése.

Rövidpályás kötéláru hordkötélinek 2–3,5 Mp-re való kifeszítéséhez, de nagyobb pályák hordkötélinek előfeszítéséhez is az előbbieken ismertett markoló-feszítők egyikét szokás felhasználni. A legcélszerűbb, ha a feszítést az alsó állomáson végezzük el.

A kötélszorító felhelyezése előtt, mind a kötelet, mind a szorító pófákat benzinnel zsírtalanítjuk. A feszítő út általában 20–50 m-re vehető pályakilométerenként.

4.74 A kötélrő ellenőrzése a hordkötélben

a) *Dinamométeres eljárás.* Ehhez egy megfelelő dinamométer szükséges, melyet a lehorgonyzásnál közbeiktatunk. A kötélrő a dinamométerről közvetlenül leolvasható (4.74-1. ábra).

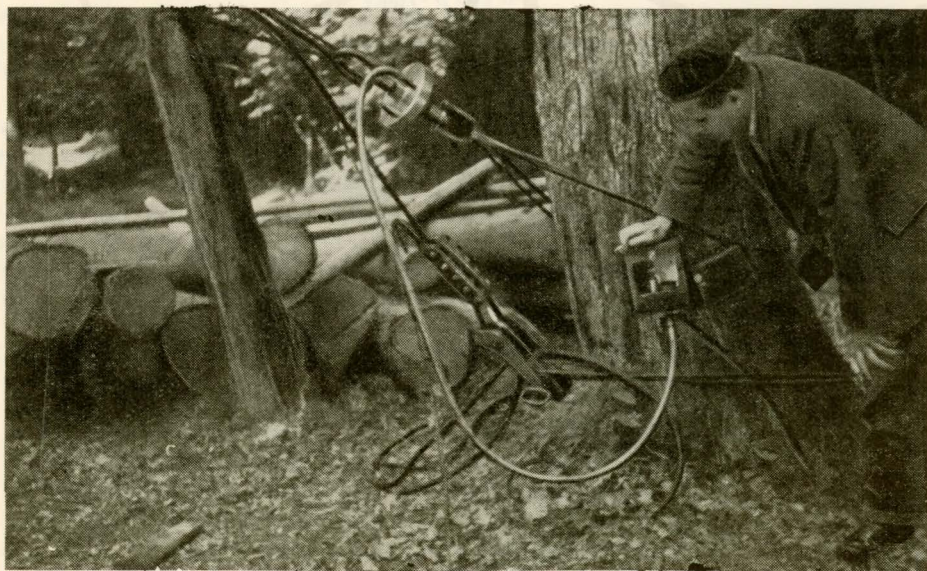
b) *Geometriai eljárás* (dr. Giordano után).

$$AB = l \text{ és } BC = l \cdot \sin(\alpha - \beta)$$

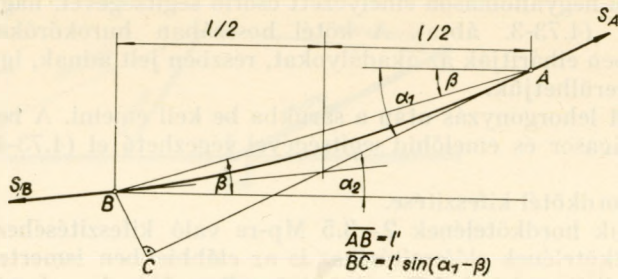
Felírjuk a 4.74-2. ábra alapján a B pontra a nyomatéki tételt.

$$g \cdot l \cdot \frac{l}{2} = S_A \cdot l \cdot \sin(\alpha_1 - \beta), \text{ ahonnan}$$

$$S_A = \frac{g \cdot l}{2 \cdot \sin(\alpha_1 - \beta)} \quad \text{és} \quad S_B = \frac{g \cdot l}{2 \cdot \sin(\beta - \alpha_2)}$$



4.74-1. ábra. Feszítés ellenőrzése dinamométerrel



4.74-2. ábra. Kötéltermérés geometriai eljárással

Ha az α_1 és α_2 szöveget megmérjük, ezekből a képletekből kiszámíthatjuk a S_A és S_B erők nagyságát. A horizontális komponens pedig

$$H = S_A \cdot \cos \alpha_1 = S_B \cdot \cos \alpha_2$$

Innen aztán a behajlás a (4-14) képlet alapján számítható. Koncentrált terhelés mellett

$$S_A = \frac{g \cdot l' \cdot l + Q \cdot l}{2 \cdot l' \cdot \sin(\alpha_1 - \beta)} \quad \text{és} \quad S_B = \frac{g \cdot l \cdot l' + Q \cdot l}{2 \cdot l' \cdot \sin(\beta - \alpha_2)}$$

$$H = S_A \cdot \cos \alpha_1 = S_B \cdot \cos \alpha_2$$

A szögek mérésére az ún. *teleferométert* használják, mely a tartókötélre helyezhető dioptriával ellátott magassági kör. A magassági kör libellával van ellátva és elmozdítható. A skáláról a szükséges szögértékek leolvashatók.

c) *A befüggésből való meghatározás.* Ebben az esetben a legnagyobb mező geodéziailag meghatározott felezőpontján zsinór segítségével meghatározzuk a tényleges befüggést ($f_{\text{tény}}$), amit a számított érték képletében úgy helyettesítünk be, hogy most már a szerelési feszítés legyen az ismeretlen. Vagyis

$$H = \frac{g \cdot l^2_{\text{tény}}}{8 \cos \beta \cdot f_{\text{tény}}}$$

d) *A visszatérő rezgésen alapuló eljárás* (dr. Pestaltól). Az eljárás lényege az, hogy a kifeszített hordkötélre egy súlyos doronggal ráütünk és stopperórával mérjük a lengés visszatérési idejét a ráütési helyen. Az alábbi összefüggés érvényes az L (hektométer) hosszúságon kifeszített kötélen:

$$t_{\text{sec}} = L[\text{hm}] \sqrt{\frac{4,07 \cdot g [\text{kp/m}]}{S[\text{Mp}]}} \quad (4-38)$$

ahol a képlet a lengés visszatérési idejét jelzi adott S feszítésnél. Ha a mért idő a számítottnál hosszabb, feszítünk, ha rövidebb, engedünk a kötélen.

4.75 A pálya leszerelése

A hanyagul végzett leszerelési munkák az üzem közben történő rongálódás sokszorosát tehetik ki, míg a gondos leszerelés, tervszerű karbantartással egybekötve az állagmegóvás legjobb biztosítója. A kötelet fentről lefelé engedjük le és a csörlő vonókötélével fekezzük. A szállító dobra való felcsévélés közben megvizsgáljuk a kötelet és az esetleges hibás szakaszokat kiejtjük.

A sarukat, horgonyköteleket gondosan karbahelyezzük. A kopott részeket kicseréljük, a kocsiszerkezetet a rátapadt kötélzsrítól megtisztítjuk és lela-

jozzuk. A csörlőkötelet is átvizsgáljuk, a hibás részeket kiejtjük, és a motor karbantartását is elvégezzük.

Ha mesterséges állványaink vannak, azokat lebontjuk és az ép alkatrészeket, csavarokat a következő álláshelyre szállítjuk, ahol a lehetőséghez mérten felhasználhatók.

Legutoljára kerül sor a telefonberendezés leszerelésére.

4.8 Kötélpályák az erdészeti üzemben

4.81 A sodronykötélpályás anyagmozgatás erdészeti jelentősége

Ha a magyar erdőgazdálkodás statisztikai adatait nézzük, az anyagmozgatás jellemző számai közül elsősorban a közelítés és kiszállítás adatai figyelemre méltóak.

Mint azt a 4.81-I. táblázat mutatja, a legnehezebb körülmények között folyó anyagmozgatási szakasz alig gépesített, és a kitermelt fa mintegy 25%-át főleg kézi erővel hozzuk ki azért, mert ez a mennyiség még az egyébként mozgékonny fogat számára is nehezen hozzáférhető.

Ha ehhez hozzávesszük azt a mennyiséget, mely a fogatok által közelített részből a legnehezebb körülmények között fekszik, bátran mondhatjuk, hogy az 1961/62. gazdasági évben közelítés cím alatt mozgatott mintegy 750 000 m³ faanyag 30%-a, tehát 225 000 m³ lett volna megmozgatható valamilyen sodronyköteles munkamódszerrel.

Ha a kiszállítás adatait nézzük, megállapíthatjuk, hogy ezen cím alatt mintegy 1 800 000 m³ faanyagot fogatokkal mozgatnak meg. A gépesítési fok itt 30%. Nem túlozunk, ha ebből a mennyiségből 10%-ot becsülünk kötédarus vagy pályás anyagmozgatásra alkalmasnak.

A közelítés és kiszállítás adatait egybevetve tehát mintegy 300 000 m³ faanyag mozgatása lehetséges könnyű sodronykötélpályákkal, kötédarukkal és egyéb sodronyköteles berendezésekkel.

Ha megfontoljuk, hogy ez a mennyiség éppen az, amelynek kihozására jelenleg a legnagyobb energiát és fáradságot fordítjuk, nyilvánvalóvá válik, hogy az összes anyagmozgatási költségek szempontjából a sodronyköteles módszerek szerepe nem jelentéktelen.

Nem vitatható az sem, hogy erdőterületeink majdnem minden erdőrészeletre legmegfelelőbbben úthálózzattal tárható fel. Ez a feltárás az ország egész erdőgazdaságát tekintve azonban rendkívüli anyagi erőfeszítéseket igényel és legalább 20 esztendőre van szükségünk, hogy erdeink feltárásának alaphálózatát elkészítsük. Mindaddig azonban azokon a helyeken, ahol lehetséges — és éppen ezeken a helyeken az útépités költsége nagy —, a feladatot valamilyen sodronyköteles módszerrel végezzük el, és az útépitési beruházást más, kötélpályára nem alkalmas helyen használjuk fel, ott, ahol ugyanazon költség-

4.81-I. táblázat. Közelített famennyiség megoszlása energiacsoportonként

Gazdasági év	Közelített famennyiség: 1000 m ³ -ben						összesen
	gépi eszközzel	%	fogattal	%	egyéb eszközzel	%	
1958/59	14	3,2	290	66,5	132	30,3	436
1959/60	18	2,7	426	65,0	212	32,3	656
1960/61	34	4,9	488	69,7	177	25,4	699
1961/62	38	5,0	537	71,8	174	23,2	749

Kiszállítás gépesítése: 30 %

gel hosszabb út építhető meg. Ugyanígy egészítheti ki a kötélpálya még meg-
lévő erdei vasútüzemeinket is.

A kötélpályákkal, kötélदारukkal és általában a sodronyköteles anyagmoz-
gatással szemben mutakozó bizonyos fokú idegenkedés hazai erdőgazdasági
üzemeinknél az eszközök és módszerek ismeretének hiányára vezethető vissza.
A szakemberek egy része visszariad a bonyolult statikai számításoktól,
legtöbbször nem ismeri azokat az apró szerelési fogásokat, melyeknek segítségével
a pályák gyors, üzembiztos, tehát gazdaságos áthelyezése lehetséges, nem
ismeri azokat a követelményeket, melyeket az egyes eljárások gazdaságos
alkalmazása támaszt.

Rá kell mutatnunk arra, hogy vannak anyagmozgatási feladataink, melyek-
et az anyag károsodása nélkül csak kötélpályával oldhatunk meg. Meg kell
jegyezni, hogy a kötélदारus anyagmozgatás talajvédelmi szempontból a leg-
kíméletesebbnek tekinthető.

A kötélpálya az úthálózat mindenkori kiegészítője, és semmiképpen sem
versenytárs! Segítségével a feltérési rendszer kifinomítható, illetve hiányos-
ságai kiküszöbölhetők. A jó telepítés a gazdaságos munka előfeltétele és min-
denkor az erdőnevelési szempontok szem előtt tartásával történjék.

4.82 Erdészeti kötélpályák és kötélदारuk gazdaságossága

A kötélpályák és kötélदारuk alkalmazási körét az erdőgazdaságban végső
fokon gazdaságosságuk dönti el. Igaz ugyan, hogy vannak helyek, ahol mint
egyedüli megoldás, a gazdaságosság közvetlen szem előtt tartása nélkül alkal-
mazzuk őket, de a gazdaságosság kérdése, ha burkoltan is, e helyeken is fellel-
hető.

A kötélदारuk és kötélpályák gazdaságos alkalmazásának paraméterei a
következők:

- a) Üzemóra költségek.
- b) Napi teljesítmény.
- c) Fel-, leszerelési időszükséglet.
- d) Évi összes üzemórák száma.

Vizsgálataink során megállapíthatjuk, hogy e négy tényező bizonyos mér-
tékig összefügg egymással, pl. az évi összes üzemórák száma döntő kihatással
van az üzemóra költségekre.

a) Üzemóra költségek

Az üzemórakat az erdészeti kötélpályáknál a következőképpen csoportosít-
hatjuk:

Produktív idő;
fel- és leszerelési idő;
zavar-idő.

Az időfelhasználás kimutatása a csörlőgépész által vezetett géplapon tör-
ténik.

Mivel a négyféle időcsoport alatt a berendezés elhasználódásnak van kitéve
és az elhasználódás mértéke, valamint az egyes időfajták alatt elhasznált
üzemanyag mértéke nehezen különíthető el, az üzemóráköltség-számítást
az összes műszakórákra végezzük el.

Az erdészeti sodronyköteles berendezések élettartama üzemórákban:

Skidderek és rövidpályás kötélдарuk	12 000 üzemóra
Közép- és hosszúpályás kötélдарuk	20 000 üzemóra
Kötélдарuk	30 000 üzemóra

A sodronykötelek élettartamáról — melyet az előzőktől függetlenül kell számításba venni — már a 4.31 pontban is megemlékeztünk.

Meg kell jegyezni, hogy hazai köteleinkkel kevés tapasztalatunk van. Ami van, az sem használható fel, mert a köteleinket sajnos még ma is szakszerűtlenül kezelik.

Példaképpen bemutatjuk egy Kűper MF 10 csörlővel ellátott rövidpályás kötélдару üzemóráköltség-számítását:

A számításához a következő adatokat vettük alapul:

a) Kűper MF 10 csörlő a kötélpálya egyéb tartozékaival: $A = 171\,625$ Ft.

Normális használati időtartam: $H = 12\,000$ üő.

Évi átlagos üzemóra szám: $j = 1600$ üő.

b) A szükséges sodronykötelek költségei:

16 mm \varnothing „Herkules” hordkötél 15 826 kp szakítóerejű 16,50 Ft/kp szükséglet 350 fm.

Súly: 0,894 kp/m

9,5 mm \varnothing „Seale” vonókötél 425 0 kp szakítószilárdságú 2480 Ft/q, szükséglet 400 fm.

Súly: 0,260 kp/m

Kötélárak az előzők figyelembevételével:

Hordkötél: $350 \cdot 0,894 \cdot 16,50 = 5162,85$ Ft.

Vonókötél: $400 \cdot 0,260 \cdot 24,80 = 2579,20$ Ft.

A hordkötél mintegy 20 000 m³ anyag mozgatása alatt használódik el, azaz kb. 5 év alatt, míg a vonókötélet átlagban minden 3–4 ezer m³ után, azaz évenként szükséges cserélni.

A kötelek tehát a következő értékekkel terhelik meg az üő. költségeket:

$j = 1600$ üő. számításba vétele esetén:

Hordkötél: $5 \cdot 1600 = 8000$ üő., azaz $5162,85 : 8000 = 0,65$ Ft/üő

Vonókötél: $1 \cdot 1600 = 1600$ üő., azaz $2579,20 : 1600 = 1,62$ Ft/üő

Összesen: 2,27 Ft/üő.

Az üő. költségek alakulása tehát a következő:

I. állandó költségek

1. Amortizáció $171\,625 : 12\,000 =$	14,30 Ft/üő
2. Elhelyezés, tárolás 2400 Ft/év : 1600	1,50 Ft/üő
3. Javítások, felújítási javítással együtt $0,4$ műhely- óra üő-ánként = $0,4 \times 16,70$	6,68 Ft/üő
	<u>22,48 Ft</u>

4. Sodronykötél költségei (lásd fm) 2,27 Ft/üő

II. Változó költségek

5. Üzemanyag: 2 l/üő (keverék)	6,90 Ft/üő
6. Karbantartás (A IV. 15 %-a)	5,93 Ft/üő

III. Bérek és szociális terhek

7. Tiszta munkabér üő-ként 4 fő	32,00 Ft/üő
8. Szociális terhek $23,5\%$	7,52 Ft/üő

Előkalkulált üő. költség: 77,10 Ft/üő

Az előkalkuláció eredményeit a tényszámok gondos kigyűjtésével állandóan ellenőrizni kell. Ezzel az előkalkuláció a szükséges mértékig igen megbízható alapot képez majd az üzemvezetés számára a gép alkalmazását és racionalizálási rendszabályok bevezetését illetően.

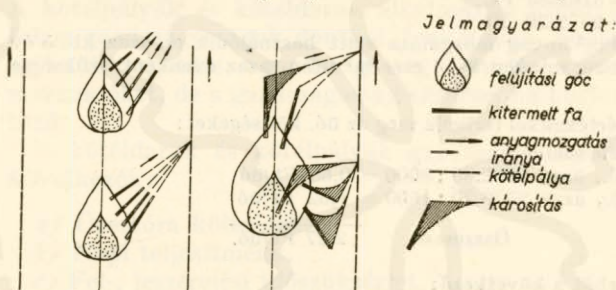
b) A napi teljesítmény

Rendkívül sok tényező befolyásolja, itt csak a legfontosabbakat említjük meg:

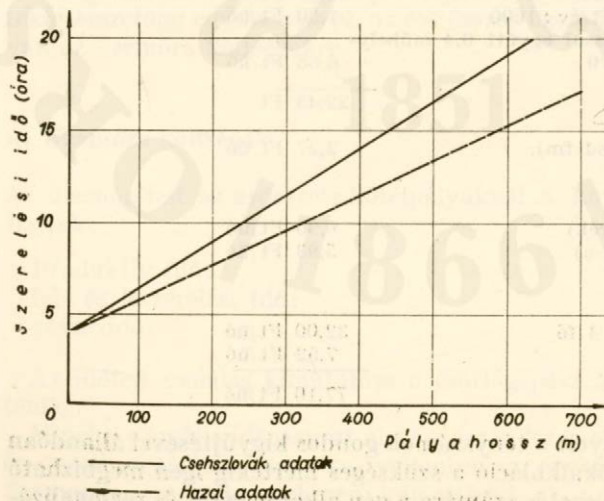
1. A terep lejtőzege.
2. A mozgatótt választék és a fafaj.
3. Az erdőhasználati munkáknak az anyagmozgatáshoz való kapcsolódása, ebből következőleg a választék előkészítése.
4. A fogadóhely alkalmassága.
5. A személyzet rátermettsége, iskolázottsága, és ami ezzel összefügg, a helyes munkaszervezés.

A terep lejtőzege a zárt anyagmozgatási ciklust, a teher és üresmenet sebességét befolyásolja. A különösen meredek terepen, felfelé való mozgatótásnál, a tehermenet sebessége jelentősen csökkenhet, mivel a megnövekedett vonóerő-szükségletet csak alacsony sebességváltó állás biztosítja. Ha a vonóerő-szükségletet a kocsi terhelés csökkentésével mérsékeljük, a fel- és leterhelési idő viszonylagos növekedése okoz teljesítménycsökkenést. Túl meredek terep esetén a pályavonalat éppen ezért nem mindig az esésvonal irányában vezetjük, hanem attól kissé eltérünk.

A választék és fafaj is jelentősen befolyásolja a teljesítményt. A nehezebb



4.82-1. ábra. Döntési irányok megőlasztása kötélpályák közelítéseknel



566. 4.82-2. ábra. Kis kötélárak fel- és leszerelési időszükséglete

lombfák mozgatótásánál kevesebb köbméter is leterheli a futókocsit, míg az apróbb választék fel- és leterhelése okoz időtöbbletet.

A gondos fakitermelési munka, mint a kötélpályás közelítés előkészítője, a teljesítmény növelésének fontos tényezője. A döntés irányát már a kötélpálya érdekében kell meghatározni. Ezért előnyös a pályavonalak előzetes kitűzése és a kitermelés előtt olajfestékkel való kijelölése. Egyes előrehaladottabb erdőgazdaságokban a kisebb kötélpályákat a fakitermelő brigád kezelésébe adják és a használati munkával együtt bérézik az anyagmozgatót is. Ez aztán a két művelet magasságok összehangolásához és a termelékenység emelkedéséhez vezet.

Mint a 4.82-1. ábrából is kitűnik, különösen felújító vágásoknál és nevelő vágásoknál fontos a döntési irány betartása.

A fogadóhelyek alkalmassága a gyors leterhelést biztosítja és kiküszöböli az anyagtorlódás okozta zavarokat. Természetesen ez sokszor az elszállítás megfelelő szerveztségével is összefügg.

A személyzet rátermettsége, iskolázottsága majdnem a legdöntőbb tényezőnek tekinthető. A teljesítőképes kötélpályaüzem megfelelő találékonyssággal, testi alkalmassággal rendelkező fiatal, de erdei munkában tapasztalt dolgozókat kíván. A technikai előképzettség, baleseti oktatás stb. előkövetelmény ennél a munkánál. Ezenfelül az erdészet műszaki vezetője állandóan figyelje, javítsa a munkamódszert, és a vágástechnológiának az összehangolását a helyszínen napról napra irányítja.

e) Fel- és leszerelés időszükséglete

A napi m^3 -teljesítményre – habár közvetve – döntő befolyással bír a le- és felszerelés időszükséglete. Gyorsabb, tehát olcsóbb fel- és leszerelés sűrűbb pályaállást, tehát rövidebb, vagyis olcsóbb oldalközelítést enged meg. A fel- és leszerelés időszükségletét egy rövidpályás kötéláru esetében a 4.82-2. ábrán látható grafikonon szemléltetjük. A grafikon közepes állványmagasságokra, átlagos viszonyokra érvényes. A csehszlovák adatoknál a hosszabb faválasztékok miatt szükséges nagyobb állványok okoznak emelkedést.

A fel- és leszerelési költségek csökkentésére, illetve az állványmagasság leztorítására szolgálnak – mint már említettük – a kétrészes kocsik, melyek a hosszabb választékot a hordkötéllel párhuzamosan szállítják.

Hosszúpályás kötéláru szerelési időszükséglete rendkívül változó. Hazai viszonyaink között következő adatokat vehetjük figyelembe.

Csörlő felvonulása	8 ó
Csörlő elhelyezése, lehorgonyozása 2 fő	6 ó
Anyagok helyszínre hordása	4 üő/1000 m
Állványszerelés (1 előmunkás, 4 segédmunkás)	
természetes állványok	6–8 ó
félmesterséges állványok	8–10 ó
Mesterséges állványok	12–25 ó
horgonyzás 3 fő,	
hordkötél kihúzás-feszítés 1+4 fő	10–20 ó/1000 m.
Leszerelés a felszerelési költségek 50%-ára tervezhető.	

d) Az évi összes üzemórák száma

Az állandó költségeknek az üő. költségekre való vetítésénél mértékadó.

Példánkban 1600 üő-val számoltunk évente, ami átlagos adat. Maximumként 2400 üő-t jelölünk meg. Efelett a karbantartás elhanyagolása miatt az elhasználódás rohamosan nő.

A fel- és leszerelés költségeit az üő. költségek alapján számítjuk ki, azaz a fel- és leszereléshez szükséges üő. számát szorozzuk az üő-költségekkel. Ez természetesen látszik, mert a fel- és leszerelés munkájában a csörlőt igénybe vesszük és ez a munka az összes évi üzemórák terhére megy.

Van, ahol ezt a kiadást külön – az üő-től függetlenül – kalkulálják.

4.83 Kötélpályák és kötélدارuk telepítése és üzeme

4.831 Kötélpályák

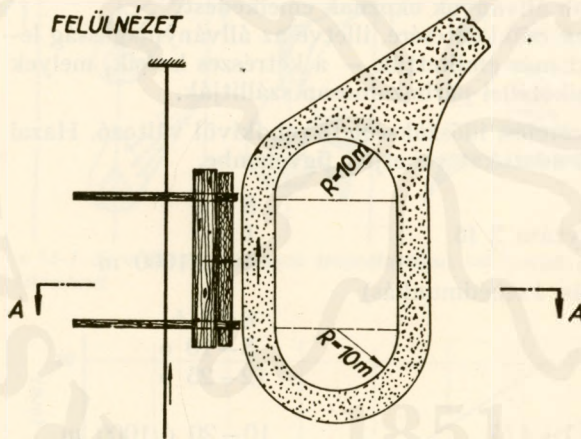
Ott, ahol feltáratlan állományokban a fahasználat mértéke eléri az 1000 m³-t és a megfelelő terepadottságok a kötélpályaüzem előnyeit kihangsúlyozzák, a könnyű kivitelű kötélpályák már gazdaságosan telepíthetők.

A kötélpályák telepítésének első szempontja a feltáráshálózathoz és így a szállítási folyamathoz való szerves csatlakozása. Rá kell mutatnunk arra, hogy a kötélpályák a kiszállítás eszközei és így üzemükre a megelőző közelítési munka jó szervezete döntő befolyással bír. Másrészt a közelítés folytonos üzeme és a rakodási költségek nagysága szempontjából nem közömbös, hogy a közelített anyagot – jelentős rakodói mozgatási, máglyázási költségek nélkül – képes-e a kötélpálya fogadni. Gondolni kell továbbá arra, hogy a kötélpályák felvevő helyén, a közelítésben beálló zavarok hatásának csökkentésére mintegy 30–40 m³ anyagtartékokat készletezzünk. A kötélpálya részletes kiviteli tervét tehát meg kell, hogy előzze egy anyagmozgatás-technológiai terv és előkalkuláció.

A technológiai terv terjedjen ki a fogadóhelyen belül történő anyagmozgatásra és így a közelítő vonalak csatlakozására, valamint a közúthoz csatlakozó fogadóhelyi anyagmozgatásra.

A kötélpálya üzemmenetére vonatkozóan a következőket jegyezzük meg:

a) A felvevő helyen a 4.37-4. ábrának megfelelő terelőhidást készítsünk,

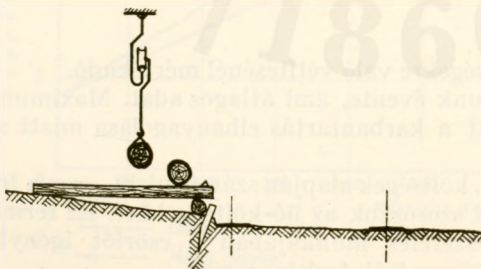


melyet oldalról táplálunk.

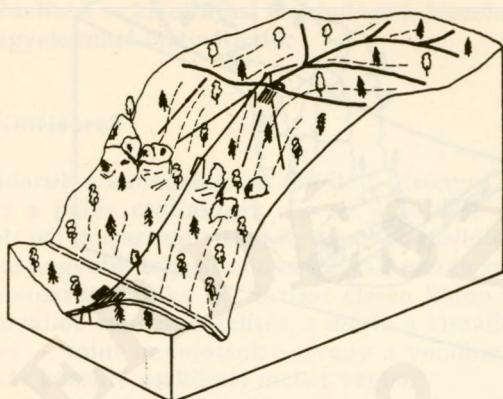
Konténeres tűzifa-szállítás esetében a hordkötél alá hosszában könnyű síneken futó pályakocsit helyezünk, melynek vágányát lejtősen vezetve a ráhelyezett konténer a kötélpálya kocsira alá toljuk, majd a teherhorog beakasztása után a kocsit visszakeresztjük. A rakomány felkapcsolásánál capinnal, emelőruddal felszerelt, két bőrkesztyűs munkás helyezkedik el, akik a kocsik kikapcsolását, felterhelését és a vonókötélbe való ismételt bekapcsolását végzik.

b) Tehermenet 1–2 m/sec sebességgel történik. A felvevőhelyet a gépészszel telefon kösse össze, melyen keresztül a rakodószemélyzet a megállásra, indításra utasításokat adhat. Az egyes kocsik távolsága 100–300 m legyen. Rakodásukhoz 3–5 perc szükséges.

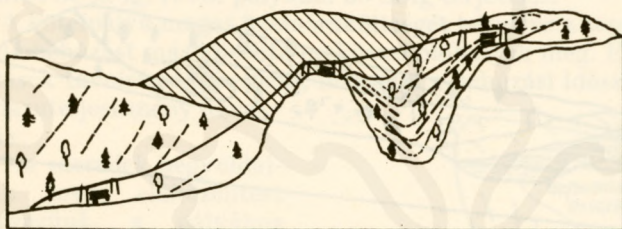
"A-A" METSZET



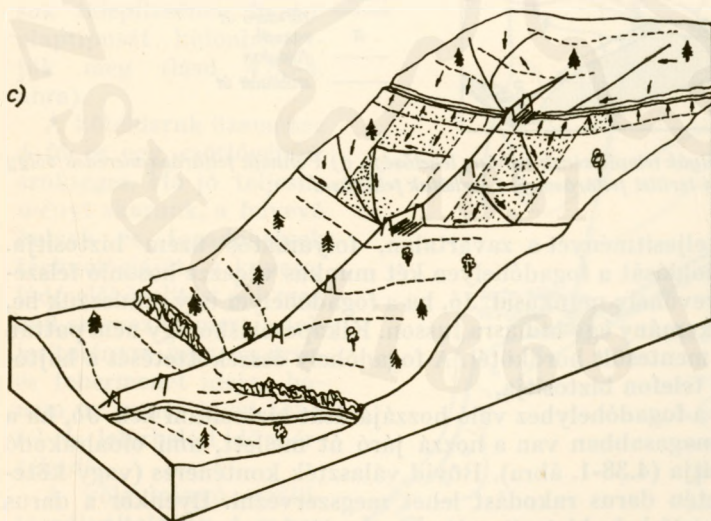
a)



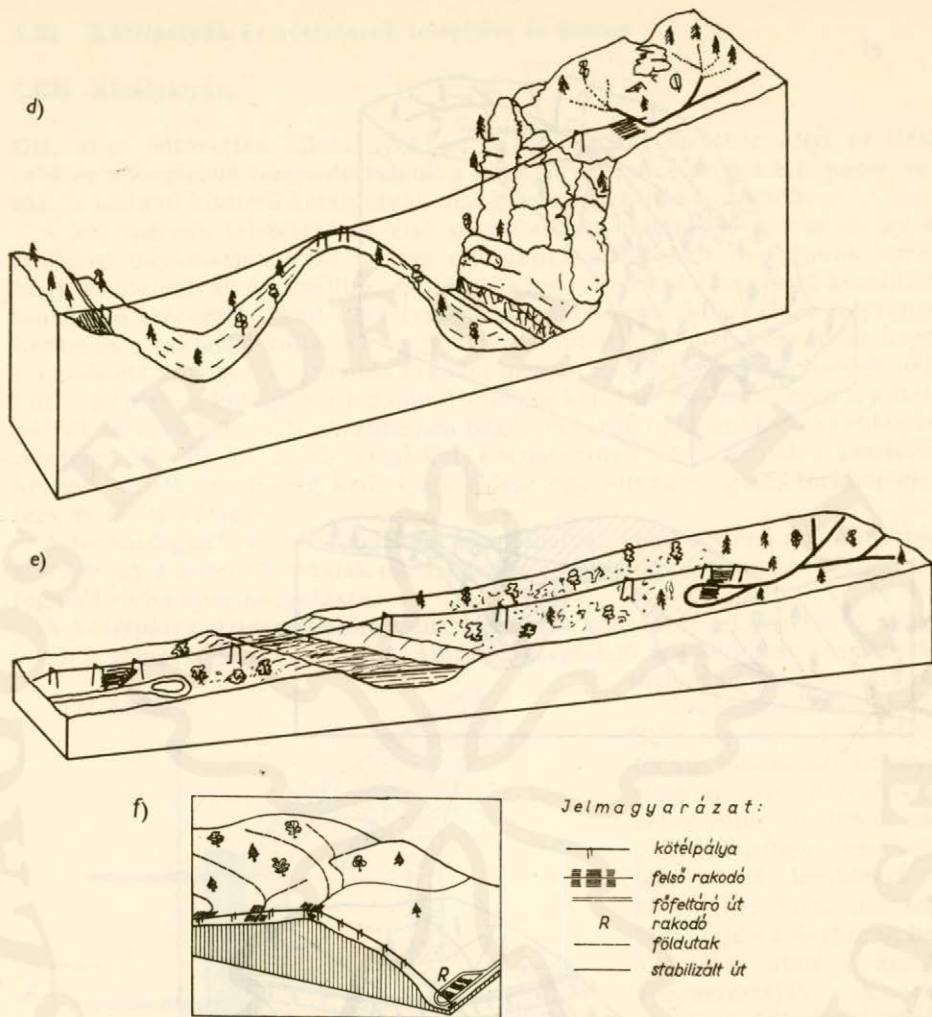
b)



c)



4.83-2. ábra. A kötélpályák telepítésének néhány lehetősége. a) A fennsíkot közelítő nyomok tárják fel. A rakodó a törésnél van elhelyezve. A hegyoldalt rövidpályás kötéldaru tárja fel, mely az anyagot a rakodóra szállítja. b) Fennsík feltárása egy völgyön keresztül. c) Két rakodó telepítése kevésbé tagolt lejtőn. A fennsík 25 %-os, a hegyoldal 40 %-os. A nyilak a mozgás irányát mutatják



4.83-2. ábra. A kötélpályák telepítésének néhány lehetősége. d) Fennsík feltárása meredek völgy áthidalásával. e) Ártéri terület feltárása. f) Lőszhátak feltárása.

A kötélpálya jó teljesítményét a zavartalan, folyamatos üzem biztosítja.

c) Rakomány kioldását a fogadóhelyen két munkás végezze hasonló felszereléssel, mint a felvevőhely munkásai. Jó, ha a fogadóhelyet úgy rendezzük be, hogy a beérkező rakomány egy hídiásra fusson. Kikapcsoláskor így nem pattan vissza a teher alól mentesült hordkötél. A fogadóhely összeköttetését a hajtómű gépközlelőjével telefon biztosítja.

A gépkocsiknak a fogadóhelyhez való hozzájárását biztosítani kell. Jó, ha a fogadóhely kissé magasabban van a hozzá járó út mellett, ami oldalrakodó kialakítását biztosítja (4.38-1. ábra). Rövid választék konténeres (vagy kötegelt) szállítása esetén darus rakodást lehet megszervezni. Ilyenkor a darus kocsis részére megfelelő hely biztosítandó. Önrakodó daru megkönnyíti a megoldást.

A felvevő- és fogadóhelyeket tartalékkocsikkal és teherrögzítő láncokkal kell ellátni, hogy a meghibásodott szerkezeteket azonnal pótolni tudjuk. Biztosítani kell a távbeszélő kifogástalan működését.

Kötélpályák telepítésének néhány lehetőségét a 4.83-2. ábrakon mutatjuk be. Hangsúlyozzuk, hogy a kötélpálya üzeme csak jól bedolgozott személyzetel, a közelítési és kiszállítási technológiák összehangolásával, és nagy technológiai fegyvellemel biztosítható.

4.832 Kötéldaruk

A kötéldaruk alkalmazásának feltétele bizonyos mértékű kiépített úthálózat, melyhez a pálya csatlakozik. Ez az úthálózat rövidpályás darunál sűrűbb, nagyobb pályahossznál ritkább. Az utak mellett alakítjuk ki a fogadóhelyeket, ahol nagyobb teljesítményű pályák esetén rakodók alakíthatók ki.

A kötéldarus munka két fázisát élesen külön kell választanunk. Az egyik fázis pályához való előközelítés, a másik a kiszállítás, illetve közelítés. Az előközelítés – mint mondtuk – vagy a vonóhorog oldalra való kihúzásával, vagy más közelítő eszközzel mehet végbe.

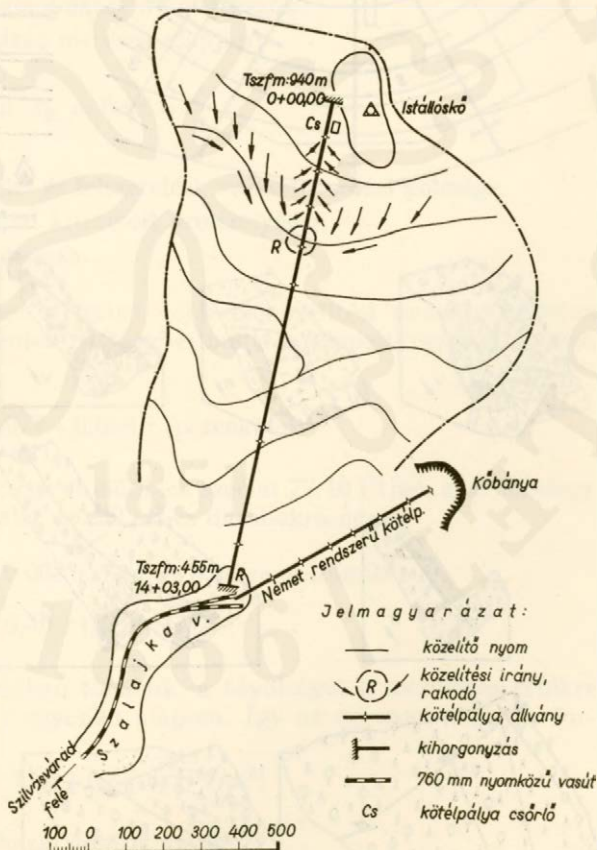
A daruhoroggal való közelítés távolsága hosszú- és középpályás berendezéseknél 50 m-ig, rövid pályánál 30 m-ig terjedhet.

A kötélpálya magas üzemóráköltségét tekintve a tereptől függően az oldalra való behúzást más közelítő eszközzel oldhatjuk meg. Ezáltal egyrészt a pályailleség távolsága növelhető, másrészt a behúzási időszükséglet elmaradásával a daruteljesítmény növekszik.

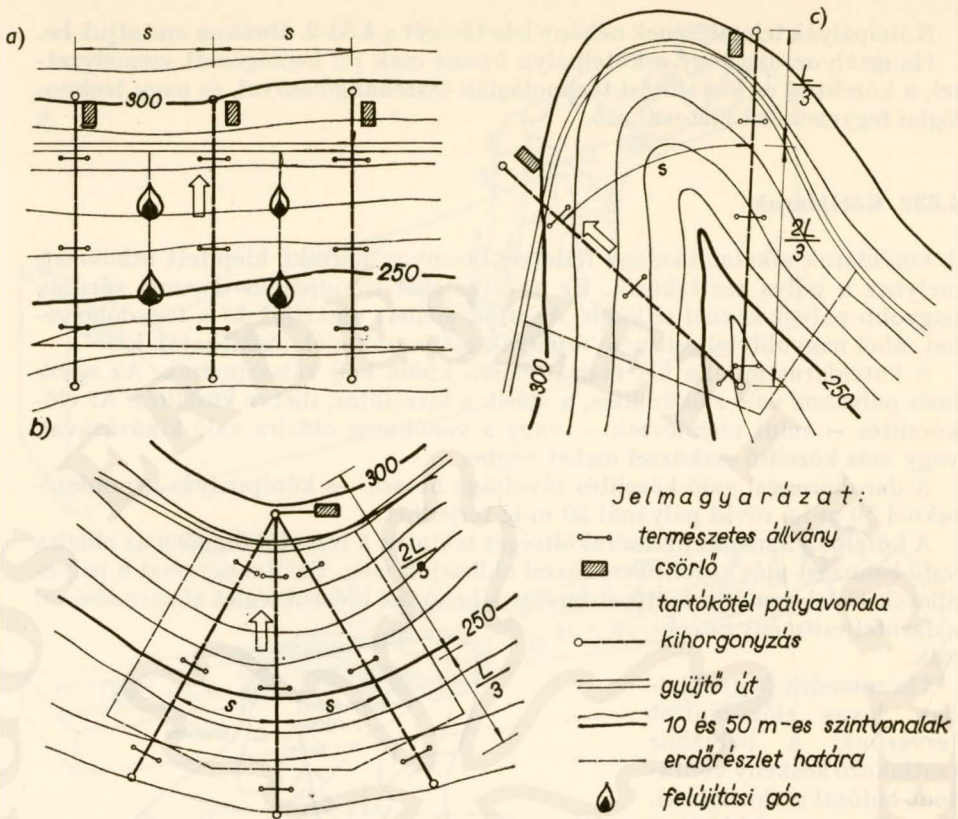
Ha meredek hegyoldalon lovas előközelítést tervezünk, a pályához csatlakozó keskeny vontatóút-hálózat alakítható ki. Egy ilyen megoldást a 4.83-3. ábra mutat be. Közelítésnél a pályailleség telepítésének három alaptípusát különböztetjük meg (lásd 4.83-4. ábra).

A kötéldaruk üzeméhez 4 fő és egy csörlőgépész szükséges. Ha jó teljesítményt akarunk, a felvevő helyek és fogadóhelyek technológiáját, a kapcsolódó előközelítést jól meg kell szervezni, mert a teljesítményre nem az üres és tehermenet ideje, hanem az ennél jóval több fel- és leterhelési idő mértékadó.

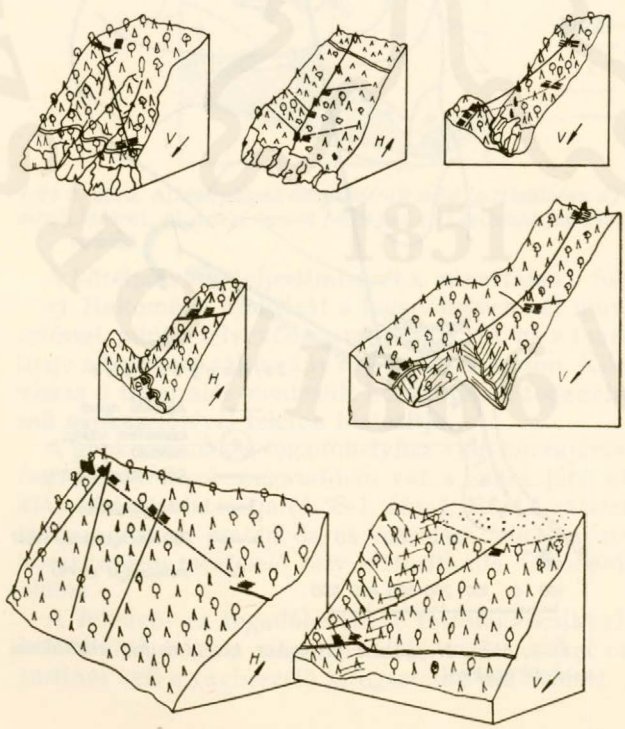
A völgyirányú szállításhoz általában 4 m/sec sebességgel számolhatunk, de hosszabb, jó kivitelű pályák szabad szakaszain 7 m/sec is elérhető.



4.83-3. ábra. Hegyoldal feltárása kötéldarukhoz csatlakozó vontató utakkal

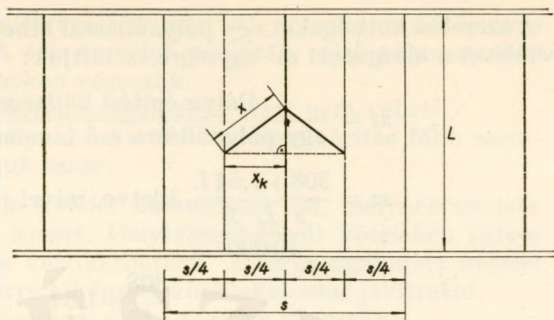


4.83-4. ábra. Kötéldaru telepítés alaptípusai



4.83-5. ábra. Rövidpályás kötéldaru telepítési lehetőségei (V völgyirányú, H hegyirányú szállítás)

Közelítési feladatok megoldására főleg a rövidpályás kötélدارukat alkalmazzuk és telepítésüknél a terepszonyokat és a vágásmódot egyaránt tekintetbe vesszük. Felújító vágásoknál irányvül szolgáljon, hogy a felújítási góccokat egy-egy pályállás közé kell fogni (4.82-1. ábra).



A rövidpályás kötélдарu telepítésének lehetőségeire a 4.83-5. ábrán mutatunk be néhány megoldást.

A kötélдарukkal történő vágástéri feltárás, mint mondtuk több pályállással oldható meg. Az egyes pályállások gazdaságos sűrűségének megállapítása a következő matematikai úton történhet.

A 4.83-6. ábra szerint az alapadatok a következők:

Közepes előkészítési távolság mérések alapján:

$$x_K = 0,5 - 0,7x, \text{ átlagosan } x_K = 0,6x = \frac{s}{4}.$$

M [Ft] = a kötélpálya le- és felszerelési, valamint állási költsége,

I [m³/ha] = egy alkalommal kitermelt famennyiség,

L [m] = a kötélpálya hossza.

Ha a kötélpálya-menethez a terhet több előkészítési menettel állítjuk össze, az előkészítés időegyenlete, 0,22 m³-es bükk darabokat figyelembe véve, kísérleti mérések alapján

$$y = 0,677 + 0,068 x \text{ (percekben)}$$

Mivel a kötélpálya üzemköltsége az előbbiek szerint 77,10 Ft/üó, azaz mintegy 1,30 Ft/perc, a költségegyenlet a 0,22 m³-es darabokra nézve

$$k'_1 = 0,88 + 0,088 x, \text{ illetve } 1 \text{ m}^3\text{-re átszámítva}$$

$$k_1 = 4,00 + 0,40 x \text{ [Ft/m}^3\text{]}$$

Mivel a közelítés ferde vonalban történik, a távolságot a merőleges értékre kell redukálni az $x_k = 0,6 x$ egyenlet alapján. Így az egyenlet végleges formája

$$k_1 = 4,00 + 0,67 x_k \text{ [Ft/m}^3\text{]}$$

A szerelési idő egyenlete hazai adatok alapján:

$$sz'' = 4,00 + 0,02 L, \text{ azaz } 77,10 \text{ Ft/üó-val számolva}$$

$$sz' = 308 + 1,54 L \text{ költségegyenletet kapunk a pályahossz függvényében.}$$

A szerelési költségeket egy pályaalállással kihozható famennyiség figyelembevételével a mozgató m^3 egységre számítjuk:

$$sz = \frac{\text{Pálya építési költség}}{\text{egy pályaalállásra eső famennyiség}} \quad [\text{Ft}/m^3]$$

$$sz = \frac{308 + 1,54L}{s \cdot L \cdot I}, \text{ illetve, mivel } s = 4x_k$$

$$\frac{10000}{10000}$$

$$sz = \frac{\frac{308}{L} + 1,54}{I \cdot x_k} \cdot 2500$$

Az összes költség tehát, amely kötélpályás anyagmozgatásból $1 m^3$ anyagot terhel, lesz:

$K = k_1 + sz$, azaz behelyettesítve a megfelelő értékeket

$$K = 4,00 + 0,67 x_k + \frac{\frac{308}{L} + 1,54}{I \cdot x_k} \cdot 2500$$

A legkedvezőbb távolság a költségegyenlet minimális értékénél adódik:

$$\frac{dK}{dx_k} = 0,67 - 2500 \frac{\frac{308}{L} + 1,54}{I \cdot x_k^2} = 0, \text{ ahonnan}$$

$$x_k = 61,1 \sqrt{\frac{308 + 1,54L}{I \cdot L}} \quad (4-39)$$

Például: $L = 300 m$ pályahossz és $30 m^3/ha$ használat esetén

$$x_k = 61,1 \sqrt{\frac{308 + 1,54 \cdot 300}{300 \cdot 30}} = 17,9 m,$$

vagyis a kedvező pályafelállítási távolság

$$s = 4x_k \cong 72 m.$$

$L = 300 m$ pályahossz és $20 m^3/ha$ használat esetén pedig

$$x_k = 61,6 \sqrt{\frac{308 + 1,54 \cdot 300}{300 \cdot 20}} = 21,9 m, \text{ azaz}$$

$$s = 4 x_k \cong 87,5 m.$$

4.9 Balesetelhárítás a sodronyköteles anyagmozgatásnál

A sodronyköteles anyagmozgatás az erdei munkással szemben a szokottnál nagyobb követelményeket támaszt. Ezért az ilyen munkakörben alkalmazott dolgozók testi és szellemi alkalmasságát felül kell vizsgálni és őket megfelelő tanfolyamokon és munkákra kiképezni. Ezeket a tanfolyamokon kell biztosítani a balesetelhárítási kiképzést is.

A kötélpályás – kötédarus munkáknál 45 évesnél idősebb dolgozót ne alkalmazzunk. A túl fiatal dolgozókat csak szigorú felügyelet mellett állítsuk munkába.

Munkaszüneti napok után a balesetveszély nagyobb, ilyenkor különös óvatossággal vezessük a munkát. A sok veszélyt magában rejtő pályaszerelési munkákat lehetőleg ne ilyen napokon végezzük.

Ittas ember a sodronyköteles anyagmozgatásban részt nem vehet!

Ezeket az általános rendszabályokon kívül a balesetelhárítás főbb szempontjait a következőkben foglaljuk össze:

1. Sodronykötelek. Csak olyan kötelet használjunk fel, melynek eredete műszaki adatai, tárolási módja ismert. Helytelenül tárolt köteleken súlyos baleseteket előidéző elváltozások keletkezhetnek. A megrongálódott kötelet az üzemből ki kell vonni, vagy erre kiképzett kötéllelakotossal javíttatni.

A kötelek kapcsolását szabályszerűen, előírászerűen végezzük.

2. Szerkezeti részek. Csak szabályszerű szerkezeti részeket szabad felhasználni. Kötélszorítók felhelyezésénél a megcsúszás elkerülésére a kötelet zsírtalanítani kell. Nagy hidegben a fém alkatrészek merevek lesznek és könnyen megpattannak, ezért a kötélszorítók csavarját télen fokozott gondossággal kell ellenőrizni.

Terelő görgők nyílt horgát huzallal biztosítani kell a kiakadás ellen.

3. Hajtóművek és kocsiszerkezetek.

Hajtóművek, csörlők közelében csak a gépkezelő tartózkodhat. Kötélvonzolásnál és kötélदारuknál a csörlő és a teher között legalább 50 m szabad kötélt maradjon, a kötélzaladás elkerülésére. A kötél dob és az első terelőgörgő távolsága 20-szoros dobszélesség legyen. A hajtóművet gondosan le kell horgonyozni.

A kocsiszerkezeteket csak a földön szabad javítani. Kötélदारuk kocsijait kiugrásgátlóval kell ellátni.

4. Szerelés. A kötélpályák szerelésénél a fákra, állványokra való mászás csak megfelelő biztonsági övvel engedhető meg. Szerelés közben az állvány alatt tartózkodni tilos. Az állványszerelés a fiatal munkások feladata.

5. Villámcsapás. A villám kétféleképpen nyilvánul meg. A kötél a zivatar közeledtére statikus elektromossággal telítődik. A statikus elektromosság áramütésekben jelentkezik. Ha a villámlás és dörgés között 10 mp-nél rövidebb idő telik el, a közvetlen villámcsapás veszélye forog fenn. Ennek a lehetősége akkor is fennáll, ha a kötél a lombkoronák alatt vezet. Ezért a hordkötelet földelni kell. A földelés céljára földbevert csövet, vagy legalább 30 m horganyzott 9 mm Ø sodronykötelet használunk. Az utóbbit egy ásóymnyira, éles törés nélkül, lehetőleg agyagos talajban földeljük.

6. Üzem közben követendő rendszabályok. Kötélvonzolásnál a terelőgörgőn átvezetett kötélzárak között tartózkodni tilos. A talajon való vonzás sebessége a 0,5 m/sec-ot ne lépje túl. A vonszalékat kísérő dolgozó, ha a vonzás lejtőn történik, a rönk felett haladjon. A rönkre felállni vonzás közben tilos. Rejtett akadályon a rönk kifordulhat, és a dolgozót maga alá temeti. A kötéllel dolgozó, a visszahúzó személyeket bőr vagy vitorlavászomból készült kesztyűkkel kell ellátni.

Hordköteles anyagmozgatásnál a feszített kötél alatt tartózkodni tilos. A kötélदारus munkánál a teher emelésekor és leeresztésekor a koci alatt tartózkodni tilos. Nem önműködő koci és állítószerkezet köteleit irányító munkás helyét oldalt kell kijelölni.

A hordkötél-erő alakulását ellenőrizni kell.

Szélvihar esetén az üzemet le kell állítani.

Ahol a kötélpálya utat vagy ösvényt keresztez, figyelmeztető táblákat kell felállítani.

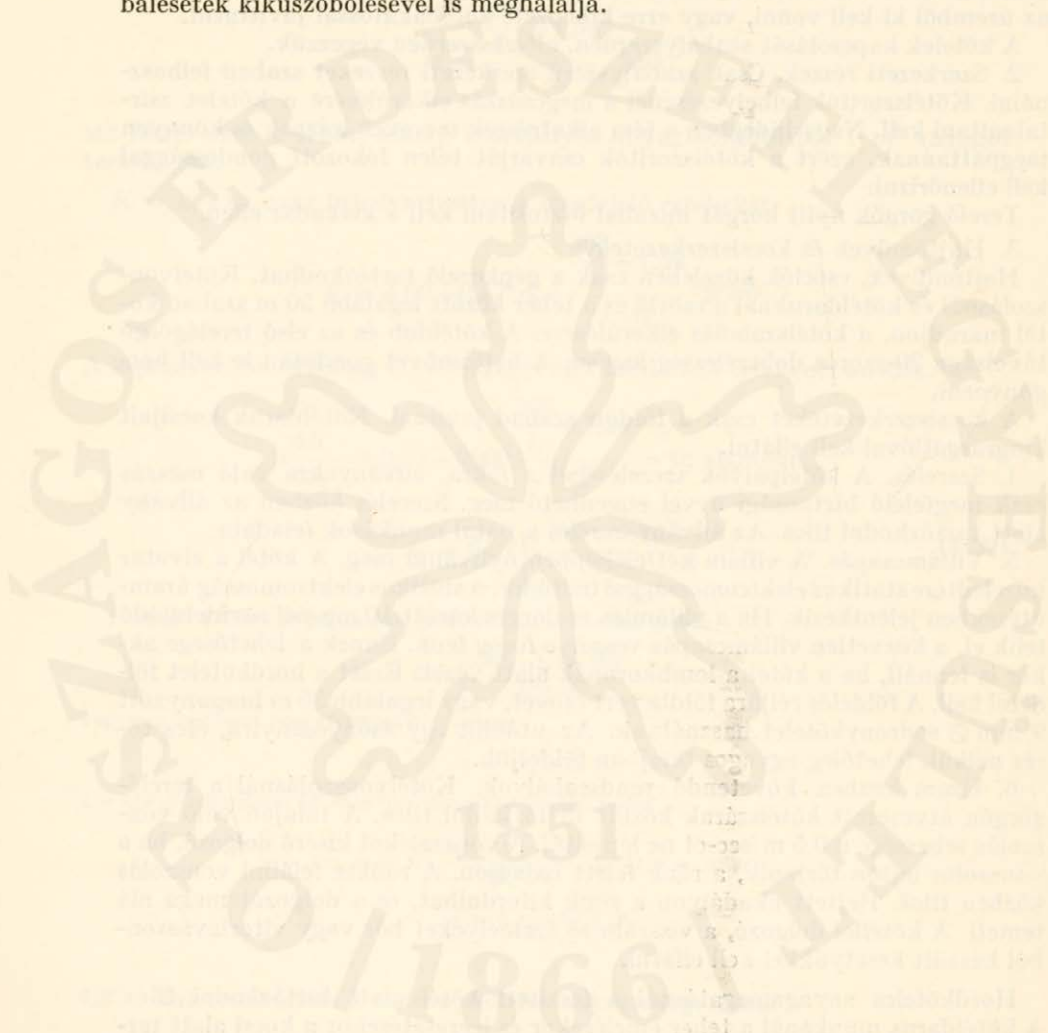
A kötélpálya-üzemben kifogástalan jelzőszolgálatot kell bevezetni. Rövidebb pályánál hangjelzés elegendő, míg hosszabb pályánál telefonnal egybe-

kötött fényjelzés. A jelzéseket előre meg kell állapítani és kifüggeszteni. (Egy jel: kötél állj! Két jel: Kötelet engedj! Három jel: Kötelet húzz!)

Kötélpályákon és kötélدارukon személyeket szállítani tilos!

Az előadott irányelveken kívül be kell tartani a balesetelhárítás általános rendszabályait és az érvényben lévő részletes utasításokat. A sodronyköteles anyagmozgatás vezetője – éppen úgy, mint más munkáknál – tartozik ezeket gondosan áttanulmányozni.

Külön felhívjuk a figyelmet arra, hogy a sodronyköteles anyagmozgatás a mérnöki alaposság, gondosság és jó munkaszervezés legjavát kívánja és ezt a balesetek kiküszöbölésével is meghálálja.



5. Az erdészeti szállítás munkafolyamata

5.1 A fa, mint az anyagmozgatás tárgya

5.2 A faanyagmozgatás folyamata

5.3 Közéltetés (anyagmozgatás a termőterületen)

5.4 A rakodás és az erdei rakodók

Az erdészeti szakmai munkakörfolyamatok a területi erdőgazdálkodás alapvető feladatai. A munkakörfolyamatok a területi erdőgazdálkodás alapvető feladatai. A munkakörfolyamatok a területi erdőgazdálkodás alapvető feladatai.

A területi erdőgazdálkodás alapvető feladatai a területi erdőgazdálkodás alapvető feladatai. A területi erdőgazdálkodás alapvető feladatai a területi erdőgazdálkodás alapvető feladatai.



1.1. A területi erdőgazdálkodás feladatai

1.2. A területi erdőgazdálkodás feladatai

1.3. A területi erdőgazdálkodás feladatai

1.4. A területi erdőgazdálkodás feladatai

5.1 A fa, mint az anyagmozgatás tárgya

Az anyagmozgatás technikáját, időbeli és térbeli kialakítását befolyásoló tényezők között legelsősorban az anyagmozgatás tárgyával, a fával kell foglalkoznunk.

A fa, mint anyagmozgatási (szállítási) tárgy sokféle előnyös és hátrányos tulajdonsága miatt igen heterogén, így a szállítástechnikai általános megállapításokat ebből a szempontból mindig felül kell vizsgálni. Legfontosabb tulajdonságai:

Külső tulajdonságok: forma, nagyság (méretek), felület minősége, súly és a választékok sokfélesége.

Belső tulajdonságok: térfogatsúly változása, romlandóság.

5.11 Külső tulajdonságok

A *forma*, alak lényegesen befolyásolja az egyes eszközök befogadóképességének súly szerinti kihasználását és az eszközök kiképzésével szemben különös követelményeket támaszt. A forma, a tő melletti választékolás során bizonyos mértékig módosítható, de ennek erősen határt szab egyrészt az, hogy a formaváltoztatás egy határon túl értécsökkenéssel jár, másrésztől hogy a m^3 -re eső darabszám növekedése az átrakási és kezelési munkát növeli. A formán keresztül az erdészeti szállítás dialektikus kapcsolatban áll az erdőhasználattal. Egyrésztől az erdészeti anyagmozgatásnak a technikáját úgy kell kialakítani, hogy a használat produkálta választékokat legegyszerűbben leszállítsa, másrésztől az erdőhasználat választékolását igyekezzen a megengedett határok között ott és úgy végezni, hogy az a legkedvezőbb legyen.

A formát – a fa többi külső tulajdonságaival együtt – erősen befolyásolja a fafaj.

Hazai viszonyaink között döntő mértékben lombfával kell számolnunk, melynek alakja a fenyőnél sokkal szabálytalanabb, a belőle kikerülő választékok száma nagyobb, kérge – általában – durvább, koronája terebélyesebb. Ennek következtében hazai átlagviszonyaink – az erdészeti anyagmozgatás terén – igen élesen elütnek a környező országok viszonyaitól, ezért az onnan származó adatok, eredmények ebből a szempontból erős átértékelésre szorulnak.

A *nagysággal* (méretek) kapcsolatban utalunk a választékolásnál elmondottakra. A nagyság különösen a vágástéri mozgatásra bizonyos határig előnyös, azon túl hátrányos. Túlzott méretek az állomány és a talajóvási követelmények kielégítését akadályozzák, de az anyagmozgatási beruházások mértékét is indokolatlanul növelik. (Nehezebb gépek, nagyobb építmények.)

A *felület* a kéreg minőségén keresztül a rakodásnál, vonszolásnál okoz lényeges akadályokat. A különféle vonszolósi adatok azért különösen a durva-kérgű fáknál erősen átértékelendők.

A *választékok sokfélesége* — különösen egyes állományokban — a belső rend kialakítását megnehezíti, de a szállítási diszpozíciók időbeli különbségén keresztül egyéb szervezési nehézségeket támaszt.

A szállítási diszpozíciók jórészt a választékokhoz igazodnak, és összehangolásuk módszere a térbeli és időbeli szállíthatósággal nem kifogástalan. Célszerűnek látszik annak felülvizsgálata, hogy nem volna-e lehetséges a lineáris programozás korszerű rendszerével erre egy szabatos módszert kidolgozni.

A választékokat anyagmozgatási szempontból két nagy csoportra osztjuk: hosszú választékokra és rövid választékokra, mely utóbbiak legnagyobb részét a sarangolt méretes választék képezi.

Hosszú választékok vagy a szétdarabolatlan törzsek, vagy ennek változó hosszúságú darabjai. Gyakran a szállítási előnyök miatt az eltérő választékokat nem vágják el, hanem egyben, az ún. szállítható hosszban hagyják.

A hosszú választékok jellegzetességei:

Gyakran jelentős hosszúság, terjedelmesség;

viszonylag nagy darabsúly;

a hengeres forma, összes előnyeivel és hátrányaival.

A hosszú választékban való termelés előnyei:

a) A fakitermelés, hossztolás ésszerűbb szervezhetősége.

b) A rövid választékkal szemben az átrakásnál nagyobb munkatermelékenység érhető el.

c) A gépesítés részére jobb feltételek alakíthatók ki, mind a közelítésnél, mind a fel- és leterhelésnél (önterhelő berendezések).

d) A vágástéri munka csökken.

Ezzel szemben az alábbi hátrányok állapíthatók meg:

e) A közelítésnél nagyobb károk keletkeznek.

f) Rakodóhelyek kialakítása körülményesebb.

g) A rakodón belül anyagmozgatási-rendezési munkák jelentkeznek.

Rövid választékok jellegzetességei:

Viszonylag magas m^3 -enkénti db szám;

igen ingadozó db súly;

különösen lombos fáknál változó db forma;

A rövid választék fel- és leterhelése nehezen gépesíthető.

5.12 Belső tulajdonságok

A belső tulajdonságok közül elsősorban a *térfogatsúllyal* kell foglalkoznunk.

A térfogatsúly fajanként, választékonként is eltérő, ezenfelül vágástól a szállításig is erős változásnak van kitéve.

A térfogatsúlyban jelentkező ingadozást különösen szem előtt kell tartanunk a m^3 és m^3km teljesítmények megítélésénél. Az erdőgazdasági anyagmozgatásban a mérlegelési nehézségek miatt igen helyesen bevezetett m^3 -enkénti elszámolási módszer a térfogatsúly idő szerinti változékonysága miatt a járművek raksúly szerinti kihasználását lényegesen befolyásolja.

Pallay N. adatai szerint a kemény tűzifa a döntéstől számított 1/4 év alatt mintegy 7%, fél év alatt mintegy 18% súlyvesztéseséget szenved. Ugyanez a lágy sarangolt fánál kb. 9, illetve 28%-ot, fenyőfánál 9, illetve 27%-ot tesz ki.

Mindez azt jelenti, hogy az eszközök kihasználásánál a súlycsökkenés figyelembevételének hiánya 10–20%-os teljesítményvesztéssel járhat. Ter-

mészetesen a súlyok átlagsúlyok, amelyek a m³-ben mért teljesítmények szórást erősen aláhúzzák.

Nem hanyagolható el az a nagy súlykülönbözlet, amely a lomb- és fenyőfák között fennáll. A tisztán fenyővel dolgozó erdészetek m³-teljesítményének megítélésénél és sok külföldi adat értékelésénél ez figyelemre méltó.

A kérgezés bevezetésével – mely a papírfá és rostfa feldolgozása miatt egyre inkább elkerülhetetlen – igen jelentős veszteség fog súlyban mutatkozni. E. G. *Strehlke* (1961) adatai szerint pl. a bükk rostfa vágástéri kérgezése 6% súlyvesztést jelent.

Romlandóság. A tőtől leválasztott faanyag rovar- és gombakárosítók támadásának van kitéve. Ezek előbb – a tárolás helyétől, módjától függően – értéksökkenést, később pedig a faanyag teljes megsemmisülését okozzák. Ez a tény a szállítási, anyagmozgatási idősükségletet, időhatárt technikai oldalról szabja meg.

A faanyagvédelem egyik legfontosabb szabálya, hogy a kitermelt anyagot a legrövidebb időn belül kell kiközéltetni a vágásterületről. Ugyanis itt, az általában szétszórta, a földön kéregben fekvő rönköket veszélyeztetni leginkább a fülledés, a korhadás és a rovarfertőzés veszélye. Ez a fokozott veszélyeztetettség arra vezethető vissza, hogy a vágásterületen legnagyobb a gomba- és rovarfertőzés veszélye, mivel a károsítók nagy tömegben fordulnak elő (fertőzési források, gócok). Az itt uralkodó mikroklimatikum viszonyok általában igen kedvezőek a károsítók fertőzésére és életfolyamataira, valamint lassítják a száradás folyamatát, így a faanyag hosszú időn át megtartja a károsítók támadásához szükséges nedvességtartalmát; a vágásterületen a rönkök rendszerint a talajon fekszenek és a földdel érintkező felületen igen hamar bekövetkezik a fertőzés.

A kiszállítás sarkalatos alaptétele, hogy először a legérzékenyebb, legromlandóbb anyagot kell biztonságba helyezni.

A főbb fafajok fülledési időpontjai *Barlay* szerint:

bükk és gyertyán	IV – V. hó
juharok	V. hó
nyír és hársak	VI. hó
éger	VII. hó
cseresznye és nyárák	VIII. hó

A legérzékenyebb fafajok kiközéltését és leszállítását lehetőleg még a tél folyamán, legkésőbb azonban április 15-ig el kell végezni.

Hasonló gyorsan, lehetőleg még a tél folyamán kell kiközéltetni a kékülésre hajlamos fenyőanyagot (erdei fenyőt) is.

Természetesen nemcsak az előbb felsoroltakat, de minden fafajú rönköt célszerű minél előbb kiközéltetni a vágásterületről, ha a súlyos gomba- (szijácskorhadás) és rovarkárokat (cincérek, fadarazsak, fában költő szúk stb.) el akarjuk kerülni.

5.2 A faanyagmozgatás folyamata

5.2.1 A faanyagmozgatás, mint egységes munkafolyamat

A faanyagmozgatás technológiai folyamata alatt a fatermék tágabb értelemben vett szállításának termelő jellegű folyamatát értjük. A fatermékeknek az erdőgazdasági üzem területén belüli mozgatása a szorosan vett termelő folyamathoz tartozik, mert a faanyag csak akkor válik késztermékké – népgazdasági értelemben –, amikor az alakilag, minőségileg kifogástalan állapot-

ban a népgazdaság egyéb termelési folyamatába kerül, azaz az erdőgazdasági üzemből kikerül; az anyagmozgatás folyamatának kialakítása feltétele egyéb fontos erdőgazdasági termelő munka (erdőművelés stb.) elvégzésének; az anyagmozgatás minőségi végrehajtása kihatással van az erdő termelőképességének fenntartására. (Erőzió, állományvédelem.)

Az erdei anyagmozgatásnak, mint folyamatnak tárgyalására a hazai irodalomban először *Kádán Károly* tett célzást: „Második és mellőzhetetlen alapfeltétele az anyagszállító eszközök ilyen berendezésének, hogy a nyilvános, a közforgalmú eszközökkel szerves összefüggésbe hozassák, azok egységes és állandó jellegű folytatását képezze a gazdaság legtávolabbi pontjáig.”

Hogy az anyagmozgatásnak, mint technológiai folyamatnak tervezése és megvalósítása ezen az előremutató megjegyzésen nem sokkal jutott túl, annak oka a társadalmi viszonyokban keresendő. Legfőbb akadálya az extenzív erdőgazdálkodás, az anyagmozgatási és sokszor termelői munkák vállalati jellege, valamint a választékok megoszlása volt.

Az anyagmozgatás egységes munkafolyamatként való kezelését és az ezzel kapcsolatos építmények átfogó tervezését a megváltozott társadalmi – ebből következőleg termelési – viszonyok, a gépekben rejlő nagy népvagyon kihasználása, a munkák tökéletesítése tette szükségessé és a nagy népgazdasági beruházások tették lehetővé.

Nyilvánvaló, hogy a technika jelenlegi állásánál az egyes gépek, pályák és egyéb berendezések hatékonyságát és gazdaságosságát legalább annyira befolyásolja a termelő folyamatba való elhelyezkedésük – az egyéb gépekkel, eszközökkel való összhangjuk –, mint helyes technikai megoldásuk. A gépek kiválasztását, a szükséges építési beruházások mértékének meghatározását tehát meg kell, hogy előzze a folyamatban levő műveletek összehangolása és a folyamatnak az egységes erdőgazdálkodásba való beillesztése, avval gazdaságilag és pénzügyileg való összekapcsolása.

A gépek és az ezekhez tartozó pályák és létesítmények nemcsak helyettesítik a régi eszközöket, hanem az üzem belső életét lényegében is széttroncsolják, ezért az üzem teljes folyamatának átalakítását is követelik.

A műszaki fejlesztés arányában megváltozik – emelkedik – az erdei dolgozó értelmi színvonala, ezzel együtt igénye, illetve a gépesített munka magasabb értelmi színvonalat követel. Megváltozik az egyes műveletekben foglalkoztatott dolgozók létszáma és így a műveletek munka- és energiaigényének aránya is. Azért a gazdálkodás egészét át kell értékelni.

Felszabadulásunk előtt az erdőgazdasági anyagmozgatást az idényszerűen jelentkező fogatos fuvar, a tarvágásos üzemmód, ebből következőleg az anyag nagyfokú koncentrálttsága és a rövid választék (86%) jellemezte. A szállítási határidők összeegyeztethetők voltak a mezőgazdaságból a holtidényben kikerülő fogatok szerepével. A rövid választékot kitevő tűzifa főleg az őszi idényben került forgalmazásra. A fuvarosok lényegében fuvaros vállalkozók voltak, és gyakorlatilag tetszés szerinti számban állottak rendelkezésre. Az erdőgazdasági fuvar számukra kiegészítést jelentett és fogataik részére az állandó foglalkoztatást biztosította. Ezért sokszor igen mérsékelt árért dolgoztak, ami számukra a fogattartás terhét csökkentette a mezőgazdasági holtidényben. Munkájuk megszervezése nem okozott gondot az erdőgazdaságnak, mert az útvonalat többé-kevésbé maguk alakították ki, teljesítményük az erdészet számára nem bírt jelentőséggel, mert az esetleges ráfizetés nem az erdészetet terhelte, egy-két fogat kiesése nem zavarta jelentősen a szállítási programot.

A választékolás tő mellett történt és az üzemmód legtöbb esetben tarvágásos volt. A fogatok a tő mellett rakodtak és onnan közvetlen a MÁV feladóállomásra, uszályrakodóra, fűrésztelepre, városi faraktárba és az erdei vasutak rakodóira szállították az anyagot.

A szállítási lánc olyan egyszerű volt, hogy abból bárminek a kiesése vagy elégtelensége nem okozott helyrehozhatatlan időbeli vagy pénzületi zavart.

Az anyagmozgatási folyamat e kezdetleges jellege, amit a külterjes erdő- és fagazdálkodásunk tett lehetővé, semmiféle jelentős szervező munkát nem kívánt, ilyen munka csak az erdei vasútüzemekben belül folyt, az általános vasútüzemi szabályok szerint.

Az anyagmozgatási folyamat technológiai tervezését az alábbi tényezők tették szükségessé:

a) Az erdőgazdálkodás módszereinek a belterjesség felé való tolodása, nevezetesen a tartamosság és talajvédelem elvének fokozott érvényesítése, a növekedés fokozása az ápoló-nevelő vágások intenzívebb bevezetésén keresztül, a nagy tarvágások megszűnése, az erdőgazdálkodás egységes üzemeltetése és népvagyományként való kezelése.

b) A mezőgazdaság szocialista átszervezése, ebből kifolyólag a fuvarerő kiesése, az időszakos munkaerő csökkenése.

c) Országunk ipari fejlődése következményképpen a munkaerő elszívárgása, az ipari fa kihazatala iránti igény, a fűrészipar koncentrációja és az ifjúságnak a technika iránti erős vonzalma.

d) A népgazdaság által az erdőgazdaság részére rendelkezésre bocsátott technikai beruházások.

e) A technika fejlődése, amely a gépesítésen keresztül jut nagyfokú érvényre.

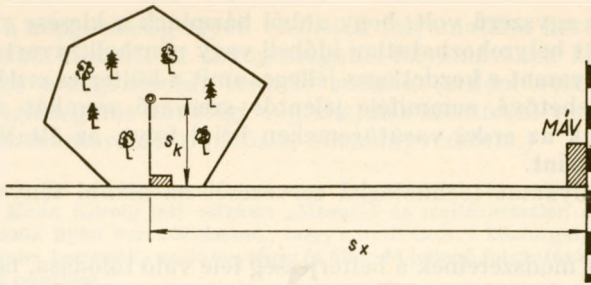
Ezek a változások a technológiai folyamat kialakítását lehetővé, de egyben szükségessé is teszik.

Röviden áttekintve a felsoroltakat, az anyagmozgatásra gyakorolt hatásait a következőkben foglalhatjuk össze:

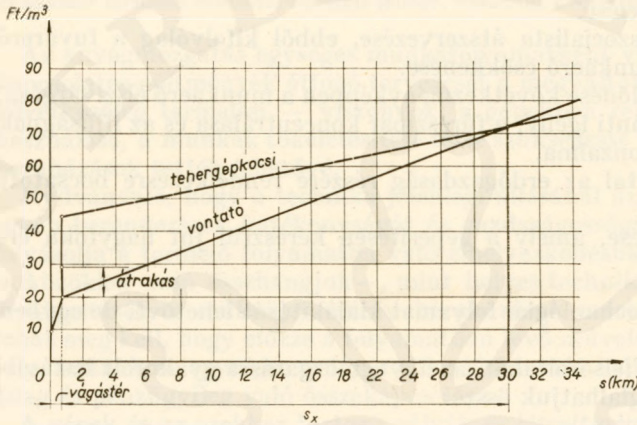
1. A leszállítandó faanyag koncentrációja erősen csökken.
2. A talaj- és állományvédelem miatt a közelítési módszereket felül kell vizsgálni.
3. A vállalkozói munka helyett a szocialista nagyüzemi módszer kerül bevezetésre.
4. A mezőgazdasági idényfogatok és munkások száma egyre csökken.
5. Általános munkaerőhiány, ezzel kapcsolatban az ifjúság idegenkedése a külterjes nehéz testi munkától, az igények megnövekedése a munkakörülményekkel szemben.
6. Az ipari-fa %-os emelése, ezzel kapcsolatban a szállítás pontos ütemezése iránti igény.
7. A szállítási távolság nagyfokú megnövekedése.
8. A beruházás adta lehetőségek kihasználása.
9. A nagy gépköltségek következtében a gépek jobb kihasználásának igénye.
10. Az útpítési költségeknek nagyfokú csökkenése a gépesítés következtében.

5.22 Az átrakások szerepe

Amennyiben a munkafolyamatban egy eszköz alkalmazása akár a távolság, akár a pályakörülmények miatt nem gazdaságos, más járművet, más eszközt alkalmazunk. A szállított anyagot az egyik eszközről a másikra kell terhelni, átrakni. Az átrakás – amellett, hogy energiát emészt – helyszükségletet igényel, a jármű viszonylagos állásidejét is növeli. Többszöri átrakás költségigénye tehát túllépheti az olcsóbb mozdulatok költség okozta megtakarítást,



5.22-1. ábra. Vázrajz a gazdaságos kiszállítási határ kiszámításához (lásd a példát)



5.22-2. ábra. Vontató és tehergépkocsi kapcsolódása

ezenfelül emeli az egész folyamat általános idősükségletét is, tehát az eszköz kihasználását rontja.

Az átrakások helyének, módjának és számának meghatározása tehát a szállítási folyamat tervezésének fontos feladata.

Példa

A vázrajz (5.22-1. ábra) szerinti erdőrészből vontatóval közelítünk az útig, innen két lehetőség áll rendelkezésre: vagy az úton a közelítésnél használt kocsin tovább viszsziük az anyagot, vagy rakodót alakítunk és tehergépkocsival végezzük a továbbszállítást. Mennyire kell lenni az ábrán jelölt vasúti állomásnak a vágásterülettől, hogy a rakodó kialakítása kifizetődjék akkor, ha

a vontató sebessége közelítésben: $v_k = 2,2 \text{ km/ó}$

szállításban: $v_{sz} = 20 \text{ km/ó}$

teherbírás: $q = 3,5 \text{ m}^3$

állásidő: $\hat{a} = 30 \text{ perc}$

űó. költség: $\hat{u} = 65 \text{ Ft/ó}$

A tehergépkocsi sebessége szállításban:

$v_k = 40 \text{ km/ó}$

$\hat{a} = 50 \text{ perc}$

$q = 4,2 \text{ m}^3$

$\hat{u} = 80 \text{ Ft/ó}$

A közelítési távolság: $s_k = 0,6 \text{ km}$

Az átrakás költségei: 9 Ft/m^3

A megoldást grafikusán az 5.22-2. ábra szemlélteti.

$k'[\text{Ft/m}^3] = \frac{2 \cdot \hat{u}}{v \cdot q} s_k + \frac{a \cdot \hat{u}}{60q}$ egyenlet alapján a vontató esetén

$$k'_1[\text{Ft/m}^3] = \frac{2 \cdot 65}{2,2 \cdot 3,5} 0,6 + \frac{2 \cdot 65}{20 \cdot 3,5} s_x + \frac{30 \cdot 65}{60 \cdot 3,5} = 10,10 + 1,86 s_x + 9,28 = 1,86 s_x + 19,40.$$

Tehergépkocsi szállításnál:

$$k_1[\text{Ft/m}^3] = \frac{2 \cdot 65}{2 \cdot 2 \cdot 3,5} \cdot 0,6 + \frac{30 \cdot 65}{60 \cdot 3,5} + 9,0 + \frac{2 \cdot 80}{40 \cdot 4,2} \cdot s_x + \frac{50 \cdot 80}{60 \cdot 4,2}$$

$$k_2[\text{Ft/m}^3] = 10,10 + 9,28 + 9,00 + 0,95s_x + 15,88 = 0,95s_x + 44,26.$$

A tehergépkocsi alkalmazása akkor kezd gazdaságossá válni, ha $k_2 = k_1$. Azaz megoldjuk a két egyenletet:

$$\text{azaz, ha} \quad 1,86s_x + 19,40 = 0,95s_x + 44,26,$$

$$\text{akkor} \quad s_x = \frac{24,86}{0,91} = 27,40 \text{ km.}$$

Tehát az átrakás tehergépkocsira az adott helyzetben 27,4 km-en felüli MÁV állomási távolságnál kezd gazdaságos lenni.

5.23 Az időjárásbiztonság szerepe

Mint említettük, népgazdaságunk – főleg az ipari fát illetően – határozott szállítási ütemezést ír elő. Ennek az ütemezésnek bármely lazák is a keretei, elengedhetetlen követelménye, hogy bizonyos mennyiségű anyagot kedvezőtlen időjárási viszonyok között mozgassunk. Ezért az anyagmozgatási folyamatból – ellentétben a felszabadulás előtti helyzettel – bizonyos mértékű időjárási függetlenséget kívánunk. Ezt a folyamathoz tartozó pályákkal és a folyamat céltudatos kialakításával kell elérnünk.

5.24 Az erdőgazdasági anyagmozgatás szakaszossága

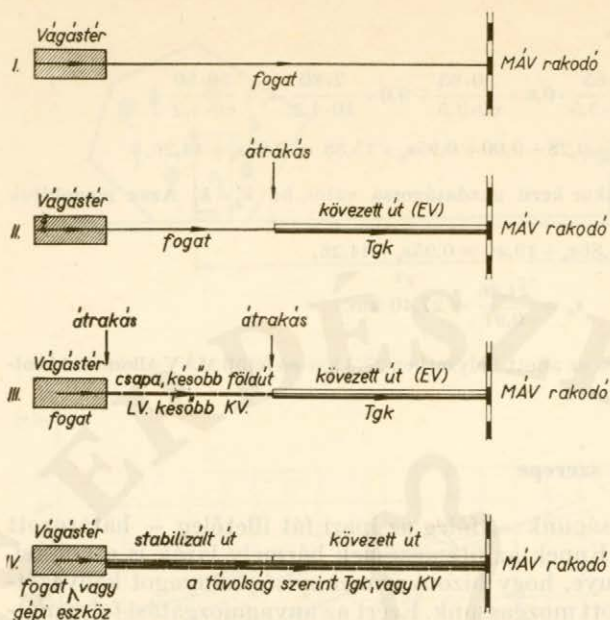
A különböző feltételek mellett üzemelő eszközök, az épülő pályák, az erdőgazdasági anyagmozgatási folyamatot spontán szakaszokra bontották. A szakaszokat rakodók kapcsolják össze, melyek lehetővé teszik az eszközök közötti kapacitáskülönbségek és időbeli eltérések áthidalását, kiegyenlítését, és az anyag kedvező átrakását, esetleg bizonyos választékolását is.

A tiszta fogatos anyagmozgatás idején a faanyagot közvetlen a tő mellől, átrakás nélkül szállították a közforgalmú vasúti (folyami) rakodóra, amelyet mint mondtunk, kedvező időjárás esetén a mezőgazdasági fogatok kínálata tett lehetővé.

Ezt a rendszert a nagyobb és fejlettebb erdőgazdaságok, valamint tőkeerős fakitermelő vállalatok felváltották azzal, hogy az erdőtestek belsejébe keskeny nyomtávú vasutakat, majd a tég.állítás fejlődésével kőalapú utakat vezettek be. Előmozdította ezt az irányzatot a fejlődő közúti hálózat erdőterületeken áthaladó vonalainak szaporítása is.

Az 1950-ben meginduló gépesítés első lépését a fogatoknak gépekkel való ötletszerű helyettesítése jelentette. Elsőnek a nehéz útviszonyok mellett is, a fogatokhoz hasonlóan igénybe vehető lánctalpas vontatók kerültek alkalmazásra. Sebességük és magas ü. költségük miatt a kőalapú útig való mozgatásra voltak alkalmasak. Nehézkes mozgásuk és a lánctalpak túró munkája szükségessé tette, hogy az egy tehernyi anyagot a hozamterületen lovakkal gyűjtsék számukra össze. Ezzel kialakult a háromszakoszas anyagmozgatás formája, amely a gépesítés kezdetére is jellemző (5.24-1. ábra).

A lánctalpas vontatók hátrányai váltották ki annak szükségességét, hogy a pályaviszonyok bizonyos mértékű kialakításával, majd földutak építésével e közbeeső szakaszon gumibroncsos vontatókat alkalmazzunk. A földmunkák gépesítése tette ezt – soha nem képzelt méretekben – lehetővé. Ennek kereté-



5.24-1. ábra. Az anyagmozgatási szakaszok változása a gépésítés és úthálózat-fejlesztés hatására

ben indult meg 1957-ben a gyűjtőút-építési program.

Ez adta a lehetőséget ahhoz, hogy a gumiabroncsos vontató (kV) az erdészeti munkák alapgépevé váljon.

A gépésítés első és második lépcsője tehát a régi egyszakaszos anyagmozgatási folyamatot alulról felfelé széttroncsolta. Az ezzel járó következmények – a gyakori átrakások – azonban a szakaszok megszüntetésére való törekvést váltották ki.

Az általános jellemzés e vázlatá után az anyagmozgatási folyamatot két, jellegében egészen elkülönülő részre bontjuk, nevezetesen: a termőterületen

belüli (elsődleges) és termőterületen kívüli (másodlagos) részre. Míg az elsőnél a fejlődő erdőműveléssel párhuzamosan egyre inkább az állomány és talaj kímélésének elve kerül előtérbe, a második mindinkább tartós műszaki létesítményeken, pályákon bonyolódik le, melyek által elfoglalt területet a fatenyésztésre szolgáló területből egyszer és mindenkorra kivonjuk.

Ezen belül az anyagmozgatási folyamat felépítése pályaellenállási és időjárásbiztonsági kérdés. Mint már említettük, a pálya építésének lehetőségét, annak mértékét a forgalmi gyakoriság – mozgatott m^3 – szabja meg. A terep, illetve pálya ellenállási viszonyai szabják meg az eszközt, az eszköz teljesítménye szabja meg gazdaságos alkalmazásának távolsági határait.

Amennyiben a változó pályaviszonyok következtében egy eszközt nem alkalmazhatunk gazdaságosan, önkéntelenül felmerül az eszköz kicserélésének, az eszközváltásnak gondolata. Ez azután legtöbbszörre átrakási munkával jár. A gazdaságossági határt végső fokon ennek az átrakásnak a költségei szabják meg.

Az üzemi teljesítményeket az eszköz paraméterei, a költségeket az üő. költségek alakulása határozza meg.

Az eszköz paraméterei – mint láttuk – :

hasznos terhelés	q [m^3]
összes súly	G [Mp]
üzemi sebesség	v [km/ó]
rakodástól függő állásidő	\acute{a} [perc]

Az üzemi sebesség alakulásán keresztül érvényesülnek a pályaellenállások, melyek azután végső fokon – eszközönként – a $\frac{G}{q}$ [$\frac{m^3}{Mp}$] viszonyban és az üő költség alakulásában tükröződnek vissza.

Az útpálya létesítésével és jó karbantartásával, mint látjuk, a menetellenállásokat és ezzel a szükséges vonóerőt csökkentjük és az üzemi sebességet növeljük. Természetesen a legtöbb járműtípus bizonyos meghatározott sebes-

ség és hasznos teher korlátok között épült, tehát ezeknek a tartományát technikailag nem léphetik túl, azaz kedvezőbb viszonyok, jó útpálya esetén sem fejthetnek ki nagyobb sebességet, tehát ha erre sor kerül, alkalmazásuk kérdésessé válik.

Az előadottak alapján magyarázható meg az anyagmozgatási folyamat kialakult szakaszossága.

A gépesítés első lépcsőjében a fogatokat a régi pályaviszonyok (csapák, rossz földutak) alakítása nélkül terepjáró láncfalpasokkal helyettesítették, ezekhez az anyagot fogatokkal közelítették. A kiépített úthoz leérve, a láncfalpas alacsony sebessége a pályalehetőségeket nem használta ki, tehát belépett a t/gk. és a kv.

A kiszállítási vonalak egyre tökéletesebb kiépítésének lehetősége – melyet a gépesített földmunka okozta építési költségcsökkenés kínál – felvetette annak gondolatát, hogy a szállítási és kiszállítási szakaszt egybeolvasszuk és így egy átrakást megtakarítunk. Ez a tendencia mindenütt erősen érvényesül – hacsak a kedvezőtlen időjárás, a kiszállító utak felázása az anyag kiszállítást rövid időre nem korlátozza.

Nyilvánvaló tehát az a törekvés, hogy a háromszakaszos anyagmozgatást ismét kétszakaszos váltsa fel, azzal a különbséggel, hogy most már a kiszállítási szakasz nem a közelítéssel, hanem a szállítási folyamattal forr össze, és a közelítési munka fejlesztésénél főleg az erdőművelési szempontok érvényesülnek.

5.3 Közéltés (anyagmozgatás a termőterületen)

5.3.1 A közéltés jellemzői

A közéltésnek, azaz a termőterületen (vágástéren) végzett anyagmozgatásnak fogalmával, már az 1. fejezetben megismerkedtünk. Jellemzőjeként említjük, hogy a munkaterületen álló fák, illetve állományrészek a művelet végrehajtása során mechanikai akadályt képeznek; a művelet közben a munkaterületen álló fákat, állományrészeket és magát az egész munkahelyet nem rongálhatjuk, nem sérthetjük meg.

Másik, nem kevésbé fontos jellemzőként kell megemlíteni azt, hogy a termőterületen közéltésre váró faanyag koncentrációja gyakran nem nagy és így a művelet szétszórt, gyűjtögető jellegű, mozgási terület a természetes terep, melyet – mint mondtunk – nem rongálhatunk meg.

Mindezekből következik, hogy a közéltés fajlagos költségei a többi mozgatási szakasz fajlagos költségével szemben magasak, nevezetesen az egyes szakaszok aránya országos számok alapján:

szállítós : kiszállítós : közéltés = 1 : 3 : 13 – 50, a terepadottságok szerint.

A közéltés a döntésnél kezdődik, és a továbbításra alkalmas elhelyezéssel végződik. Így a közéltési munkát az állomány és talaj kíméletén túl döntően befolyásolja a kezdő és befejező helyzet, azaz a fahasználathoz és a szállításhoz való kapcsolódás, illetve kölcsönhatás.

A közéltés végrehajtására igen sokféle eszköz és módszer alakult ki és van még alakulóban. Az eszközök szerkesztői igyekeztek az ismertetett jellemzőket figyelembe venni, bár az összes követelménynek maradéktalan kielégítése csaknem lehetetlen.

A közéltési munka szervezője legfeljebb kompromisszumot kereshet a követelmények és a rendelkezésre álló eszközök között.

Mint azt később bizonyítva is látjuk, az erdészeti szállítás munkái közül a szervezés kérdése sehol nem lép fel akkora súllyal, mint éppen a közéltésnél.

A közelítésnél elkerülhetetlenül bekövetkező különféle rongálódások az ún. közelítési károk. A keletkező közelítési károk egy-egy módszerre, eszközre jellemzőek.

5.32 A közelítési művelet kialakításának általános erdőgazdasági szempontjai

1. Minden egyes erdőrészlet az ott optimálisan alkalmazható közelítési módszerre nézve meghatározó tulajdonsággal bír (paraméterek). Ezeket a jellegzetes tulajdonságokat fel kell mérni és ezen az alapon az állományok közelítés-technológiai tipizálását el kell végezni.

A jellegzetes tulajdonságok a következő három csoportba foglalhatók össze:

- a) Termőhelyi tényezők – domborzat, talaj, klíma.
- b) Gazdálkodási tényezők – állománytípus, üzemmód, kitermelt anyag koncentrálttsága, növedék, várható választék.
- c) Műszaki tényezők – feltáráshálózat jelenlegi kiépítettsége, üzem terjedelme, az üzem területi koncentrálttsága, munkaerőviszonyok.

A megfelelő kategóriák kiválasztásához a jövőben előreláthatólag rendelkezésünkre álló eszközök jellemző adatait rendszerezni kell (technikai és technológiai paraméterek).

A technológiai tipizálást, az erdőrendezési mű alapján a feltárási alapterv keretében kell elvégezni és összesíteni. Így aztán megkapjuk például, hogy az adott erdőszakaszban milyen kiterjedésű terület alkalmas kötélpályás közelítésre, ott milyen nagyságú (m^3 , m^3/ha) anyagmozgatási feladatra számíthatunk.

A technológiai tipizálás, az anyagmozgatási munkák távlati felmérésével, módját ad a szükséges gépberuházás szabatos megtervezésére, az állandó munkások számának megállapítására és segítséget nyújt – mint látni fogjuk – a szükséges útsűrűség meghatározására.

2. Az állományok technológiai tipizálását az erdőrendező az állandó erdőbeosztás, tehát az erdő térbeli rendjének felülvizsgálata során felhasználhatják annak a helyel-közzel jelentkező állapotnak megszüntetésére, hogy egy-egy erdőszakaszban belül különféle anyagmozgatási módszer vagy technológia váljék szükségessé, ami a művelet ésszerűsítését megnehezíti és a felújító vágások újulatvédelmét lehetetlenné teszi.

Elvileg arra kell törekednünk, hogy a technológiailag különféle típusú állományokat az úthálózat különítse el.

3. Hogy mikor és mennyit használjuk, nem választható el attól, hogy hol és hogyan. Az állományok technológiai tipizálása során jórészt választ kapunk a hogyanra, de azonnal felmerül a kérdés, mennyit? Minden használati és ebből következőleg anyagmozgatási technológiának megfelel egy optimális kitermelésközpontosság. Ugyancsak minden felújítási mód megad egy kisebb-nagyobb határok között mozgó kitermelési koncentrációt. A kettőt, vagyis a használat szempontjából és a felújító vágás szempontjából legkedvezőbb anyagkoncentrációt a lehetőséghez képest össze kell hangolni.

Az üzem a gazdaságosság közvetlen fokozása érdekében az anyagmozgatás számára előnyös koncentrációra törekszik, aminek azután sokszor erdőművelési érdekek esnek áldozatul.

A gondos technológiai tipizáción alapuló analízis lehetővé teszi majd, hogy a mindennapi érdekeket a távlati célkitűzésekkel összhangba hozzuk.

5.33 A közelítő nyomhálózat

A közelítési művelet szakszerű és gazdaságos végrehajtása térbeli rendet kíván. A térbeli rendet kijelölő vonalaknak kisebb-nagyobb műszaki rendszabállyal a közelítő járművek részére forgalomképesebbé való átalakítása útján nyerjük az ún. közelítő nyomokat.

Az alkalmazott műszaki rendszabályok lehetnek: tuskók, kövek, cserjék eltávolítása; kisebb mértékű terepegyengetés; lábbon maradó fák védelmére szolgáló intézkedések stb. Mértéküket az erdő termőképessége, vagyis az átlagnövedék és az alkalmazott közelítési eszköz és módszer határozza meg.

Meredek hegyoldalakon a közelítő nyom szerepét töltik be a kis kötélpályák vonalai is.

A közelítő nyomok mindig a tervezett anyagmozgatási technológiához, illetve a vágásmódhoz kell, hogy igazodjanak, a gépek és eszközök mozgatását rájuk korlátozva csökkentik a közelítési károkat, különösen a természetesen felújult erdőrészekben.

A gépi közelítés esetében a jól előkészített közelítő nyom szabad mozgást biztosít az állományban, ezáltal a menetsebesség növelhető, a közelítő eszköz nincs kitéve töréseknek, rongálódásoknak.

A közelítő nyomok létesítésével szemben kifogásul hozható fel, hogy az általuk elfoglalt területen a növedék és a fakészlet kiesik. A növedékkiesés kérdésében az úthálózatnál fogunk állást foglalni, míg a fakészlet csökkenése alig számottevő. Ha a közelítő nyomhálózatot a terephez és az állományhoz fogjuk igazítani, a fakészlet-kiesés 1% alatt marad.

a) A közelítő nyomok létesítésének időpontja

Ha a közelítő nyomokat már az állomány telepítésénél szabadon hagyjuk, megtakaríthatók a telepítési, ápolási kiadások. Hátrányosan hat ebben az esetben az állományszéleken a szegélyképződés. Eltekintve a képződő faanyag minőségi visszaesésétől, az első anyagmozgatásnál a kinyúló ágakat le kell vagdosni.

Alkalmasabb időpont a közelítő nyom telepítésére az első értékesíthető faanyag kitermelésének ideje. Ilyenkor az ágtisztulás már előrehaladott. Telepített állományoknál a sortávolság úgy választható, hogy egy sor eltávolításával a közelítő nyom elhelyezhető.

b) Közelítő nyomok távolsága

A legfontosabb szempont az, hogy a káros közelítő munkát legkisebbre szorítsuk le. Ez a szempont sűrű nyomhálózatot kíván, ami az állomány fellátásának veszélyével jár, növekszik a nyomok előállítási költsége ha-onként, a döntött fatörzs átér a következő nyomra és csökken az egyes nyomra jutó ki-termelt mennyiség.

Az 5.33-I. táblázatban 3–3 ha nagyságú kísérleti területre telepített közelítő nyomhálózat adatait mutatjuk be, különböző nyomtávolságok esetén.

Növekvő állománykorral, növekvő fmagassággal a nyomok távolabb kerülhetnek egymástól, ezért a fiatal állományban telepített hálózat később is megfelel.

Ha 60 m távolságot átlagosan megfelelőnek tekintünk (a vontató csörlő kötele minden törzset elér ilyen távolságról), akkor a fiatalosban 30 m-enként telepített hálózat, később minden második nyom kihagyásával megfelelő lesz.

Nyomtávolság [m]	90	60	30	20
Karos közelítés [m]	22,5	15	7,5	5
Nyomsűrűség [m/ha]	100	135	300	440
Elfoglalt terület [m ²]	250	340	750	1100
Fatömeg nyomonkénti kéreg nélkül, ha a termelés 20 m ³ /ha ..	20	15	6	4

Meredek terepen fektetendő közelítő nyomok szerepéről a kötélpályáknál már beszéltünk (4.8. pont).

e) A nyomok szélessége

A nyomok szélessége a tervezett géphez igazodik, általában 2,2–3,5 m-ig terjed.

d) Az úthálózathoz való csatlakozás

Két lehetőség nyílik:

Merőleges csatlakozás. Az anyag a legrövidebb úton kerül ki, de a csatlakozásnál delta képzendő ki, ami nagy területet elvesz, az állományból.

Ferde csatlakozás. Általában 45° alatt ajánlható. Így a hosszú fát nehézség nélkül az úttengellyel párhuzamosan helyezhetjük el. A nyom hosszúsága azonban a merőleges csatlakozáshoz képest másfélszeresre növekszik.

e) A döntési irány a nyomok által határolt mezőben

A két nyom közötti szállítási határvonaltól a két nyom közepe felé merőlegesen döntünk a nyom irányára, mindaddig, amíg a terephajlás megengedi. Ez elsősorban rövid választékok esetén érvényes. Ahol hosszú anyagot közelítünk, jobb a ferde döntési irány. A különböző esetekre az 5.33-1. ábra adatai mértékadók.

f) A közelítő nyomok összehangolása a felújító vágással

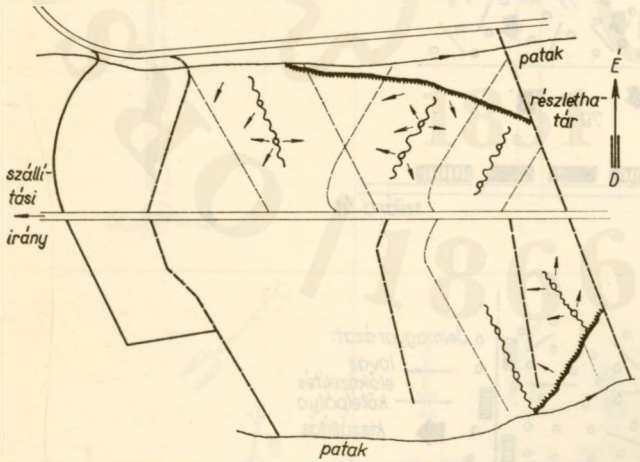
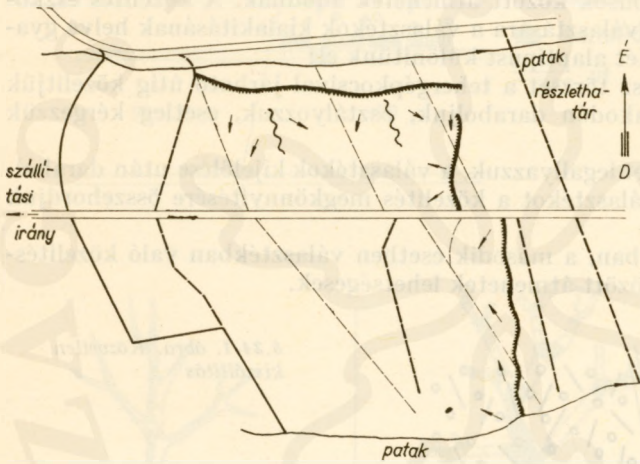
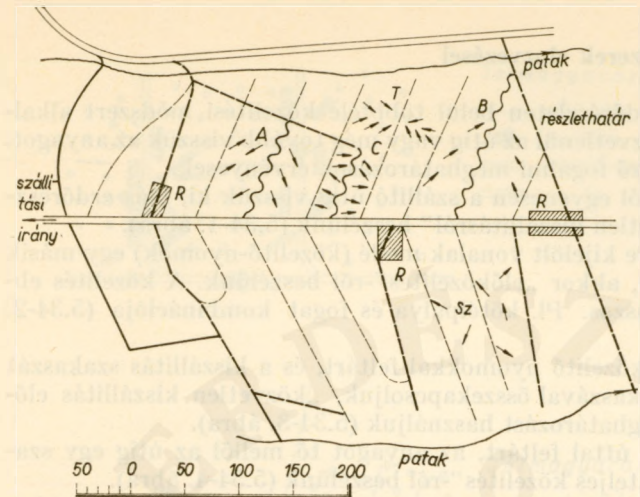
A tereptől, állományviszonyoktól és az erdőművelési szempontoktól függően kell a mozgás szempontjait megadni. Ügyelni kell a széltörés lehetőségére.

Az úthoz való csatlakozás szöge idős állományokban nem döntő, amennyiben az útra való kijárást rézsú vagy árokrendszer nem zavarja.

Szegélyes bontás esetén (5.33-2. ábra) a vágás a nyomokkal párhuzamosan haladjon. Ha a szegély és a nyom párhuzamos, csak egyirányú mozgás lehetséges és fennáll az a veszély, hogy az újulat az út közelében túllépi a nyomot és a későbbi közelítést akadályozza.

Az ernyős vágás érzékeny a közelítésre. Csak gondosan telepített nyomhálózat küszöböli ki a nehézségeket. A nyomokat a veszélyes szélirány figyelembe-

5.33-1. ábra. Állományfeltárás közelítő nyomokkal. Döntési irány korosztályok szerint: A idősebb állományok, főleg rönkanyaggal. B csak helyenként kell közelíteni. C rúdja és tűzijatermelés. T tarvágás. Sz szálalóvágás. R rakodó. Közelítő nyom - - - - (STNG H. SZERINT.)



vételével fektetjük. A vonalak a veszélyes széliránnyal párhuzamosan fussanak (5.33-3. ábra).

A Roth-féle vonalas szálalásnál a vonalak iránya a közelítő nyomhálózat irányát is megadja, ezért ez az eljárás szállítástechnikailag a legkedvezőbb.

5.34 A közelítési rendszerek elnevezései

Sok esetben egyazon erdőrészleten belül többféle közelítési módszert alkalmazunk, más esetben közvetlenül az útig vagy még tovább visszük az anyagot. Ehhez képest a következő fogalmi meghatározások érvényesek.

a) Ha a fát a tő mellől egyenesen a szállító útig visszük ki, más erdőrészleteken keresztül „közvetlen kiszállításról” beszélünk (5.34-1. ábra).

b) Ha az anyagot előre kijelölt vonalak mellé (közelítő-nyomok) egy másik módszerrel előközelítjük, akkor „előközelítés”-ről beszélünk. A közelítés ebben az esetben kétszakaszos. Pl. kötélpálya és fogat kombinációja (5.34-2. ábra).

c) Ha az erdőrészlet közelítő nyomokkal feltárt, és a kiszállítást a közelítés második szakaszával összekapcsoljuk, „közvetlen kiszállítást előközelítéssel” fogalmi meghatározást használjuk (5.34-3. ábra).

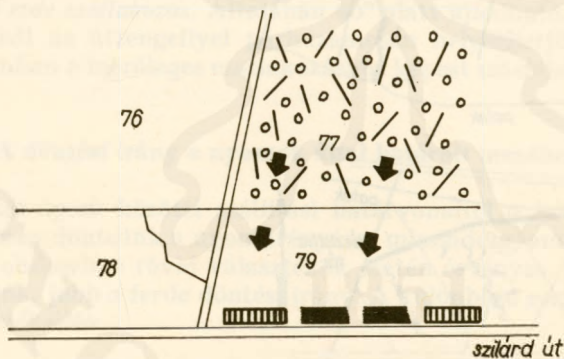
d) Ha erdőrészletünk úttal feltárt, az anyagot tő mellől az útig egy szakaszban mozgathatjuk „teljes közelítés”-ről beszélünk (5.34-4. ábra).

Az ismertetett alaptípusok között átmenetek adódnak. A közelítés eszközeinek és módszerének kiválasztására a választékok kialakításának helye gyakorol döntő befolyást. Két alaptípust különítünk el:

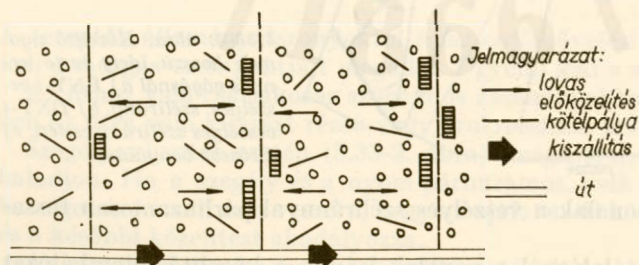
A döntés után az egész törzset a tehergépkocsival járható útig közelítjük és ott egy összevont rakodón daraboljuk, osztályozzuk, esetleg kérgezzük (5.34-5a ábra).

A döntés után a törzset legallyazzuk, a választékok kijelölése után daraboljuk és esetleg a rövid választékot a közelítés megkönnyítésére összehordjuk (5.34-5b ábra).

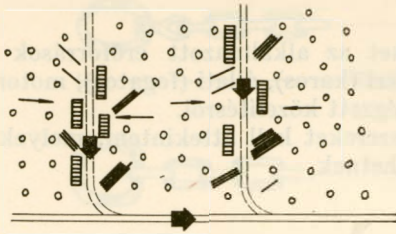
Az első esetben szálfában, a második esetben választékban való közelítésről beszélünk. A kettő között átmenetek lehetségesek.



5.34-1. ábra. Közvetlen kiszállítás

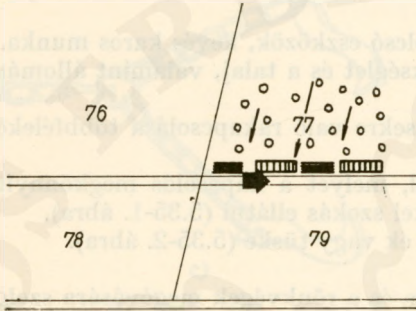


5.34-2. ábra. Előközelítés



Jelmagyarázat: 5.34-3. ábra. Közvetlen kiszállítás előközelítéssel

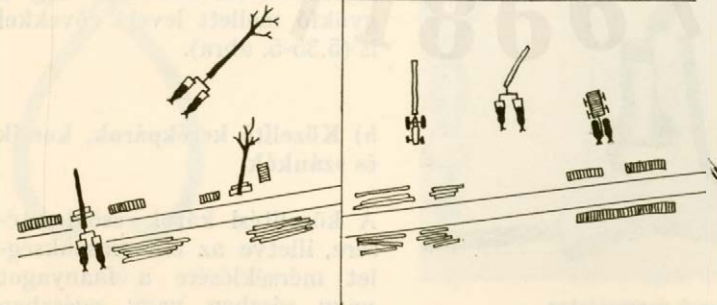
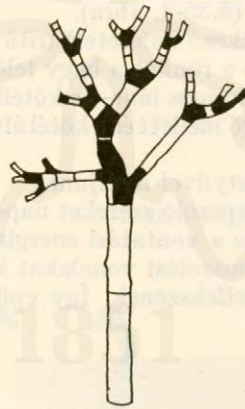
- előközelítés
- ➡ kiszállítás
- ≡ közelítő nyom
- ≡ út



5.34-4. ábra. Teljes közelítés

Jelmagyarázat:

- közelítés
- ➡ kiszállítás
- ≡ út



5.34-5. ábra. A közelítés alapformái a választékozás helye szerint. a) Száljában való közelítés. b) Választékban való közelítés

5.35 A közelítési módszerek

Tárgyalásainknál a közelítési eszközöket az alkalmazott erőforrások szerint csoportosítjuk. Így beszélünk: emberi (karos), állati (fogatos), motorikus (gépi) és nehézségi erővel (csúsztatás) végzett közelítésről.

Az eszközök tárgyalása előtt a módszereket kell áttekinteni, melyek különböző erőforrás esetén is hasonlóak lehetnek.

a) Vonszolás

A vonszolós módszerről és a fellépő ellenállásról már a 2.227. fejezetben megemlékeztünk.

Előnyei: A kis állásidő, egyszerű, olcsó eszközök, kevés karos munka.

Hátrányai: a jelentős vonóerő-szükséglet és a talaj, valamint állománykárok.

A vonóerőnek a szálfára vagy törzsekre való rákapcsolása többféleképpen történhet:

Lánc vagy kötélhurok segítségével, melyet a kapcsolás megkönnyítésére különféle biztonsági kapcsolószemekkel szokás ellátni (5.35-1. ábra).

Csaflinggal, mely a rönkbe verhető ék vagy túske (5.35-2. ábra).

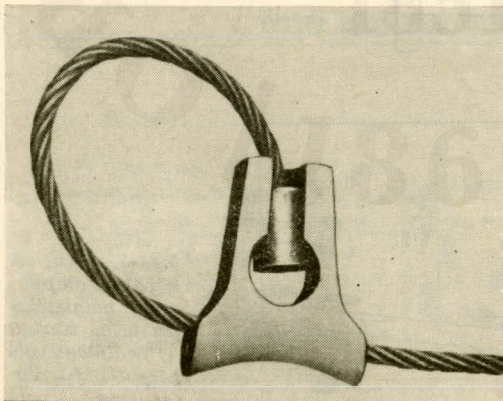
Vonszolókarommal (5.35-3. ábra).

A vonszolási akadályok elhárítására és a rönkvégek megóvására szolgál az ún. rönksapka. A sokféle törzsátmérőhöz többféle méret kell belőle, felszerelése és visszavonszolása nehézkes, súlya jelentős (pl. egy 48 cm hosszú és 40 cm átmérőjű acél rönksapka súlya 23 kg). A rönksapkához hasonló célt szolgál a közelítő tepsi (5.35-4. ábra).

Vonszolásnál a következő balesetelhárító intézkedések szükségesek:

1. Hajtó vagy kísérő a rönköt a hegy felőli oldalon kövesse.
2. Szabályos és biztonságos lánc- és kötélkapcsolásokat használjunk.
3. Kötél és terelőgörgő mellett és a kötél által bezárt szög szárai között ne tartózkodjunk.
4. Kötélhez védőkesztyűvel nyúljunk.
5. Kötélet, láncot, kapcsoló szerezket naponta vizsgáljuk.

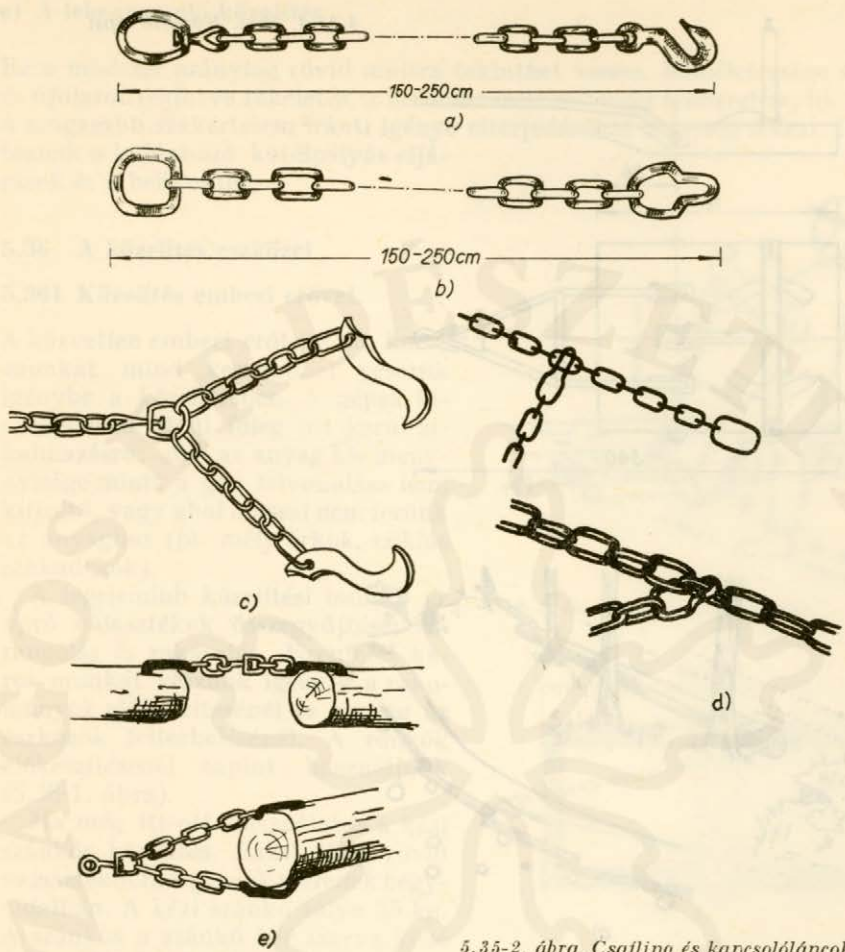
A vonszolási károk és a vontatási energiaszükséglet csökkentésére a gyakorlatban igénybe vett vonszolási vonalakat keresztásvágókkal látják el, melyeken a csúszó törzsek felfekszenek. Így épülnek ki, főleg tarvágásokban, az ún. vontató utak.



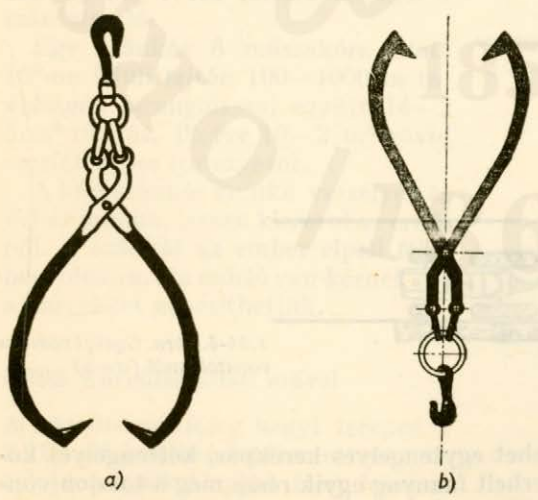
A vonszolásra kijelölt vonalak mellett a lábön maradó törzsek gyökérfóit védeni kell. Ez történhet egy megfelelően elhelyezett terelő rönkkel, vagy a gyökfő mellett levett cövekkel is (5.35-5. ábra).

b) Közelítő kerékpárok, kocsik és szánkók

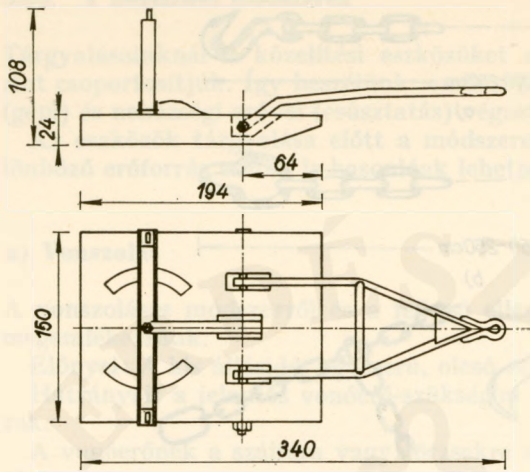
A közelítési károk csökkentésére, illetve az energiaszükséglet mérséklésére a faanyagot vagy részben, vagy egészben



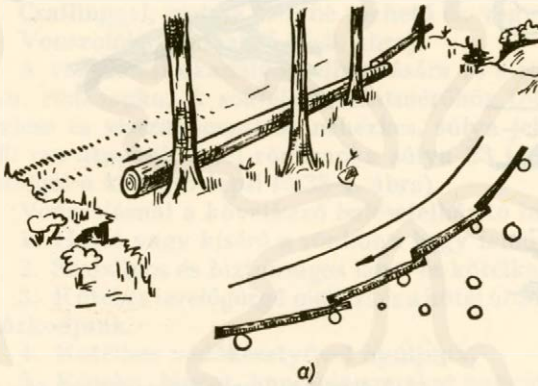
5.35-2. ábra. Csaszting és kapcsolóláncok (a–e)



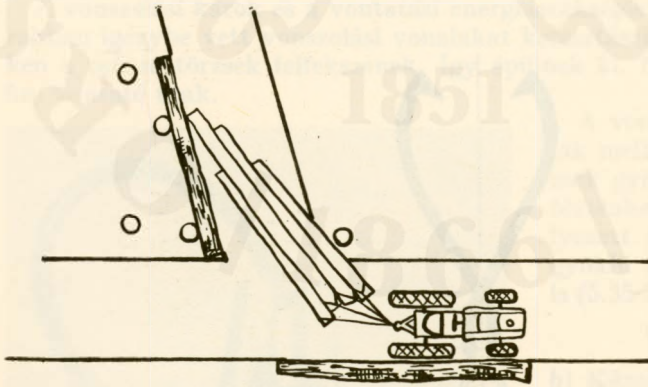
5.35-3. ábra. Vonzoló karom (a+b)



5.35-4. ábra. Közelítő tepszi



a)



b)

5.35-5. ábra. Gyökfővédelme vonszolásnál (a+b)

járműre terhelik. Ez a jármű lehet egytengelyes kerékpár, kéttengelyes kocsis vagy szánkó. A részben felterhelt faanyag egyik része még a talajon vonszolódik.

e) A lebegve való közelítés

Ez a módszer aránylag rövid múltra tekinthet vissza. Kíméletessége a talajt és újulatot tekintve tökéletes, a berendezések költséges felszerelése, ill. üzeme, a magasabb szakértelem iránti igénye elterjedésüket ma még fékezi. Ide tartoznak a különböző kötélpályás eljárások és a helikopter.

5.36 A közelítés eszközei

5.361 Közelítés emberi erővel

A közvetlen emberi erőt, az ún. karos munkát mind kevesebbet vesszük igénybe a közelítésben. A gépek kiszolgálásán kívül főleg ott kerül alkalmazásra, ahol az anyag kis mennyisége miatt a gép felvonulása nem kifizető, vagy ahol mással nem férünk az anyaghoz (pl. mély árkok, sziklás szakadékok).

A legelemibb közelítési munka az apró választékok összegyűjtése, sarangolás és rakásolás. Ezenfelül karos munkát veszünk igénybe a rakományok előkészítésénél és esetleg az eszközök felterhelésénél. A rönkök előkészítésénél capint használunk (5.36-1. ábra).

Ma még itt-ott használatos a kézi szánkós közelítés. Ezzel főleg rövid választékot mozgatnak meredek hegyoldalon. A kézi szánkó súlya 35 kg. A szánkós a szánkó két szarva közé állva irányít, ill. fékez. Síkos út esetén egy-két rövid láncot tesznek a szántalp alá.

Egy szánkós 8 műszakóra alatt 10°-on felüli lejtőn 100–1000 m távolságon sarangolással együtt 14–2 ürm³ tűzifát, illetve 10–2 m³ rövid szerfát képes lemozgatni.

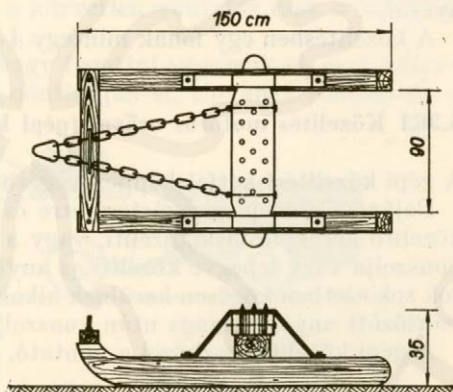
A kézi szánkós munka veszélyes és nehéz munka, lassan kiszorul az erdőből. A szánkót az ember cipeli fel a hegyoldalra. Ha csörlő van kéznél, ezt a műveletet gépesíthetjük.

5.362 Közelítés állati erővel

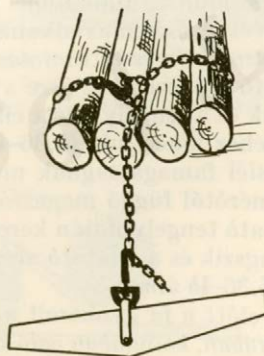
A közelítésnél főleg hegyi terepen a 2.212. alfejezetben ismertetett előnyös tulajdonságaik alapján főleg lovakat alkalmaznak.



5.36-1. ábra. Capin és használata



5.36-2. ábra. Szánélő fogatokhoz



5.36-3. ábra. Vonszolásnál használt hámja

A fogatos munka módszerei között megtaláljuk mind a vonszolást, mind a kerékpárokat, a kocsikát és a szánkókat. A vonó állat erejének jobb értékesítésére árokból, vízmosásból stb. kiemelendő törzsek esetén sodronykötelet és terelőgörgőt alkalmazhatunk. Ilyenkor a vonó állat kedvező körülmények között vízszintesen vagy éppen lejtben halad és erejét jobban értékesíti.

A fogatos munka a választék mérete szerint lehet egy- vagy kétlovas. Hatékony távolsága vonszolásnál 120–180 m, míg kerékpárok, közelítőkocsik esetén 120–360 m. A legkedvezőbb darabszám 3–5 db/m³. Az átlagos dinamikus teherbírás a választék, az eszköz és a terep szerint igen ingadozó.

A közelítő kerékpárokat a 2.211. fejezetben ismertettük. Gyakorta alkalmazzák a 5.36-2. ábrán bemutatott szánélőt is.

A ló vonóerejét a hámfán adja át (5.362-3. ábra). Kétlovas fogat esetén a már említett bókony használatos.

A fogatos közelítést legjobb brigádmunkában szervezni. Ha igen eltérő választékok vannak, a szokásos szervezeti forma feloldható (pl. kettős fogat közelíti a nehéz rönköket, míg kétszer egy ló egy-egy kísérővel a könnyebb anyagot).

A fogatos munka gazdaságosságát is a jó előkészítés, a technológiai fegyelem és a tökéletes segédeszközök (láncok, kötelek, terelőgörgők stb.) biztosítják.

A fogatos közelítést főleg előközelítés formájában használjuk ki, a gépi közelítő eszköz kihasználásához szükséges rakományt gyűjtjük össze. Így a fogat gazdaságossága gyakran a gépi közelítés teljesítményén keresztül érvényesül.

A közelítésben egy lónak mintegy 4–5 motorikus lóerő felel meg.

5.363 Közelítés motoros erővel (gépi közelítés)

A gépi közelítést kétféleképpen végezhetjük:

Bejár az erőgép a vágásterületre és onnan az anyagot kivonszolja, illetve közelítő kerékpáron kiközelíti, vagy a vonóerőt sodronykötél közvetíti, mely vonszolja vagy lebegve közelíti az anyagot. A két csoportba tartozó megoldások sok esetben közösen kerülnek alkalmazásra (pl. a csörlős vontató az össze-csörlőzött anyagot maga után vonszolja).

A gépi közelítés eszközei a vontató, a kötélpálya és a helikopter.

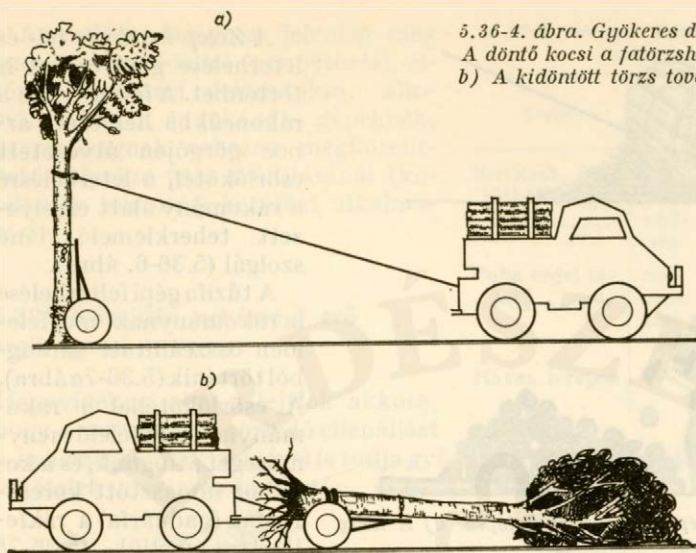
Közelítés vontatóval

A közelítési munkára alkalmas vontatókat már a 2.222. alpontban ismertettük. A következőkben az alkalmazott munkamódszereket tárgyaljuk.

a) *Gyökerez döntés és vontatás.* Laza talajú erdőkben (akácok, nyárasok) használható módszer. Az erre a célra készített kerékpárt a kidöntendő fához támasztjuk és a tengely felett elhelyezett íves számolty, valamint a vonórudat a fa törzséhez láncoljuk (5.36-4a ábra). Majd egy munkás a fatörzstől legalább másfél famagasságnak megfelelő távolságra álló vontató csörlőkötélét a törzsátmérőtől függő magasságban a törzshöz erősíti. A vontató csörlője a fát a vontató tengelyhídján keresztül kifordítja. A kidöntött fa ekkor a kerékpáron nyugszik és a vontató arra a rakodóra vontatja, ahol feldarabolása végbemegy (5.36-4b ábra).

Döntés előtt a fa gyökereit a döntési iránnyal ellentétes oldalon átvágjuk.

b) *Szálfában, koronában való közelítés.* A szálfát a vontató a földön vonszolja, vagy a nyereglapra, kerékpárra vagy szánélőre felhúzza és félig megemelve vontatja. A megoldásokat a 2.22-23. ábrán láthatjuk.



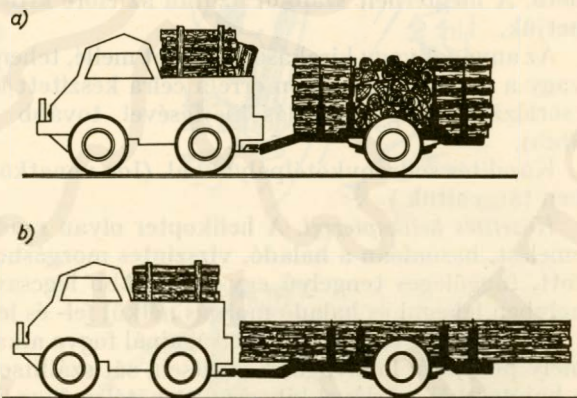
5.36-4. ábra. Gyökeres döntés és vontatás. a) A döntő kocsit a fatörzshöz kapcsolva. b) A kidöntött törzs továbbítása

A szállfában való közelítés lehet kétszakaszos is. A rakományt a vontató összcsohlózi vagy fogat előközeli és a közvetlen vontatás csak a közelítőnyomon folyik.

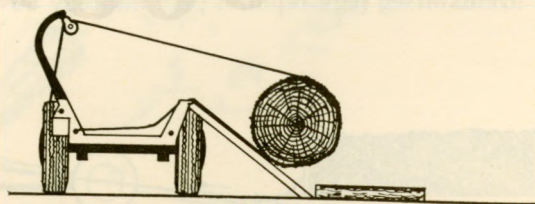
Azt, hogy az előközeliést csórlóval vagy fogattal végezzük el, csak részletes költség- és teljesítményvizsgálattal dönthetjük el. Ugyanez vonatkozik a közelítő nyomok távolságára is.

c) *Választékban történő közelítés.* Minden esetben megfelelő közelítőkocsin (Zelop, Claasen) történik. A választékot célszerű a kocsirakományának megfelelően előrendezni, hogy a teljesítmény az állásidő megtakarításával emelkedjen.

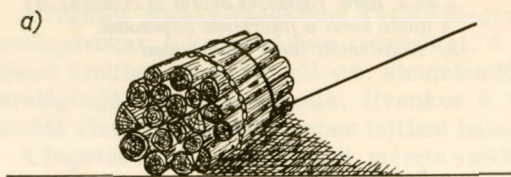
A közelítő kocsikra felterhelhetünk kézi vagy gépi erővel. Az 5.36-5a ábra Zelop kerékpárt mutat tűzifával terhelve, az 5.36-5b ábrán pedig iparifát látunk. A vontató jelen esetben Unimog, rakfelülete rövid választékkal terhelt. A Zelop kerékpár teherbírása tűzifából 4 m^3 , iparifából 2,5 m^3 . (A legnagyobb felterhelhető hossz 7 m.)



5.36-5. ábra. Zelop kerékpár és Unimog vontató rövid választékkal terhelve (a). Ua. hosszú anyaggal (b)



5.36-6. ábra. Zelop felterhelése a vontató csórlójának segítségével



b)



5.36-7. ábra. Tűzifa gépi felterhelése Zelopra. a) A köteg összejogása. b) Beemelés

A Zelop kerékpár fel- és leterhelése gépi erővel is történhet. A felterhelése a rakoncákba helyezett árboc görgőjén átvezetett csörlőkötél, a leterhelésre a rakomány alatt elhelyezett teherkiemelő lánc szolgál (5.36-6. ábra).

A tűzifa gépi felterhelése a rakománynak megfelelően összeállított sarangból történik (5.36-7a ábra). A csörlőkötéllel a rakománynak megfelelő mennyiséget átfogunk, és a kocsizhoz támasztott korcsolyafán (gadnárfán) a rakfelületre emeljük (5.36-7b ábra).

Szükséges, hogy a sarang alá ászkot helyezünk a csörlőkötél átbújtatására.

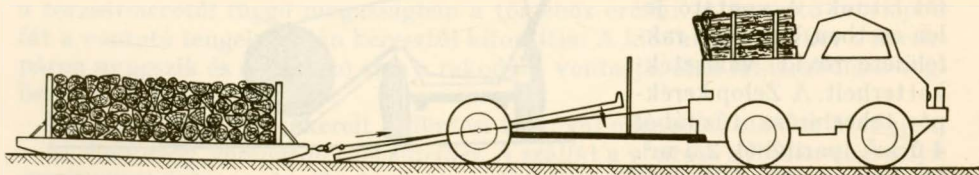
Meg kell emlékezni azokról a nehézségekről, melyek a rövid választéknak meredek oldalban felfelé való közelítésénél jelentkeznek. Árkok, szakadékok, vízmosások fenekéről, meredek oldalban vezető hegyoldali út alól a hosszú választék a vontató csörlőjével könnyen felcsörlőzhető egy terelőgörgő közbeiktatásával. Más a helyzet tűzifánál és rövid választékoknál. A megoldás itt az, hogy szánkót készítünk, melynek rakoncái közé 2–3 ürm³ tűzifa terhelhető. A megterhelt szánkót azután az előre kitisztított nyomokon felcsörlőzhetjük.

Az anyagot vagy kirakásoljuk az út mellé, tehergépkocsi továbbítás céljaira, vagy a szánkót egy külön erre a célra készített kerékpár billenthető keretére csörlőzzük és így rakodás kiejtésével tovább vontatjuk az úton (5.36-8. ábra).

Közelítés sodronykötélpályákkal. (Ide vonatkozó ismereteket a 4. főfejezetben tárgyaltuk.)

Közelítés helikopterrel. A helikopter olyan rendszerű repülőgép, melynél az emelést, hasonlóan a haladó, vízszintes mozgáshoz, robbanómotorral meghajtott, függőleges tengelyű egy vagy több légcsavar végzi. Előnye, hogy egy helyben lebegni és haladó mozgás nélkül fel- és leszállni képes.

A helikopter technikai adottságainál fogva alkalmas arra, hogy az erdő bármely pontjáról faanyagot közelítsen, sőt szállítson tetszőleges helyre. A teher a hajtótóból csörlővel kibocsátott kötélnek függ. Előnye a tökéletesen kíméletes, talajállapottól független gyors, pontos munka. (Tehermeni sebesség: 65–120 km/ó.) Hátránya a jelenleg még elviselhetetlenül magas beszerzési ár és üzemeltetés (egy repülési perc mintegy 80–100 Ft.)



600 5.36-8. ábra. Szánkóval kapcsolt közelítő kerékpár rövid választékhoz

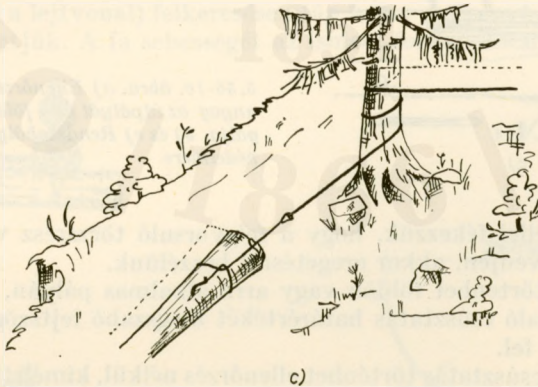
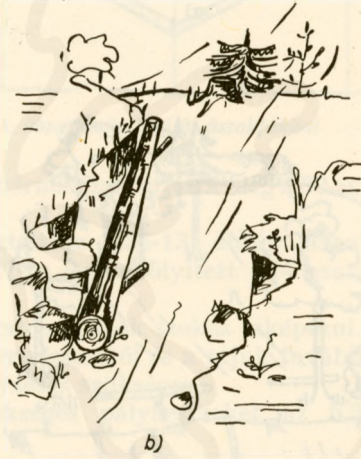
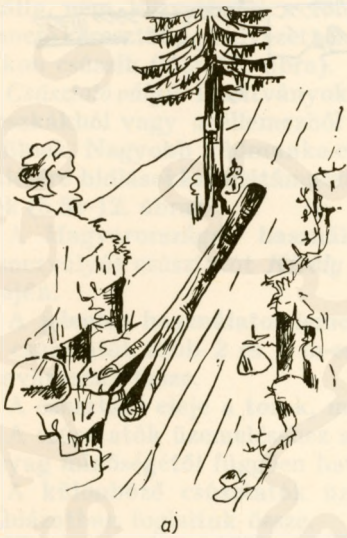
Az erdőgazdaságban jelenleg még csak növényvédelmi (permetezés), elsősegélynyújtási feladatokra, állományfelvételi munkánál, gépeknek, üzemanyagnak nehezen megközelíthető helyekre való szállításánál (kötélpálya telepítés) kerülhet alkalmazásra.

5.364 Közelítés nehézségi erő segítségével

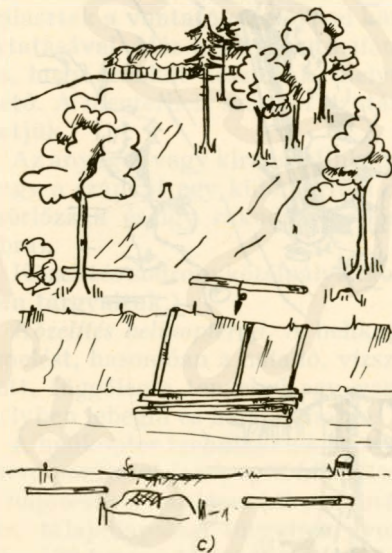
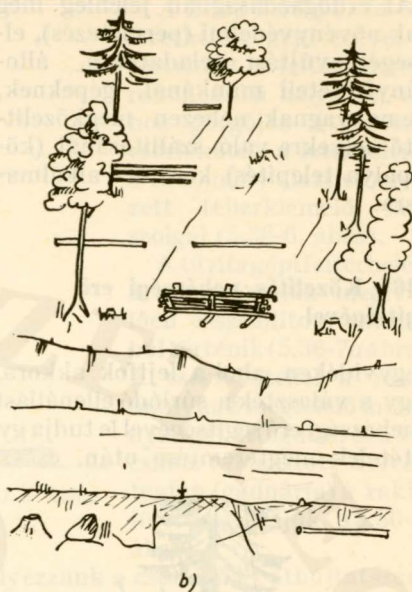
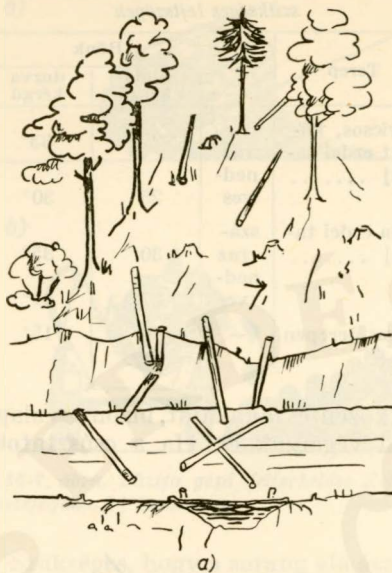
Hegyvidéken, ahol a lejtők akkora, hogy a választék a súrlódó ellenállást a nehézségi erő segítségével le tudja győzni, a közelítés munkáját, bizonyos alapfeltételek megteremtése után, csúsztatással végezzük el. Ha a csúsztatott

5.36-I. táblázat. Földön való csúsztatáshoz szükséges lejtőszögek

Terep		Rönk	
		sima kérgű	durva kérgű
Kavicsos, kötött erdei talaj	száraz nedves	27°	33°
		25°	30°
Puha erdei talaj	száraz nedves	30°	35°
		27°	31°
Havas terepen	—	10°	15°



5.36-9. ábra. Ha a csúsztatás vonalairól a fatörzseket, sziklákat eltávolítjuk, illetve az anyagot egyszerű rendszabályokkal irányítjuk, a károk elkerülhetők. a) Helytelen megoldás. b) Helyes megoldás. c) Eregetés



5.36-10. ábra. a) Ellenőrzés nélkül csúsztatott anyag az útpályát és a földmű részeit is rongálja. b) és c) Rendszabályok útpálya és részü védelmére

választékot kötéllal fékezzük, hogy a felgyorsuló törzs rész vagy környezete károkat ne szenvedjen, akkor eregetésről beszélünk.

A csúsztatás történhet földön vagy arra alkalmas pályán, a csúsztatón.

a) A földön való csúsztatás határértékét megszabó lejtőszögeket az 5.36-1. táblázat tünteti fel.

A földön való csúsztatás történhet ellenőrzés nélkül, kíméletlenül vagy ellenőrizve. Utóbbi esetben a csúsztatás vonalait kijelöljük és egyszerű rendszabályokkal, egy-egy cövek beverésével, néhány kő eltávolításával biztosítjuk az anyag útját (5.36-9a, b ábrák).

Az ellenőrizetlenül csúsztatott faanyag a feltáróutak rézsűit és magát az útpályát is rongálja (5.36-10a ábra). Ennek elkerülésére megfelelő rendszabályok szükségesek (5.36-10 b, c ábrák).

b) A csúsztató kisebb-nagyobb műszaki beavatkozással létesített pálya, melyen a hegyoldalak lejtését felhasználva különböző falválasztékok lecsúsztathatók.

Egyszerű földcsúsztató: Árok vagy útszerű vájat, melyet esetleg hasítványokkal bélelünk ki.

Csúsztató út: Útszerű kiképzésű, 1,20–1,60 m széles földmű, ahol a csúsztatott választék, többnyire szálfá, nem közvetlenül a földön, hanem keresztben elhelyezett ászokfákon csúszik (5.36-11. ábra).

Csúsztató vályú: Hasítványokból, deszkákból vagy acéllemezből készülnek. Nagyobb földmunka elkerülésére hídlásokkal alátámaszthatók (5.36-12. ábra).

A Magyarországon használatos lemezvályús csúsztatót *Király Lajos* erdőmérnök honosította meg a 30-as évek elején.

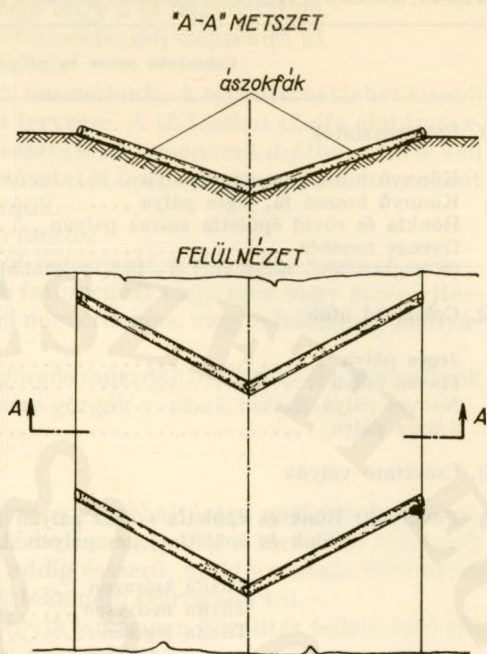
A jelenleg használatos lemezvályú méreteit az 5.36-13. ábrán láthatjuk. A csúsztatót több 2 és 4 m-es tagból 1/2'-os legömbölyített fejű csavarral csavarozzuk össze.

A csúsztató eleje a torok, míg végét ugratószerűnek szokás kiképezni.

A csúsztatók üzemeléséhez a csúsztatók rendszerétől és a rájuk továbbított anyag minőségétől függően határozott pályaesés szükséges.

A különböző csúsztatók üzeméhez szükséges pályaeséseket az 5.36-II. táblázatban foglaltuk össze.

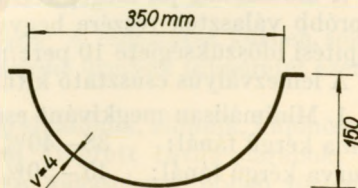
Hosszabb, 400–1000 m-es csúsztatókat trasszírozni kell. A nyomvonal (nem feltétlenül a lejtvonalt) felkeresése után hossz-szelvényt készítünk, amibe a pályát befektetjük. A fa sebességét az ismert formulákkal számíthatjuk.



5.36-11. ábra. Csúsztató út ászokfákkal



5.36-12. ábra. Csúsztató vályúk fából



5.36-13. ábra. Lemezcúsztató méretei

Csúsztató neve és pálya	Szükséges esés	
	%	0
1. Földesúsztatók		
Könnyű hosszú fa, sima pálya	20	11
Könnyű hosszú fa, jeges pálya	10	6
Rönkfa és rövid épületfa száraz pályán	40	22
Gyenge hasábfa	60	31
(Kéregben lévő törzseknél 8–10 % eséstöbblet)		
2. Csúsztató utak		
Jeges pálya	5	3
Havas pálya	13	7–8
Nedves pálya	16	9
Száraz pálya	36	19–20
3. Csúsztató vályúk		
Favályúk: Rönk és épületfa száraz pályán	15–20	9–11
Rönk és épületfa jeges pályán	3–6	1–3
Tűzifa szárazon	30–40	17–22
Tűzifa nedvesen	15–30	9–17
Tűzifa jegesen	8–25	4–14

(legkisebb ívsugar: 60 m, lejtőrészek 20 m-enként 2–5 %)

Meg kell jegyeznünk, hogy a mozgó test súrlódása valamivel kisebb, mint az állóé.

Ha az egyes szakaszokra a sebesség ismeretes, az átfutási idő számítható. Stopperrel ellenőrizve, felvett súrlódási értékeink visszaszámíthatók.

A hossz-szelvény a következő adatokat tartalmazza:

- lejtviszonyokat;
- sebességváltozási grafikont;
- kiegyenlítő ívsugarakat;
- pályaszintet;
- horizontális adatokat.

A csúsztatók jelentősége egyre csökken a rajtuk leszállított választékok nagy károsodása, a pályáról kiugró fa kártétele és a jelentős létesítési költség miatt.

Ezenkívül a fölcúsztatók vadpatak képződésre adnak okot, a fa kötől, homoktól, földtől szennyeződik, mely azután a feldolgozásnál hátrányos. A csúsztatott fa általában 5–15%-os minőségi veszteséget szenved.

A csúsztató utakat és vályúkat ma már csak extenzív erdőgazdálkodásnál vagy nagy fabőség esetén használják.

A műszakilag jól megépített és kellő körülményekkel telepített lemezvályú apróbb választék részére hegyvidéki viszonyaink között ma is használható. Építési időszükséglete 10 perc/m. Teljesítménye 40–50 eűrm³ naponta.

A lemezvályús csúsztató kitézése a következő irányelvek szerint történhet:

1. Minimálisan megkívánt esés
sima kérgű fánál: 38–40% (20–22 fok)
durva kérgű fánál: 45–50% (24–27 fok)

2. Horizontális ív sugara: $S=200$ m.

3. Domború törés nem lehet, homorú ívesen kiegyenlítendő.

4. Kiinduló szakasz nagy esésű legyen, hogy a fa felgyorsuljon.

5. Kiürítő szakasznál kis ugrató (ellenemelkedő) képzendő ki.

6. A csúszó fa sebessége: $v_{\max} = 15$ m/sec.

A pálya kitűzésére Möller-lejtőtűzőt használunk. A telepítésnél lehet kisebb (40–50 cm) bevágásokat és töltéseket tervezni. A töltéseket tűzifa alátámasztással vagy kövekkel oldjuk meg. A csúsztatót 10 m-enként dróthuzallal le kell horgonyozni. Ha a lejtés nem elég, a csúsztatót öntözzük vagy 10 méterenként 0,5 kg fáradt olaj felhasználásával kenjük.

Balesetvédelem a csúsztatásnál igen fontos!

A csúsztatást csak fegyelmezett, jól betanított erdei munkásokkal végeztessük. Alkalmazási helye főleg kisebb fatömegnél vagy igen nagy tereplejtésnél indokolt, ahova gépekkel felvonulni nem érdemes, vagy a feltártság hiányában nem lehet.

Még kell emlékeznünk még az ún. görgős csúszdákra. Ezeknél a vályúfenék helyett a csúszó súrlódás kiküszöbölésére görgők vannak beépítve.

5.37 Közéltési károk

A közéltési munkák gazdaságos és pontos végrehajtására való törekvés mellett a közéltési károk megítélése háttérbe szorul, pedig a termelési költségek csökkentésére irányuló törekvés csak addig ésszerű, amíg az általa elért eredményeket a távlatban okozott károk értéke nem szárnyalja túl.

Az erdőgazdálkodás fejlettségének egyik ismérve a közéltés fejlettsége! Ha a közéltési károk nagyok, a közéltés nem fejlett.

A közéltési károk felosztása a következő:

Károk a közéltett anyagban

a) Közéltési módszer okozta kényszer-választékolás.

b) Közéltés okozta rongálódások, ún. zúzódások, repedések stb.

c) Az anyag elkallódása.

Károk az erdő talajában.

d) Vonszolási károk.

e) Megsértett talajon eróziós károk (főleg hegy- és dombvidéken).

f) A talaj tömörödése.

Károk az állományban.

g) Fiatalos kihorzsolása (kiradírozása).

h) Sérüléseken át a fiatalos gombafertőzése.

i) Idős állományokban gyökfők sérülésén át gombafertőzés (vonszolás, csúsztatás).

j) Idős állományokban a törzs sérülése kocsitengelytől, védőberendezés nélküli drótkötéltől.

a) *Ha a közéltés eszközei és módszerei műszakilag fejletlenek, velük nem vagyunk képesek a legkedvezőbbben választékolt fát kihozni, hanem a törzsrészeket kevésbé értékes választékokra kell feldarabolni. Pl. egy vízmosásba dőlt ezüst hárs törzsét apró választékká kell feldarabolni, csörlő, terelőcsiga stb. hiánya miatt.*

b) *A csúsztatás folyamán az anyag összezúzódik. A csúsztatás közben sokszor 10–35%-a az anyagnak megsemmisül. Az erdei úrm³-ek túlméretét ezért ennek a figyelembevételével állapították meg.*

c) *Egyes közéltési módszereknél igen sok anyag elkallódik, elhullik, különösen az apróválasztékokból. Ilyenek a csúsztatásnál kiugrott tűzifa darabok, a hanyag fogatos közéltésnél lehulló hasábok. A vágásoknak hóban történő kiürítésénél is sok anyag visszamaradhat, melyet azután az újulat és a gyomfák eltakarnak.*

d) A vonszolás okozta talajkárok, ha eróziós veszély nem forog fenn, jótékony hatásúak lehetnek. *Pobegynszki* 1952-ben végzett vetési kísérletei a tarvágásos területen a következő eredményre vezettek:

Érintetlen terület	megmunkálás nélkül az újulat	2,1%-os
Érintetlen terület	talajlazítással az újulat	12,1%-os
Közelítő nyom	megmunkálás nélkül az újulat	8,8%-os
Közelítő nyom	talajlazítással az újulat	20,2%-os
Főközelítő nyom	megmunkálás nélkül az újulat	3,7%-os
Főközelítő nyom	talajlazítással	15,9%-os

e) *Hegy- és dombvidéken lejtős oldalakban* a vonszolási vonalak, de az egyéb járművek (főleg vasabroncsok gazdasági szekér) nyomai is eróziós károk forrásai. Világosan mutatkoznak a gazdasági szekér bekötött kereke nyomán keletkezett mélyutak hegyvidékeinken mindenütt. Megelőzésük a csapák rözsefonással való elzárása, a lerohanó víz helyenkénti szétvezetése, mélyebb utaknál fenékgátak készítése.

f) *A talaj tömörödése* mindenféle közelítő munkánál veszélyt jelent, különösen a rakodók és gyűjtőhelyek közelében, ahol a jármű gyakrabban megfordul. A tömörödött részt fel kell lazítani, hogy ott az újulat meglepedhessen.

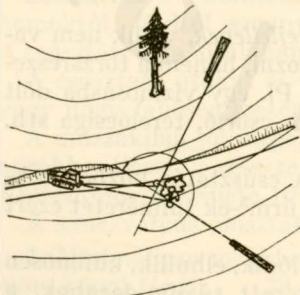
g) *Az újulatban* a vonszolás, különösen, ha szervezetlen, igen nagy károkat okozhat. *Pobegynszki* és *Perepcsin* kísérletei szerint KT-12-es lánctalpas közelítő traktorral szervezetlenül végzett vonszolásnál:

1060 db Ef-ből	20 db egészséges	120 db sérült marad
3220 db Lf-ből	600 db egészséges	400 db sérült marad

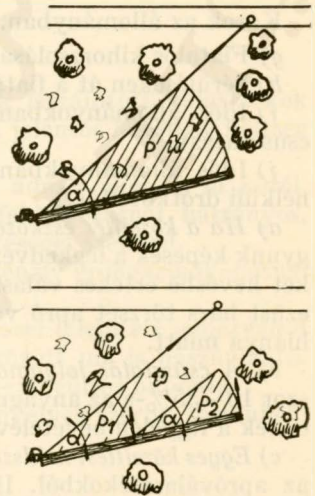
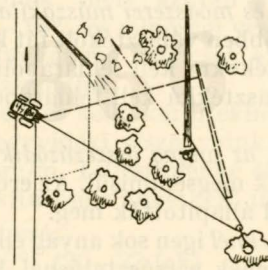
A hazai, dorongosi kísérlet jegyzőkönyve vontatós közelítésnél 75%-os újulat-kárról számol be. A kár oka elsősorban a csörlőkötél okozta sérülések, majd a vontató forgolódásából és a döntési és darabolási munkákból származó károk.

A vonszolásnál, de más közelítési módszereknél is nagy kárt okoz az újulatban a hosszú anyag forgatása. Ezért a döntést úgy irányítsuk, hogy a hosszú választék a közelítés irányába essék. Ha ez nem lehetséges, két fogással, terelőcsiga segítségével hozzuk a törzset a kívánt irányba (5.37-1. ábra), vagy daraboljuk ketté, amivel a lehorzolt területet csökkentjük (5.37-2. ábra).

h) *Azoknak a gombaferőzéseknek károsítása*, melyeket a közelítésnél sérült fácskák szenvednek és idős korig cipelnek, szabatosan még nincs kimutatva.

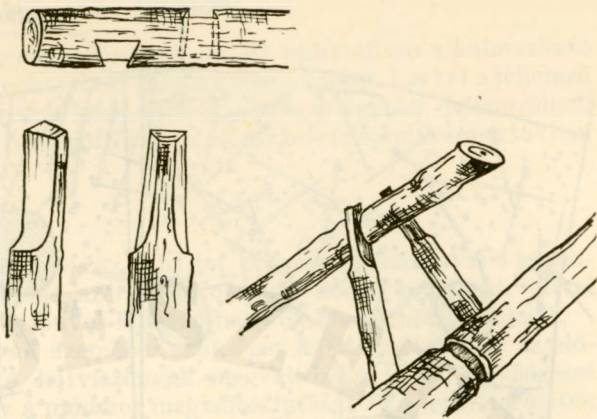


5.37-1. ábra. Szálfa-vonszolás terelő csigával. Az újulat megvédelése érdekében a törzset egy fogással a kedvező irányba hozzuk, majd kivonszoljuk



5.37-2. ábra. A rövidebb választék darabolva kisebb területet károsít

i) *Idős állományokban* a vonszolás és csúsztatás során a fák gyökérfői sérülnek meg. Ezek a sérülések szabad utat engednek a gombafertőzésnek, mely a vastag törzsek legértékesebb részét, főleg az érzékeny bükkösökben, 2–3 év alatt elpusztítja, elérteketleníti. A védekezés a térbeli rend kialakításával, védőberendezésekkel (cövekek, terelőfák) érhető el (5.37-3. és 4. ábrák).



5.37-3. ábra. A vonszolási vonalon a törzsek gyökérfőit terelőfákkal védjük

j) *Idős állományokban* a közelítő eszközök vas alkatrészei, a kötélpályák védőberendezés nélküli felerősített kötelei (4.34-4. ábra) okozhatnak az álló fákban helyrehozhatatlan károkat. A gazdasági szeker tengelyvége nyomán igen sok sérülés található. Néhol a lócs és a rakomány is okoz sérüléseket (5.37-5. ábra).



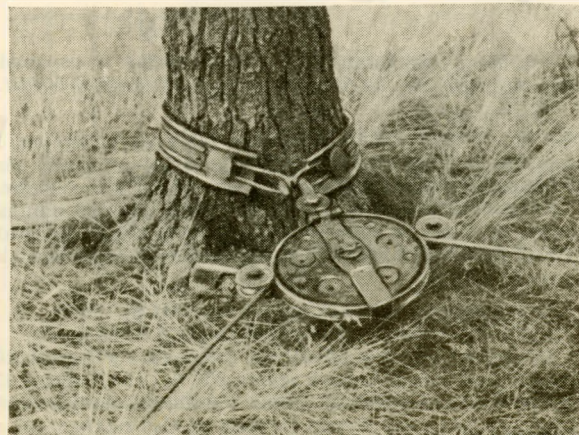
5.37-4. ábra. A gyökérfő védelme régi gumiabronccsal

Megállapítható, hogy az állományban keletkezett károk mértéke arányosan növekszik a közelítési vonalak hosszával. A közelítési vonalak hosszát irányított döntéssel egybekötött térbeli rend, jól átgondolt közelítő nyomhálózat és rendszeres munka biztosítja.

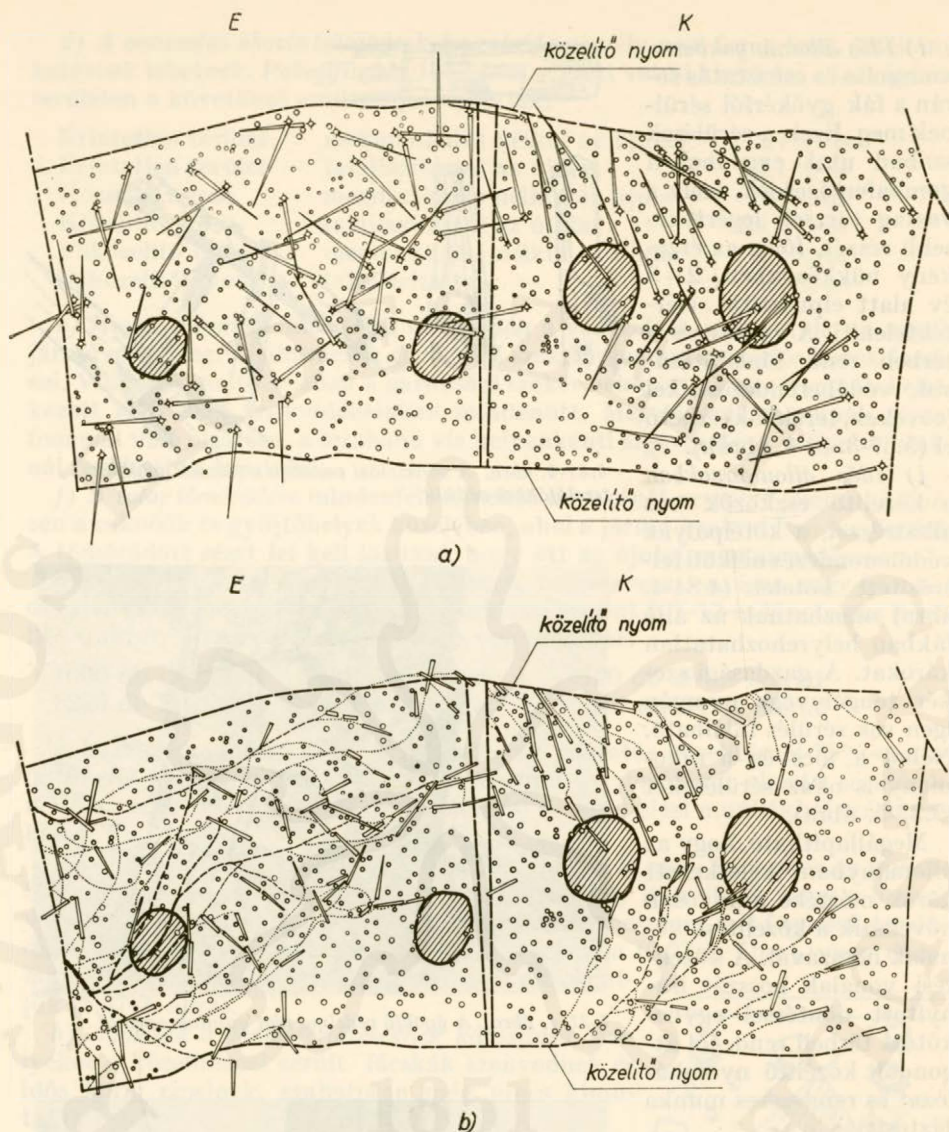
A vonszolt rönk hosszának növekedésével egy ideig arányosan szaporodik a sérült fák száma, majd később csökken. A választékolás elbírálásánál ez sem figyelmen kívül hagyandó szempont.

A rendszeres s rendszeretlen közelítés hatását *Fanta* csehszlovák kutató vizsgálta. Az összehasonlító próbaterületeit az 5.37-6a és b ábrákban mutatjuk be.

A két próbaterület nagysága $2 \times 1,68$ ha. A terület lej-



5.37-5. ábra. Védőberendezéssel felerősített terelőgörgő



5.37-6. ábra. Összehasonlító és kísérleti terület a vonszolási károk felmérésére. a) Döntés után, közelítés előtt. b) Közelítés irányai. E ellenőrző terület. K kísérleti terület

tése 13–17° (29–38%). Állomány 118 éves lucfenyves. Fatömege 486 m³/ha. A használat csoportos felújító vágással történik. A kitermelendő törzseket előre kijelölték. Mindkét területen az összes fatömeg 8,4%-a került kitermelésre.

Az ellenőrzött területen (E) a közelítést az erdei munkások és fogatosok saját belátásuk szerint végezték, a kísérleti területen (K) kettős fogattal előre megjelölt irányokban, irányított döntéssel termeltek és közelítettek. Az okozott károkat mindkét területen szabatosan felmérték.

Az E területen 1 m³ anyag által megtett út 139 m

A K területen 1 m³ anyag által megtett út 58 m

Az okozott károk a következők számokkal jellemezhetők:

Az E területen a törzsek száma 256 db, ebből sérült 43 %

A K területen a törzsek száma 262 db, ebből sérült 16 %

Az egy m³-re eső sérülés területe az első esetben 408 cm², a kísérleti területen 144 cm².

A példa azt bizonyítja, hogy a közelítési károk elhárítására irányuló törekvések között első helyen áll a szakszerű irányítás és rendszeres munka.

5.38 A termőterület anyagmozgatási jellemzői

Mint mondtuk, minden egyes erdőrészlet az ott optimálisan alkalmazható közelítési módszerre nézve meghatározó tulajdonságokkal bír. Ezeket a jellemző tulajdonságokat a termőterület (erdőrészlet) anyagmozgatási jellemzőinek (paramétereinek) nevezzük. A jellemzőket az előzőkben felsorolt csoportokban tárgyaljuk.

a) Termelőhelyi tényezők

Ide tartozik a domborzat, a talaj és az éghajlat. A terep lejtviszonyai a közelítés eszközeinek megválasztására azért gyakorolnak döntő befolyást, mivel mindegyik eszköz vagy gép bizonyos lejtsszög-határok között alkalmazható.

A csúsztatók és kötélpályák üzeméhez szükséges lejtsszögekkel már az előzőkben megismerkedtünk. A lejtviszonyok megváltozása tehát szükségessé teszi a közelítő eszköz és így a módszer megváltoztatását és a termőterületen belül éles határvonalat jelent. Ezeket a határvonalakat már a tag és erdőrészlet kialakításánál figyelembe kell venni. A lejtviszonyok változása így az utak elhelyezésére is döntő befolyást gyakorol (lásd 233-15. ábra).

5.38.-I. táblázat. Az egyes közelítő eszközök alkalmazásához szükséges lejtsszöghatárok

Közelítési eszköz és módszer		Terep lejtése fokokban													
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
1. Lovasfogat															
2. Vonatató	teljes														
	előközelítés csőrlővel														
		fogattal													
3. Kötélpálya	csőrlővel														
	fogattal														
4. Csúsztatás	teljes														
	elő csőrlővel														
		fogattal													

hegynek fel

völgynek le

Megjegyzés: A 2. Előkészítési adatai csak az előközelítésre vonatkoznak, a főközelítés egyezik a teljes közelítéssel.

Mivel a közelítési károk általában a meredekebb oldalakban nagyobbak (pl. eróziós kár, csúsztatási kár stb.), a lejtőzög a keletkező károkon keresztül is hatással van a közelítési módszer megválasztására. A közelítő eszközök alkalmazásához szükséges lejtőzöghatárokat az 5.38-I. táblázatban találjuk.

A talaj minősége a terepen mozgó jármű menetellenállása miatt figyelemre méltó. Bizonyos talajokon a menetellenállás a nedvesség hatására növekszik, más talajoknál csökkenhet. (Pl. agyag- és homoktalajok.)

Az éghajlat a fagyos napok számán, a hóviszonyokon és csapadékviszonyokon keresztül befolyásolja a közelítés munkáját.

A havon való anyagmozgatást illetően a vélemények eltérők: a letaposott hó a menetellenállásokat, de a hajtott kerék tapadását is csökkenti, így az utak csúszóssá válhatnak. A friss hó gátolja a szállítást és hókével el kell távolítani.

A közelítésnél a hótakaró védi a talajt és a fiatalost, vonszolásnál csökkenti a súrlódást, de hátránya, hogy a faanyagot elfedi, azt le kell takarítani, és a törzsek havas, hideg időben gyakran a talajhoz fagynak.

b) Gazdálkodási tényező

Ezek közé tartozik az állománytípus, az üzemmód, az anyagkoncentráció, a növedék és a kitermelendő választékok kialakításának helye.

Az állománytípus a kikerülő választékok mennyiségén, minőségén, az állomány sűrűségén és az aljnövényzeten keresztül jut érvényre. Az alkalmazott üzemmód megszabja az egyes beavatkozások mértékét, így végső soron az anyagkoncentrációt. Az anyagkoncentráció viszont az eszköz kihasználását határozza meg, és így gyakran eldönti gazdaságos alkalmazhatóságát is.

A növedék – mint később látni fogjuk – voltaképpen az erdőrésztlet termőképességének (produkcióképességének) jelzőszáma. A produkcióképesség megszabja a műszaki beruházások mennyiségét. A gazdálkodási tényezők így a növedéken keresztül állanak legszorosabb kapcsolatban a később ismertetett műszaki tényezőkkel.

A választékok kialakításának helye megszabja, hogy a közelítést szálában vagy választékban végezzük. Más eszközöket követel az egyik, és más eszközöket a másik.

A szálában való közelítést is kétféleképpen végezhetjük, nevezetesen: koronával vagy korona nélkül.

A koronával való közelítés vonszolva történik. Igaz, hogy az ágak bizonyos fokig vánkost képeznek a vonszolt törzs és a talaj között, de nagyobb koronájú fák, és általában a lombfák ágai feltűrják a talajt és a vékony rőzsét is kivonszolják a termőhelyről.

A legallyazott szálfa vonszolásos közelítését síkvidéki erdőgazdaságainkál is előnyösen alkalmazhatjuk. A darabolás, kérgezés munkája összevonható, központosítható, így az alkalmazott gépek gazdaságossága emelhető. Főleg tarvágasos üzemmódnál előnyös.

Dr. Káldy József professzor és *Tuzson Tihamér* erdőmérnök által a Dunaártéren bevezetett kísérleti termelést példaképpen ismertetjük:

Kitermelésre került 8000 m³, 30–40 cm átlagos vastagságú és 20 m átlagos hosszúságú hazai és nemesnyár. Anyagkoncentráció 400 m³, üzemmód tarvágas. A vágásterület osztásvonalában keskeny nyomtávú áthelyezhető vágány vezet.

A döntés a vágánytól kezdődően indul el motorfűrésszel. A közelítést gumibroncsos vontató végzi (Latil) 350 m átlagos távolságról. A balesetek elkerülésére a munka két sávban folyik, egymástól 60 m távolságra. Egyik sávban döntenek, másikban gallyaznak, ill. közelítenek. Vékony gallyakat a sáv szélén rakásolják.

A vonszolás előre elkészített sodronykötél hurokkal történik. Talajvédelem nem szükséges, mert erózióveszély nincs és mesterséges felújítást alkalmaznak. Egy szálfa 0,8 m³.

Sor-szám	Tő mel- lett [T]	Szállítási szakasz, illetve tárolóhely megnevezése									
		előköze- lítés (I)	gyűj- tőhely (II)	köze- lítés (2)	felső rakodó (III)	ki- szál- lítás (3)	közbe- eső rakodó (IV)	szál- lítás (4)	alsó ra- kodó (V)	köz- forgalmú szállítás (5)	fel- dolgo- zó telep
1.	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
2.	Sz	Sz	V	V	V	V	V	V	V	V	V
3.	Sz	Sz	Sz	Sz	V	V	V	V	V	V	V
4.	Sz	Sz	Sz	Sz	Sz	Sz	V	V	V	V	V
5.	Sz	Sz	Sz	Sz	Sz	Sz	Sz	Sz	V	V	V
6.	Sz	Sz	Sz	Sz	Sz	Sz	Sz	Sz	Sz	Sz	V

Megjegyzés:

V = választékolva

Sz = szállfában

A számok a fejléchen az 5.38-1. ábrával egyeznek

A vontató a napi műszak alatt 60–80 m³-t vonszol ki. A vágásterületi rendet irányított döntés biztosítja, így a vontató holtjárata elmarad. A repülővágány mellett a darabolást villanyfűrész végzi.

A gyakorlatban használt fogalom az ún. szállítható hosszban való közelítés. Ez lényegileg annyit jelent, hogy a döntésnél a kijelölt választékok szerint a törzset csak annyira daraboljuk fel, amennyiben az a szállító jármű (tehergépek stb.) szempontjából feltétlenül szükséges. Ebből következik, hogy ez a fogalom magába véve megfoghatatlan és a helyi körülményeknek megfelelő hosszúságot jelent.

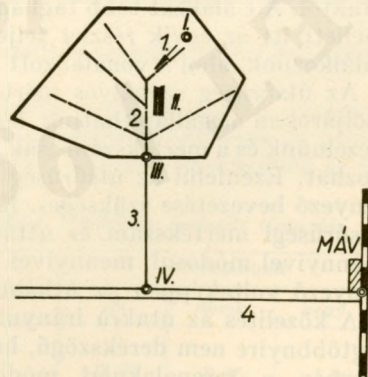
Hazai erdeinkben csaknem mindenütt választékban közelítenek. Hátránya, a közelítő eszközök alacsonyabb teljesítménye, a darabolási munka kisebb ellenőrizhetősége, a mellékmunkák nehezebb gépesíthetősége, a felkészítés során keletkező újulatkár. Előnye elsősorban abban rejlik, hogy a helyi körülményekhez jobban hozzáilleszthető.

A darabolást a termelési folyamatban különböző helyeken végezhetjük (lásd 5.38-II. táblázat és 5.38-I. ábra).

A kérdést az dönti el, hogy az összes termelési költségek hogyan alakulnak és a termelékenység emelkedik-e. Ezért részletes technológiai terv készítenendő az összes felmerülő költségek kielemezésével együtt.

Ajánlatos, hogy a kölcsönhatás, kapcsolódás kedvezőbb kialakítása érdekében mind a kitermelési, mind a közelítési munkát egyazon munkacapat végezze (komplexbrigád).

A választékok számának vagyis az egy m³-re eső darabszámnak megnövekedése jelentős mértékben megnöveli a fel- és leterhelési vagy fel- és lekapcsolási, rakományelőkészítési idősükségletet, így a termelékenység növelése ellen ható tényező (darab – tömeg törvény).



5.38-1. ábra. A választékok kialakítási helyének elhelyezési lehetőségei

e) Műszaki tényezők

Az úthálózat kiépítettségi foka, az üzem terjedelme és területi koncentráltsága és a munkaerő viszonyok.

Az úthálózat kiépítettségi foka megszabja a közelítés átlagos távolságát.

Az útsűrűséget az egy ha-ra eső úthosszal szokás jelölni. Jele és mértékegysége [m/ha] . Az 5.38-2. ábrán szabályosan egymás mellett haladó úthálózatot szemléltetünk. A szaggatott vonallal határolt területnek a szélességi része egy-egy útra gravitál, azaz az $l \cdot a$ részt egy-egy út tárja fel. Ha a terület egy ha nagyságú és a a párhuzamos futó utak egymástól való távolsága, akkor a két szaggatott vonal közé eső úthossz az 1 ha-ra eső úthossz, azaz [m/ha] . Mivel egy ha tízezer négyzetméter:

$$l \cdot a = 1 \text{ ha} = 10\,000 \text{ m}^2 \text{ és}$$

$$\text{[m/ha]} = \frac{10\,000}{a} \quad (5-1)$$

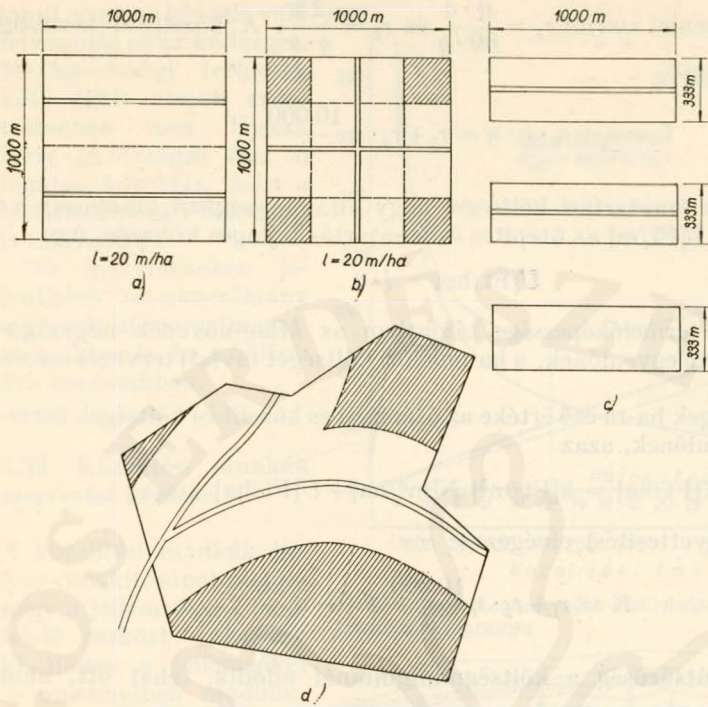
5.38-2. ábra. Útsűrűség mértékszámának értelmezése

Ez voltaképpen annyit jelent, hogy az erdőterületnek szabályos hálózat esetén az adott útsűrűség mellett nincsen olyan pontja, amely $0,5 \cdot a$ -nál nagyobb távolságra lenne az úttól. Ez azonban a gyakorlatban nem így van. Az 5.38-3. ábrán összehasonlítjuk a szabályos hálózatot néhány eltérő, a gyakorlatban előforduló lehetőséggel.

Az ábra a jelű alakzata 100 ha terület szabályos úthálózatát ábrázolja 20 m/ha útsűrűség mellett. A terület legtávolabbi pontja az úttól 250 m. A b jelű alakzat a síkvidéken gyakorta előforduló nyomadékhálózatot mutatja. Az útsűrűség itt is 20 m/ha, de a vonalkázott rész messzebb van 250 m-nél az utaktól. A c alakzat több tagban elterülő erdőt mutat. Ugyanolyan útsűrűség mellett itt az egyik részlet teljesen feltáratlan. Hegyvidéken a d alakzattal találkozunk, ahol a vonalkázott rész szintén 250 m-en túl marad.

Az útsűrűség szabályos mértékszámát tehát módosításra szorul. Azt már előjáróban megállapíthatjuk, hogy több különálló erdőtestet külön-külön kell kezelni és a mértékszám csak közel egyöntetűen feltárt erdőterületre vonatkozhat. Ezenfelül az útsűrűség mértékszámának kiszámításánál η módosító tényező bevezetése szükséges. Ez a módosító tényező kifejezi, hogy az adott útsűrűségi mértékszám és úttávolság szorzataként jelentkező 1 ha terület mennyivel módosul, mennyivel lesz nagyobb, mint a szabályos állapot. Ez a tényező voltaképpen az úthálózat hatásfoka.

A közelítés az utakra irányul. A közelítési vonalak csatlakozása azonban legtöbbször nem derékszögű, hanem azt részben a szállítási irány vonzereje, részben a terepalakulat módosítja (5.38-2. ábra). A közelítés ezenfelül kétféle lehet. Vagy csak egy irányból közelítünk az útra (pl. meredek hegyoldalon csúsztatunk), vagy mindkét irányból. A közelítendő anyagot képzeld



5.38-3. ábra. Az útsűrűség hatása térbeli elhelyezés szerint. a) szabályos helyzet. b) nyiladékok síkvidéken. c) erdőterület több tagban. d) szabálytalan hálózat hegyvidéken (KENNEL H. SZERINT)

jük a terület súlypontjába, azaz egyoldali közelítésnél a két út távolságának felébe, kétoldali közelítésnél negyedébe, úgy, ha a közelítési irányszöge α

$$x_1 = \frac{a}{2 \sin \alpha} \quad \text{és} \quad x_2 = \frac{a}{4 \sin \alpha}$$

Egy-, illetve kétoldali közelítés esetén a számításba vehető távolság megállapításánál a közelítési távolságot módosító tényezőt, azaz a $0,5 \cdot \sin \alpha$ -t, illetve $0,25 \cdot \sin \alpha$ -t az útsűrűség módosító tényezővel egybefoglaljuk. Így

$$x_k = a \cdot \eta_{1,2} \quad (5-2)$$

A módosító tényező tapasztalati értékeit fő terepalakulatonként az 5.38-III. táblázatban foglaltuk össze.

A továbbiakban vizsgáljuk meg, hogy a közelítés szempontjából mi a legkedvezőbb útsűrűség.

A közelítés mindig a viszonylag legköltségesebb anyagmozgatási szakasz, tehát mértéke – távolsága – a legkisebbre csökkentendő. Ez csak az úthálózat sűrítésével érhető el. Az úthálózat sűrítésével azonban növekednek az út leírási és fenntartási költségei is. A kedvező útsűrűség ott van, ahol az úthálózat és a közelítés terhei egy m^3 mozgatott faanyagra vetítve legkisebbek.

A közelítés költsége, mint tudjuk, a távolsággal egyenes arányban áll, azaz

$$k [Ft/m^3] = r_1 + r_2 \cdot x_k$$

5.38-III. táblázat. Útsűrűség módosító tényezők

Módosító tényező	Terepalakulat		
	sík	domb	hegy
η_1	0,70	0,85	1,00
η_2	0,35	0,45	0,50

ahol a 3-10. sz. egyenlet szerint $r_1 = \frac{\ddot{u} \cdot \acute{a}}{60 \cdot q}$ és $r_2 = \frac{2 \ddot{u}}{q \cdot v}$. A közelítési távolság értéke behelyettesítve

$$k = r_1 + r_2 \cdot a \cdot \eta = r_1 + r_2 \cdot \eta \frac{10\,000}{l}.$$

Az út építési és fenntartási költségei nagy általánosságban arányosak az úthosszal, azaz ha u [Ft/m] az útépités és fenntartás fajlagos költsége, úgy

$$U[\text{Ft/ha}] = l \cdot u$$

Mivel a terület termelőképessége távlatban az átlag-növedék nagyságával N [m³/ha] vehető egyenlőnek, a ha-onkénti költséget távlati tervezés esetén erre kell vetíteni.

Az összes költségek ha-ra eső értéke az útépitési és közelítési költségek összegével vehető egyenlőnek, azaz

$$K[\text{Ft/ha}] = k[\text{Ft/m}^3] \cdot N[\text{m}^3/\text{ha}] + U[\text{Ft/ha}]$$

A szükséges behelyettesítést elvégezve:

$$K = r_1 + r_2 \cdot \eta \frac{10\,000}{l} N + l \cdot u$$

A legkedvezőbb útsűrűség a költségminimumnál adódik, tehát ott, ahol $\frac{dK}{dl} = 0$, azaz

$$\frac{dK}{dl} = -r_2 \cdot \eta \frac{10\,000}{l^2} \cdot N + u = 0, \text{ ahonnan}$$

$$l = 100 \left[\frac{N \cdot \eta \cdot r_2}{u} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5-3)$$

Az összefüggést az 5.38-4. ábrán analitikailag is láthatjuk. Az útépitési költségeket ábrázoló egyenes és a ha-onkénti közelítési költségeket ábrázoló hiperbola összegező görbéjének legalacsonyabb pontja a kedvező útsűrűség mértékszámja.

Példa. Egy síkvidéki erdőszetben kell úthálózatot létesíteni. A fafaj nemesnyár, átlag-növedék 20 m³/ha. A közelítés fogatos vonszolással történik, egy lóval, melynek egyenlete az időmérések alapján: $I[\text{p/m}^3] = 0,33s_k + 6,70$. Egylovas munkánál egy űó. költsége 16 Ft. Az út építési költsége 150 [Ft/m], fenntartása 5 [Ft/m] az értékesökkenési leírás 2%. A módosító tényező (η_2) kétoldali közelítést és sík terepet figyelembe véve 0,35. Mekkora útsűrűséggel számoljunk?

Egy űó. 16 Ft, akkor egy ű. perc $\frac{16}{60} = 0,266$ Ft

$$k[\text{Ft/m}^3] = (0,33 s_k + 6,70) \cdot 0,266 = 0,088 s_k + 1,78$$

$$u[\text{Ft/m}^3] = 150 \cdot 0,02 + 5,00 = 3,00 \text{ Ft/m}$$

$$l[\text{m/ha}] = 100 \left[\frac{20 \cdot 0,35 \cdot 0,088}{3,00} \right]^{\frac{1}{2}} = 45,3[\text{m/ha}]$$

Az üzem kiterjedése a közelítési munka gépesítése tekintetében döntő. Bizonyos gépek (pl. vontató) gazdaságos alkalmazásának feltétele bizonyos munkamennyiség. Ha az üzem kicsi, területileg szétszórt, vagy a gép áll kihasznál-

lanul, vagy az ide-oda való felvonulás okoz költséget. Mezőgazdasági területek közé ékelt kisebb erdőkben még hosszú ideig gazdaságos lesz a fogatos közelítés, mert a takarmányozási lehetőség is kedvezőbb.

Az iparvidékeken jelentkező munkaerőhiány a gépesítést szorgalmazza, még akkor is, ha a költségek magasabbak.

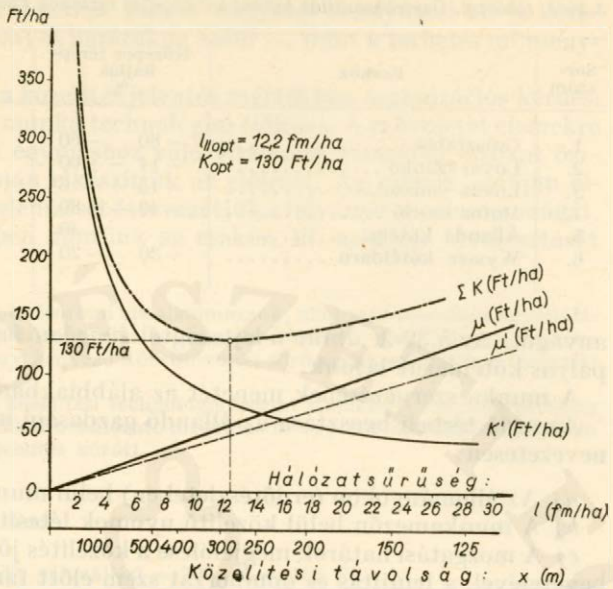
5.39 Közelítési munkák szervezési kérdései

A közelítési munkák helyes kialakításának alapja, hogy a jellemzőknek megfelelő eszközt válasszuk ki, illetve a jellemzőket – amennyiben módunkban áll – az eszközzel összhangban alakítsuk ki (pl. választékolás, útsűrűség, anyagkoncentráció).

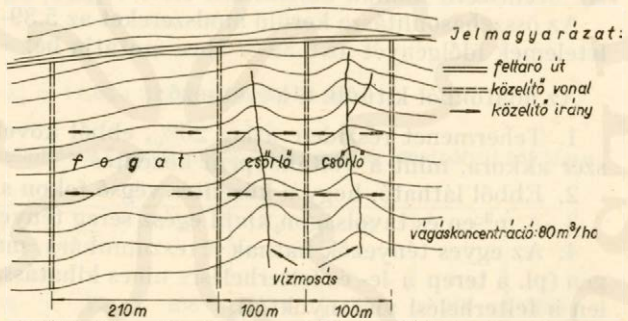
Az erdő térbeli beosztását a közelítési módszer figyelembevételével kell lerögzíteni. Egy erdőrészleten belül lehetőleg egyféle technológiával dolgozunk. Ehhez az kell, hogy egy erdőrészletbe azonos jellemzőkkel rendelkező területet soroljunk be. Ha a jellemzők eltérőek, a határt úgy kell megválasztani, hogy a két módszer egymást ne zavarja.

Az ilyen kombinált munkára az 5.39-1. és 2. ábrán mutatunk be példát.

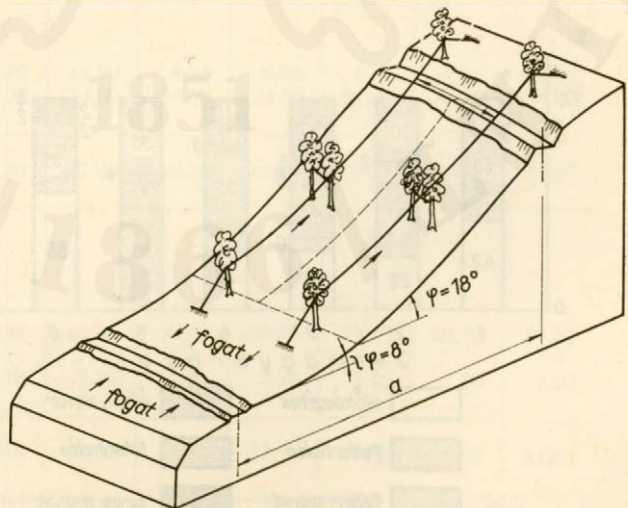
Az 5.39-1. ábrán egy útba torkolló közelítő nyomrendszer látható. Az egyenletes terepről fogattal, a két vízmosásból csörklővel közelítjük ki az



5.38-4. ábra. Legkedvezőbb útsűrűséget befolyásoló tényezők szintézis-diagramja



5.39-1. ábra. Fogatos és vontatós közelítés kombinációja



5.39-2. ábra. Kötélpálya és fogat kombinációja hegyoldalban 615

Sor-szám	Eszköz	Közepes terep-hajlás %	Közepes távolság m	Közepes terhelés m ³
1.	Csúsztatás	- 80 - 60	74	0,50
2.	Lovas számkó	- 11 - + 60	260	1,20
3.	Lovas vonszolás	- 15 + - 6	100	0,54
4.	Motor csörlő	+ 40 - + 80	40	0,84
5.	Állandó kötélp.	- 40	771	1,22
6.	Wyssen kötélदार	- 30 - - 20	340	1,37

anyagot. Az 5.39-2. ábrán a lejtzögtől függően fogatos vonszolást és rövid pályás kötélदारut látunk.

A munka szervezésének menetét az alábbiakban foglalhatjuk össze:

Az erdő térbeli beosztása az állandó gazdasági intézkedések keretein belül, nevezetesen:

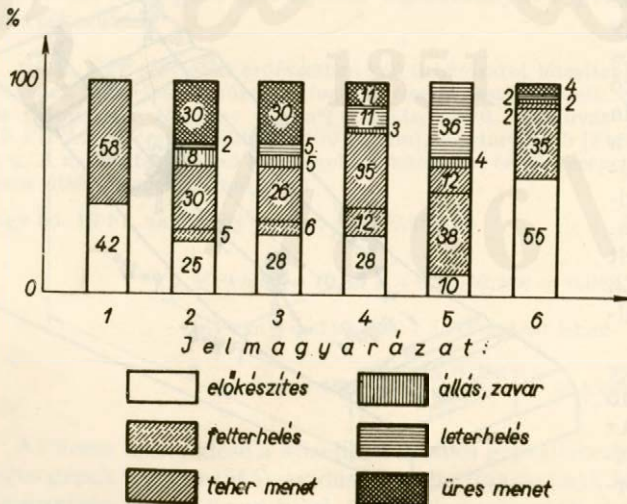
- a) Az állományokon (erdőrészeteken) belül munkamezők kialakítása.
- b) A munkamezőn belül közelítő nyomok létesítése.
- c) A mozgatási határok megjelölése a közelítés jövőbeli irányának figyelembevételével, a felújítás és domborzat szem előtt tartásával.

A közelítő eszközök megválasztásához természetüket kell megismernünk. Az üzemszerű munka kialakítása előtt végezzünk teljesítményvizsgálatokat.

Az összehasonlításra kerülő módszereket az 5.39-I. táblázat, az egyes műveletelemek időigényét az 5.39-3. ábra mutatja be.

Az adatokból kitűnik a következő:

- 1. Tehermenet részideje átlag 20%, ebből következőleg az üzemidő négyszer akkora, mint a voltaképpeni közelítés.
- 2. Ebből látható, hogy a közelítés végső fokon szervezési kérdés.
- 3. A m³-en és távolságon kívül egész sereg tényező közbeszól.
- 4. Az egyes tényezők hatnak a részmunkára, mások nem, vagy csak gyengén (pl. a terep a le- és felterhelésre nincs kihatással, az üresjáratidő független a felterhelési viszonyoktól).



5.39-3. ábra. Közelítési módszerek összehasonlító elemzése (Soom szerint)

5. A közelített anyag darabszáma sokkal nagyobb befolyással bír a közelítési időszükségletre -- bizonyos határokon belül --, mint a terhelés m^3 mennyisége.

A példából kitűnik, hogy a közelítés jelentős mértékben organizációs kérdés. Az organizáció első lépése a munka technológiai előírása. A művelet elemekre bontjuk és az egyes elemek egymáshoz való viszonyát vizsgálva, azokat összehangoljuk és ennek alapján elkészítjük az előírást. Az előírás alapján elkészítjük a művelet költségelemzését és levezetjük a folyamat gazdaságosságát. A vizsgálat eredményeképpen döntünk az eszköz, ill. módszer kiválasztását illetően.

Példa. A kötélpályás közelítést elsősorban ott alkalmazzuk, ahol más megoldás egyáltalában nem, vagy már szemmel láthatólag magas költséggel valósítható meg. Nagyon gyakran szembe lehet azonban állítani egy kedvező közelítővonal-sűrűséggel egybekötve tervezett más közelítési móddal is.

Példánkban választani kell a közelítési technológia szerint kialakított 120 m-es távolság alapulvételével közelítő nyomokkal behálózott megoldás és egy 600 m vetületi hosszban felállított kötélpályával való közelítés között.

Költségek alakulása:

a) *Kötélpálya alkalmazása esetén:*

A pálya hossza, $L = 300$ m

Fel- és leszerelés költsége, $K[\text{Ft}/\text{pályaállás}] = 200 + L = 500$ Ft.

Előkölés, $k_1'[\text{Ft}/m^3] = 3,44 + 0,63 s_k$

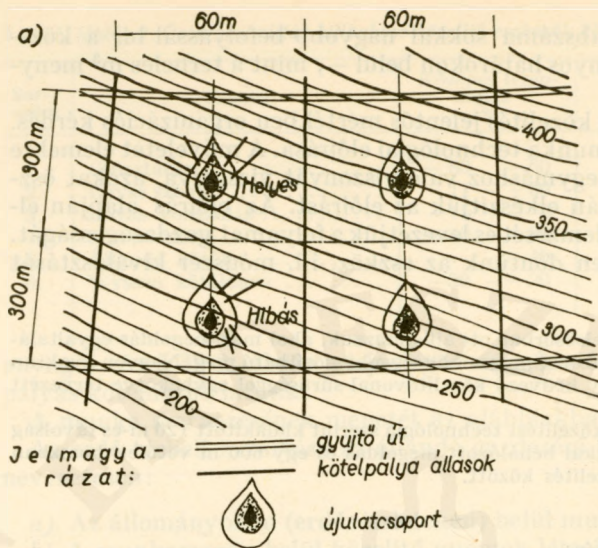
Közelítés, $k_2'[\text{Ft}/m^3] = 0,052 Z + 13,40$,

ahol $s_k = \frac{60}{4} = 15$ és $Z = \frac{L}{2} = 150$ m

$$k' = k_1' + k_2' = 12,84 + 21,20 = 34,04 \text{ Ft}/m^3$$

5.39-II. táblázat. Összehasonlító számítások közelítő nyomok telepítése és rövidpályás kötélदारu között

Növedék m^3/ha	1	2	3	4	5	6	7
10 évente a használat 3,6 ha-ra (m^3)	36	72	108	144	180	216	252
1. Kötélpálya alkalmazása Fel- és leszerelés 1000 Ft/p. állás (Ft/m^3) Üzemköltség (Ft/m^3) ..	27,80 34,00	13,99 34,00	9,25 34,00	6,95 34,00	5,55 34,00	4,62 34,00	3,97 34,00
Összesen: Ft/m^3	61,80	47,90	43,25	40,95	39,55	38,62	37,97
2. Közelítő vonalak esetén 3,6 ha-ra 42 fm/ha = = 152 fm à 29 Ft/fm = 4400 Ft esik (Ft/m^3) Közelítés költségek az útig: Ft/m^3	122,00 7,10	61,20 7,10	40,10 7,10	30,60 7,10	24,40 7,10	20,40 7,10	17,50 7,10
Összesen: Ft/m^3	129,10	68,30	47,20	37,70	31,50	27,50	24,60
	Kötélpálya		←	→	Közelítő vonalak és vontató		



b) Közéltő nyomok és vontató alkalmazása esetén

Közéltő nyomok költsége: 25[Ft/m³]

Évi fenntartás: 4[Ft/m³]

Közéltő nyomok távolsága a kialakított módszer szerint: 120 m

Közéltítés m³-enként, $k[\text{Ft/m}^3] = 0,183 s_k + 1,68$

$$s_k = \frac{120}{4} = 30 \text{ m}$$

$$k = 7,10 \text{ Ft/m}^3$$

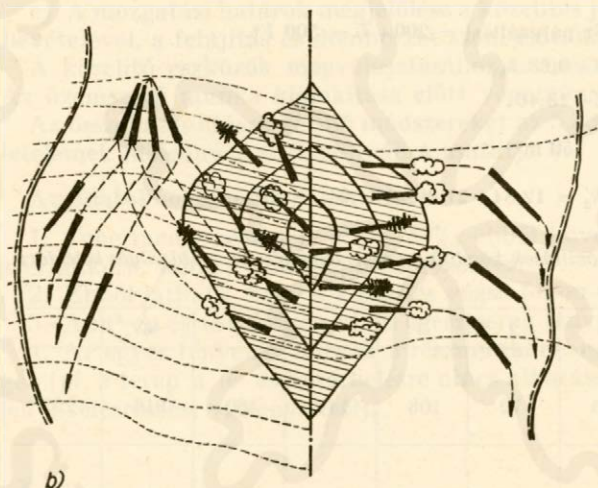
Az 5.39-4. ábra szerint elhelyezkedő erdőt feltárva, melynek vetületi hossza: 600m, a daru 60 m széles sávot 2 állással tesz hozzáférhetővé, azaz vonalanként 600·60=3,6 ha-t. A fel- és leszerelés költségét így kétszer kell számításhoz venni.

$$l[\text{fm/ha}] = \frac{10\,000}{a} \cdot \eta = \frac{10\,000}{120} \cdot 0,5 = 42 \text{ fm/ha}$$

Az 5.39-II. táblázatban összehasonlítjuk a két megoldást különböző átlagnövedék mellett, arra az esetre, ha a használat 10 évente tér vissza ugyanarra a helyre.

Mint azt a két megoldás összesítő számsoraiból látjuk, 3 m³/ha növedékig a kötélpályával olcsóbb egy m³ anyagmozgatása, mint közéltőnyomon közlekedő vontató csőr-lőjével összevonszolva.

A közéltőnyomok sűrűsége: 42 fm/ha. Ez természetesen csak addig érvényes, ameddig a technikai feltételek a kötélpálya és a vontató részére egyaránt megvannak.



5.39-4. ábra. Közéltési módszerek kiválasztása gazdaságosság alapján. a) Kötélpálya vonalak elhelyezése. b) Törzsek kivontatása vontatóval közéltő nyomokra

5.4 A rakodás és az erdei rakodók

5.41 Alapfogalmak

A rakodás az erdészeti szállítás fontos járulékos művelete. A nagy terjedelmű, nehéz faanyag járműre rakása balesetveszélyes nehéz testi munka. A rakodás kapcsolja össze ezenfelül a szállítási lánc tagjait és befolyásolja a szállítási teljesítményt, ebből kifolyólag a gazdaságosság alakulását.

A szállítási teljesítmény egyenletében szereplő a [perc] állásidő jelentős része is a rakodási várakozásból ered és a szállítóeszköz hatékonysági határa is jórészt a rakodási időszükséglettől függ (lásd 3.4. fejezet).

Az erdészeti anyagmozgatás technikája nem teszi lehetővé, hogy az átrakást teljesen kiküszöböljük. Ezért arra kell törekedni, hogy minél kevesebbszer

legyen rá szükség, és rakodóhelyeinket úgy alakítsuk ki, hogy az egyéb követelmények kielégítése mellett az anyagmozgatásnak ez a szakasza is a legkisebb energiát emésze fel.

A rakodási munkák elvégzésére kialakított helyet rakodónak nevezzük. A rakodók feladata ezenfelül még:

a) Az egyes mozgatási szakaszokon működő berendezések teljesítménykülönbségének, időjárásból vagy üzemi okokból származó kiesésének következtében felgyülemelő faanyag tárolása hosszabb-rövidebb ideig.

b) Osztályozási, továbbá dolgozási lehetőségek biztosítása.

Megkülönböztetünk:

1. Felső rakodókat, melyeket a közelítés és kiszállítás szakaszai közé iktatunk. Ezek fatermesztésre kijelölt területet foglalnak el ideiglenesen.

2. Közbenő rakodókat, melyek a kiszállítás és szállítás szakaszait kapcsolják össze. Területüket a fatermesztésből végképp kivonjuk.

3. Közforgalmú vagy alsó rakodókat, melyek a közforgalmú szállítóberendezésekhez való csatlakozásnál létesülnek (MÁV R., uszály R.).

Oldalrakodókról beszélünk, ha a rakodó szintje a terhelésre kerülő jármű rakfelületével gyakorlatilag egy szintben van. (Elméletileg a jármű rugójátéka miatt ez alig lehetséges.) Minden olyan rakodó, melynek szintje a terhelésre kerülő jármű szintjénél magasabban van, magasrakodó.

A rakodási munkák megkönnyítésére szolgáló eszközöket és gépeket rakodóeszközöknek, illetve rakodógépeknek nevezzük.

5.42 A rakodók kialakítása

1. A tárolóhelyeket úgy válasszuk ki, hogy az anyagot mindig felülről lefelé mozgathassuk.

2. A tárolóhelyet ne méretezzük túl szélesre. A széles rakodón a rakodón belüli anyagmozgatás sok energiát emészt fel.

3. Gondoskodjunk arról, hogy a csatlakozó szállítóberendezések, jórészt egymástól függetlenül, ki- és bejárhassanak.

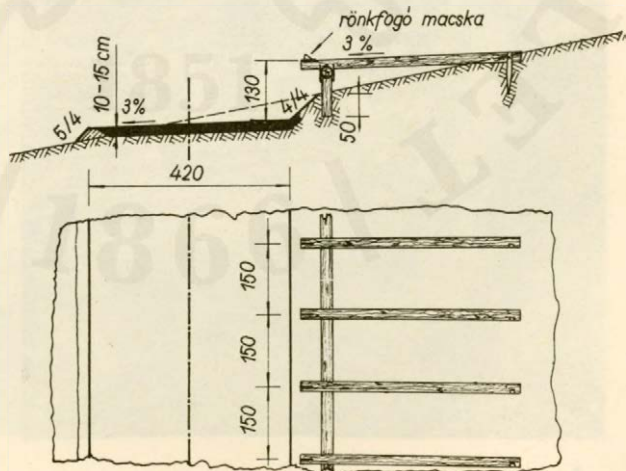
4. Ha a rakodón belül emelőmunka szükséges, ennek megkönnyítésére lássuk el a rakodót alkalmas technikai eszközökkel.

A belső anyagmozgatásra igen alkalmas eszköz a capin, nagyobb mélységű rakodókon az áthelyezhető repülővágány.

5. A nagyobb rakodókat főleg vasúti szállítás esetén oldal- vagy magasrakodóponkkal lássuk el.

A jármű pályáját a magasabb rakodószintről fából, kőből esetleg betontól vagy vasbetonlemezről készült ponkkal választjuk el.

A rakodóponk magassága: tehergépkocsi esetén 1,20–1,40 m. Erdei vasúti kocsiknál: 0,67–0,85 m, szabvány nyomtávú vasútnál (sínkورونا felett) 1,12 m.



5.42-1. ábra. Fából készült egyszerű rakodóponk

Homlokrakodó a jármű hátulról és nem oldalról való berakására kialakított ponk.

Rakodórámpa a jármű oldalmagasságának megfelelően kialakított lejtős feljáró.

A rakodók nagysága és alakja. A rakodók nagyságát a tárolandó famennyiség és a rakodón végrehajtandó osztályozási és esetleg átdolgozási művelet szabja meg, emellett bizonyos hatással van rá a rakodó alakja is.

Elvként kimondhatjuk, hogy a hosszú keskeny rakterület az ideális, mert ennél kell a legkevesebb belső rakodói anyagmozgatást végezni. Éppen ezért, minél keskenyebb a rakodó, annál kevesebb helyet kell hagyni belső anyagmozgatási utakra, vagyis annál kevesebb terület szükséges.

Egy m^3 ipari fa tárolására a kellő biztonságot figyelembe véve 1,7–2,0 m^2 terület szükséges. Tűzifa részére tömör m^3 -enként 1–1,2 m^2 -t kell számítani. Ha az ipari fa osztályozását a rakodón végezzük, a szükséges területet 2,2–2,5 m^2 -ben kell megállapítani. Ebbe a területbe a belső anyagmozgatáshoz szükséges szabadterületek és az elkülönítő hézagok bele vannak számítva, míg a hozzávivő és eljáró utak részére, az így kiszámított terület 25–35%-át kell hozzáadni.

A rakodókon a rövid választékot, tűzifát rakásolni, sarangolni szokás. Így alakítjuk ki a tűzifa rakatokat, sarangokat. A hengeres, hosszú választékot máglyázzuk. A máglyák rézsűje a 35–40°-ot ne lépje túl. A megbontott oldalt ennél kisebb lejtésűre hagyjuk. Elmozdulás ellen a megbontott máglyát ácskapoccsal kell biztosítani.

A rakodókat az anyag mozgásának irányában 1–3%-os lejtéssel képezük ki. Ez az anyag mozgatását is megkönnyíti és a rakodó víztelenítését is biztosítja.

Az erdőgazdasági gyakorlat előszeretettel alakítja ki a rakodókat a feltáróút hosszában. Így keskeny és hosszú rakodósávot biztosít. Ahol szükséges, egyszerű rakodóponkokat alakítunk ki (5. 42-1. és a 2.62-3. ábrák).

A nagyobb, összevont rakodók kialakítása csak ott indokolt, ahol a rakodón további átalakítást is végzünk (darabolás, hasítás, kérgezés, kötegelés) és ennek gazdaságos gépesítése érdekében nagyobb anyagkoncentráció kívánatos.

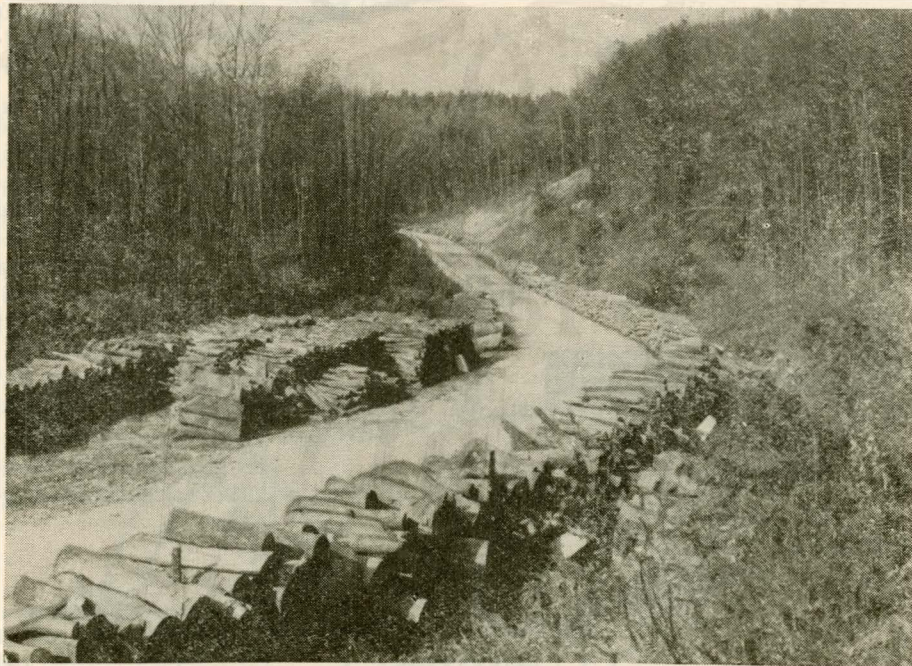
Az út mellett rakásolt, ill. máglyázott anyagot az 5.42-2a és b ábrákon mutatjuk be.



a

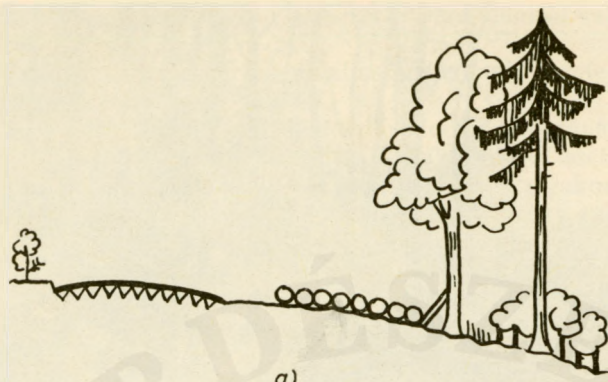


b

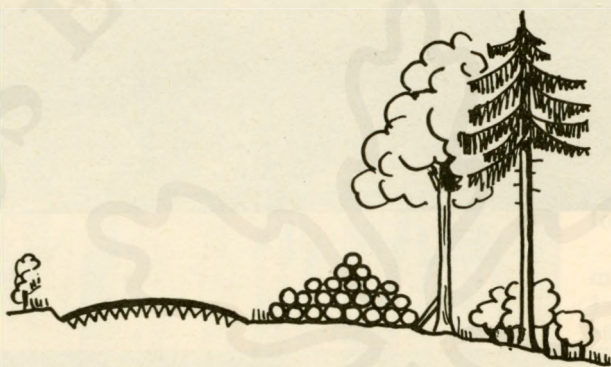


c

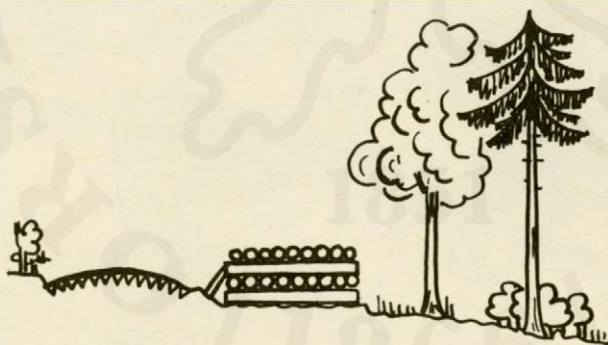
5.42-2. ábra. Feltárási út mellett rakásolt tűzifa (b és c)



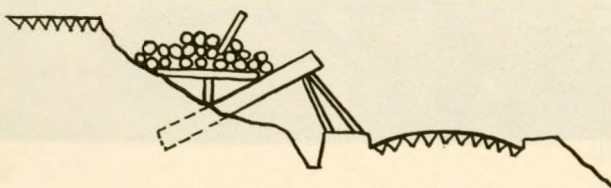
a)



b)



c)



d)

A máglyák kialakítása az 5.42-3a, b, c, d ábrák szerint végezhető el. A gépi munka megkönnyítése érdekében az egyes rétegek közé rúdanyagot vagy más vékony választékot helyezünk el, hogy a rakodógép kötélét átbúj-tathassuk.

A máglyázás költségei a rétegek számával növekednek. A második réteg máglyázási költsége 2-szer, a harmadiké 3-szor és így tovább, az n-ediké n-szer akkora, mint az elsőé. Így azután 2–3 rétegnél magasabb máglyát ne készítsünk. A tűzifa rakásolási magassága 2 m legyen.

A hosszabb ideig tárolt anyagot ászkrokra kell felhelyezni. Az ászokfa alátámasztására csonkagúla alakú beton alátétet alkalmazhatunk (5.42-4. ábra).

A rakodói rendet elő kell írni és betartani. A rakodóra szabályszerűen közelített anyag a rakodó kezelési költségeit megtakarítja és a járművek akár kézi, akár gépi felterhelését megkönnyíti. A közelítésnél ebből előálló többletköltség csak 1/3-a a rakodásnál ezzel megtakarított munkabérnek és gépköltségnek.

5.42-3. ábra. Egyrétegű máglya (a). Többretegű máglya (b). Rétegek elválasztása gépi rakodáshoz (c). Feltárolót mellett magasan máglyázott hosszúfa (d)

Rá kell mutatnunk arra, hogy a rakodóhelyek egyszerű átalakításával néha igen jelentős megtakarítások érhetők el.

5.43 A rakodási munka eszközei és végrehajtása

A fának vontató pótkocsira, tehérgépkocsira vagy vagonba való felterhelése a következő módszerekkel történhet:

a) *Emberi erővel.*

1. Karos munkával, esetleg kötéllel,

magas vagy oldalrakodóról.

2. Kézzel működtetett rakodó szerkezetekkel

b) *Állati erővel.*

c) *Gépi erővel.*

1. Önrakodó berendezések;

Oldalrakodó csörlők;

emelőkarok;

daruk;

homlokrakodó csörlők.

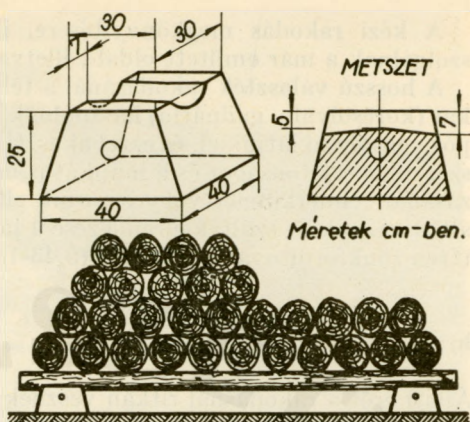
2. Önálló rakodógépek:

daruk (autódaruk, telepi daruk);

csörlők;

transzportőrök és elevátorok;

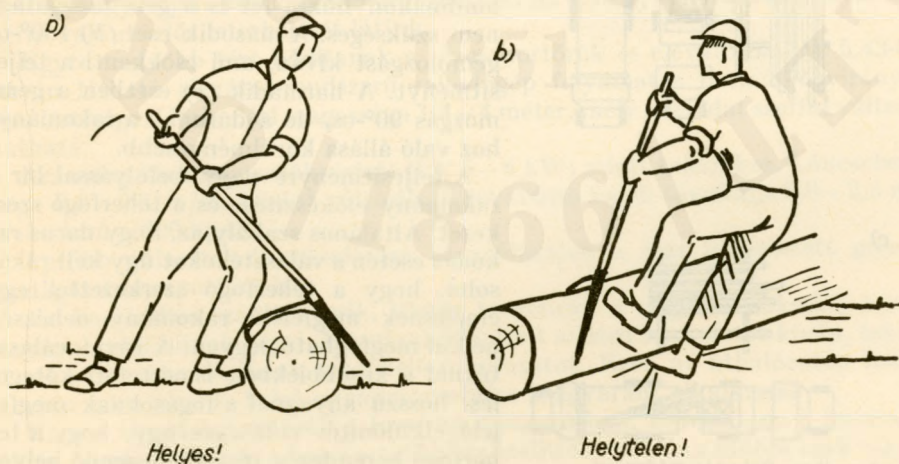
emelővillás targoncák.



5.42-4. ábra. Csonkagúla alakú beton alátét

a) Felterhelés emberi erővel

A karos felterhelő munka még általánosnak mondható, noha a kézi rakodásban foglalkoztatott dolgozók percenkénti kalóriaafogyasztása 10 Kal szemben a gépi rakodásnál fogyasztott 5 Kal-val.



5.43-1. ábra. Kézi anyagmozgatás rönkfördítővel: a) helyes, b) helytelen

A kézi rakodás megkönnyítésére, illetve az emelőmunka csökkentésére szolgálnak a már említett oldal-, illetve magasrakodók.

A hosszú választék rakodásánál a teherkoci oldalához támasztott londonákat (korcsolyafa, gadnárfa) használnak. Jó, ha ezeknek a fáknek a végét kampos vasalással látjuk el, és ezzel akasztjuk a jármű oldalára. Ez növeli a kicsúszás elleni biztonságot és a munkát is megkönnyíti. A nagyobb rönkök felhúzásánál kenderkötelet vagy a jármű ellenkező oldalán elhelyezett kézi csörlőt alkalmaznak. A szálfák elrendezése a jármű rakfelületén capinnal, a rakodótéren rönkfordítóval történik (5.43-1a és b ábra).

b) Felterhelés állati erővel

Állati erőt a rakodásnál ritkán vesznek igénybe. Alkalmazásuk csörlő helyett történhet, midőn a rönköt felhúzó sodronykötelet a fogattal húzzatjuk.

c) Felterhelés gépi erővel

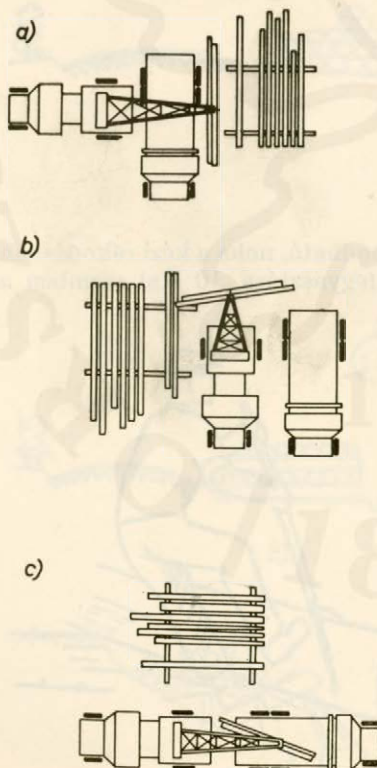
A rakodási munkák gépesítése az erdészeti szállítás súlyponti feladata. A 2.221. pontban ismertettük a járművek tartozékát képző önrakodó berendezéseket. Itt csak az önálló rakodógépekkel fogunk foglalkozni.

Daruk. Két csoportra oszthatók: autódaruk és telepi daruk. Az autódaruk egyik rakodóról a másikra rövid idő alatt átvonulhatnak, így a kihasználásuk biztosított. Telepi, helyhez kötött daruk főleg nagyobb rakodási feladatok megoldásánál jöhetnek szóba. Az autódaruk, ha a rakomány jól elő van készítve és a feladat elég nagy, igen gazdaságosan alkalmazhatók.

A hosszú fa rakodása velük az 5.43-2. ábrán bemutatott háromféle módszerrel történhet. A módszerek közötti választást a helyi körülmények és a daru gémhossza szabja meg.

Az első esetben (a) a daru az anyagot londonákon húzza fel és a gém mozgatása nem szükséges. A második eset (b) 180°-os gémmozgást kíván, ami csökkenti a teljesítményt. A harmadik (c) esetben a gémmozgás 90°-os, de a darunak a rakományhoz való állása körülményesebb.

A teljesítményre nagy befolyással bír a rakomány előkészítése és a teherfogó szerkezet. Általános szabály az, hogy darus rakodás esetén a választékokat úgy kell rakásolni, hogy a teherfogó szerkezettel egy emelésnek megfelelő rakomány nehézség nélkül megfogható legyen. A rövid választéknál a későbbiekben ismertetett kötegelés, hosszú anyagnál a fogásoknak megfelelő elkülönítés szükséges úgy, hogy a teherfogó berendezés részére elegendő helyet biztosítsunk.



5.43-2. ábra. Rakodás módszerei autódaruvál



5.43-3. ábra. Teheremelő horog

A daruk teherfogó szerkezeteit általában a teheremelő horogra erősítik, (5.43-3. ábra).

A nyitott horgokat a teherfogó kiakadása ellen különböző biztosítókkal szokás ellátni. A terhet egyszerű kötéluhokkal vagy, hosszúfa esetén, emelőjáromra erősített hurkokkal, ill. láncsal fogjuk meg.

A hurkok helyett használhatunk emelőjáromra szerelt rönkfogó ollókat is (5.43-4. ábra).

Az erdőszetben használt autódaruk emelőképessége 5 tonnáig terjedhet, mely a gémkinyúlás növelésével erősen csökken. A teherbírás leereszthető támasztótalpakkal növelhető. Az 5.43-6. ábrán az erdőgazdaságnál is használt Panther autódarur terhelését mutatjuk be, a gémkinyúlás függvényében.

A telesi daruk, az acélkereten mozgó portáldaruk és a kábeldaru. Az utóbbival igen nagy távolságok hidalhatók át (5.43-6. ábra).

Nagyobb telepeken a teherautóról vagy pótkocsiról történő leterhelést beépített vagy önjáró csörlőkkel is végezhetjük. Az 5.43-9. ábrán szálfa daraboló terere való csörlős leterhelését látjuk.

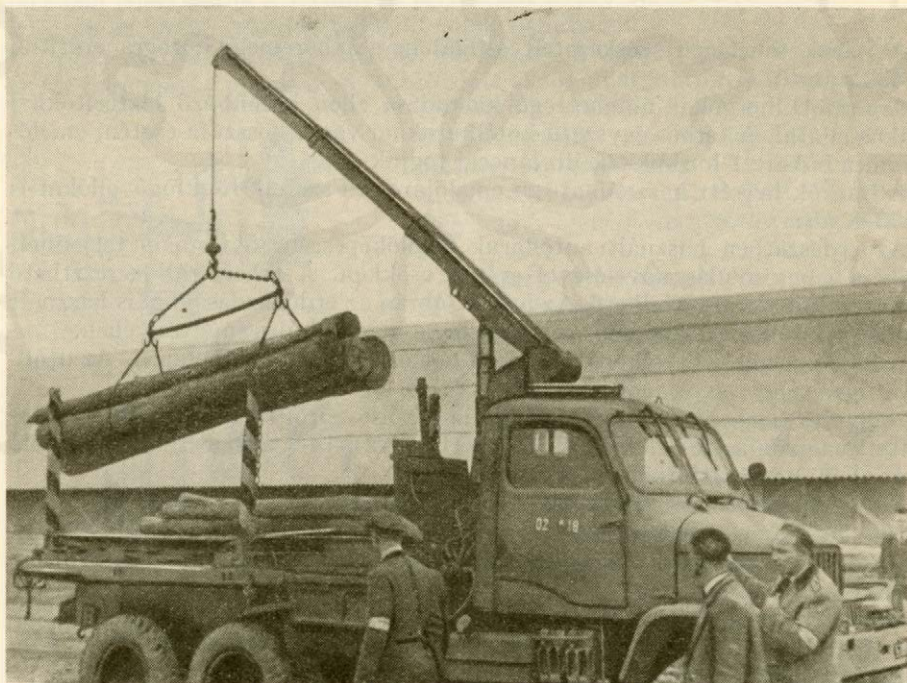
Egyre nagyobb tért hódítanak a transzportörök és elevátorok. Az 5.43-8. ábrán látható elevátor-rendszerű rakodógép folyamatos üzemű, egyirányú emelést végez. Rakodási magassága 1,3–4 méter, mely a feladat szerint változtatható.

Aránylag kis energiaszükséglete (kb. 5–6 kW) miatt takarékos. Láncsebesége 0,2–0,3 m/sec között változik. A továbbító fogak távolsága 2,0–2,5 m. Teherbírása 800 kp/db.

Apróbb választékok rakodására használhatjuk a már ismertett gumi-szalagos transzportőrt is.

Az emelővillás szállító kocsi, illetve targoncák a nagyobb rakodók belső anyagmozgatásának gépei. Mozgásuk kiépített szilárd burkolatot kíván, tehát a rakodói technológiának megfelelő úthálózatot. Ezen az úthálózaton belül azután rakodásra és belső anyagmozgatásra is egyaránt alkalmasak.

Három típust használunk a faanyag mozgatásban, nevezetesen a homlok-villás, az oldalvillás és a belső emelővillás szállító kocsi. (Az utóbbi csak rakodói mozgatásra alkalmas, terhelésre nem!)



5.43-4. ábra. Teheremelő járom rönkfogó ollókkal

A homlokvillás targoncák benzin és gázolaj üzemmel egészen 20 Mp teherbírásig készülnek. A villával a teher alá járnak és a villát hidraulikus úton a kívánt magasságig emelik. A legnagyobb emelőmagasság 4–6 m-ig terjedhet. Az egy terhelésre felveendő rakományokat egymástól a villának megfelelő vastagságú ászokkal választjuk el, így egy-egy fogást könnyen elvégez a targonca.

Az oldalvillás szállító-
kocsi villáját hidraulikus
úton tolja az előbbihez ha-
sonlóan előkészített rako-
mány alá. A megfelelő
magasságig felemelt ter-
het azután rakfelületére
emeli be. Teherbírása nö-
velésére támasztótalpak-
kal van ellátva (5.43-9.
ábra). Igen jó eredmé-
nyel alkalmazzák fűrész-
áru rakodására és mág-
lyázására.

A belső emelővillás ko-
csi a rakományt maga alá
fogja és a rakodón moz-
gatja. Csak belső anyag-
mozgatásra alkalmas.

A rakodógépek lehet-
nek szakaszos vagy foly-
tonos üzeműek. A szaka-
szos üzemű gép teljesít-
ménye a következő egyen-
lettel fejezhető ki:

$$M[m^3/\acute{o}] = q \frac{3600}{T} \cdot \eta$$

ahol T egy rakodási mű-
velet teljes ciklusideje
mp-ben;

q a művelet alatt be-
rakott mennyiség m^3 -ben;

η a kihasználási té-
nyező (0,8–0,9).

$$T = t_d + t_k + \frac{2h_f}{v_f} + \frac{2h_1}{v_1} +$$

$$+ \frac{e}{v_2} + \frac{e}{v_3} + \dots \text{ és így to-}$$

vább a rakodás közben
végzett műveletek ideje.
ahol a t_d és t_k a be- és ki-
rakás (anyagfelvétel, ürít-
és) ideje mp-ben;

h_f és h_1 a teheremelési, ill. lebecsátási magasság [m];

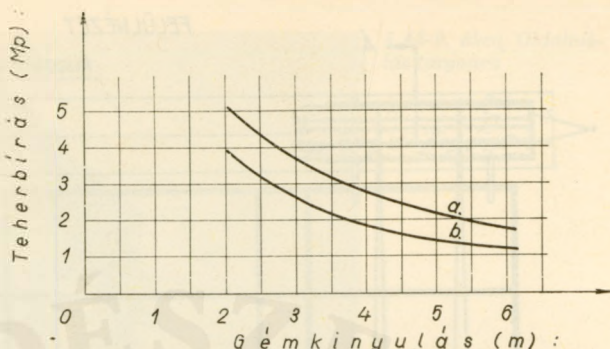
v_f és v_1 a teheremelési, ill. lebecsátási sebesség [m/sec];

l a vízszintes mozgási távolság [m];

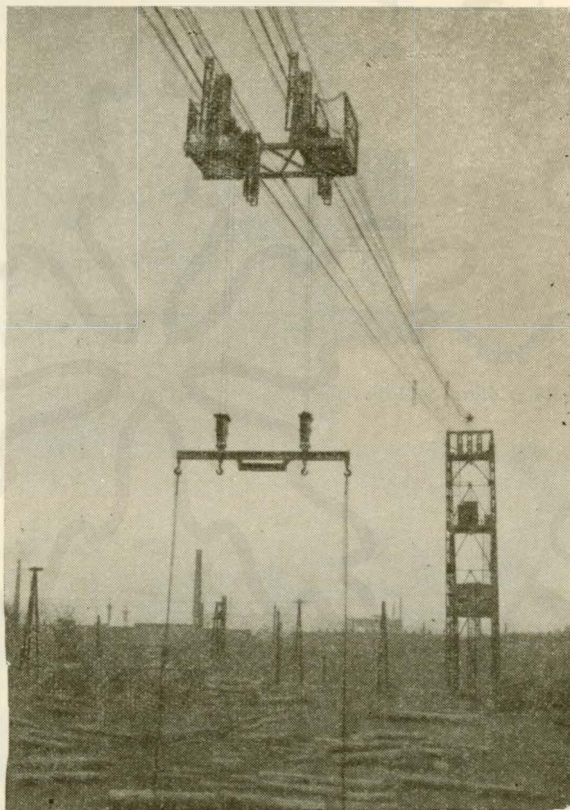
v a vízszintes mozgási sebesség [m/sec].

A folytonos üzemű rakodógép teljesítményét a következő módon számítjuk

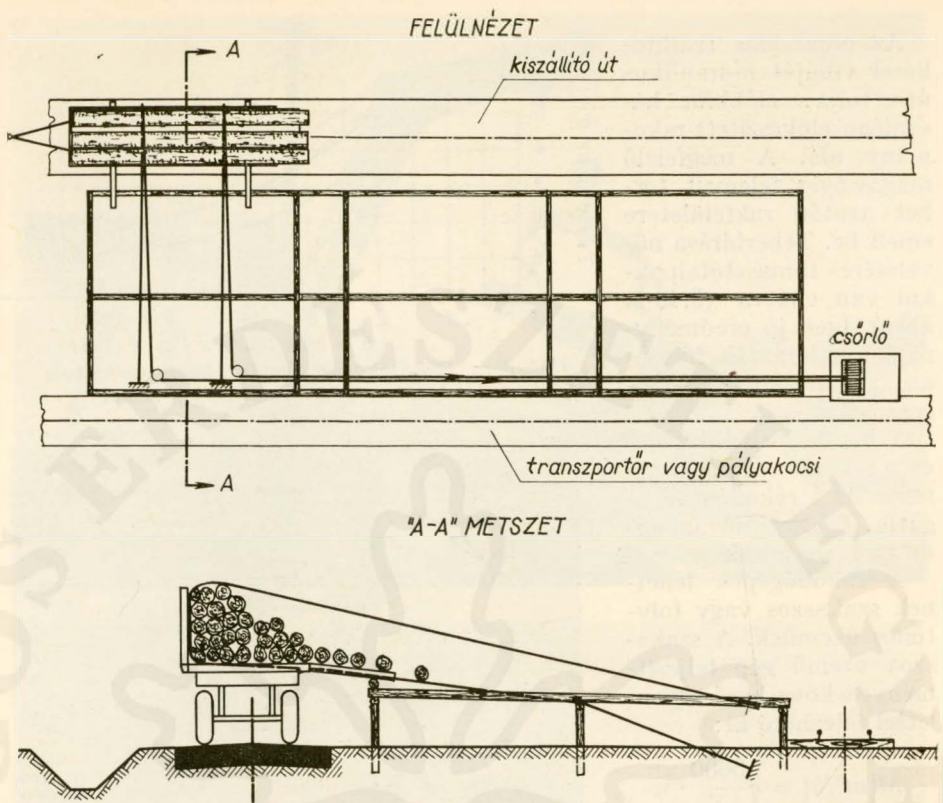
$$M[m^3/\acute{o}] = \frac{3600v}{a} \cdot q,$$



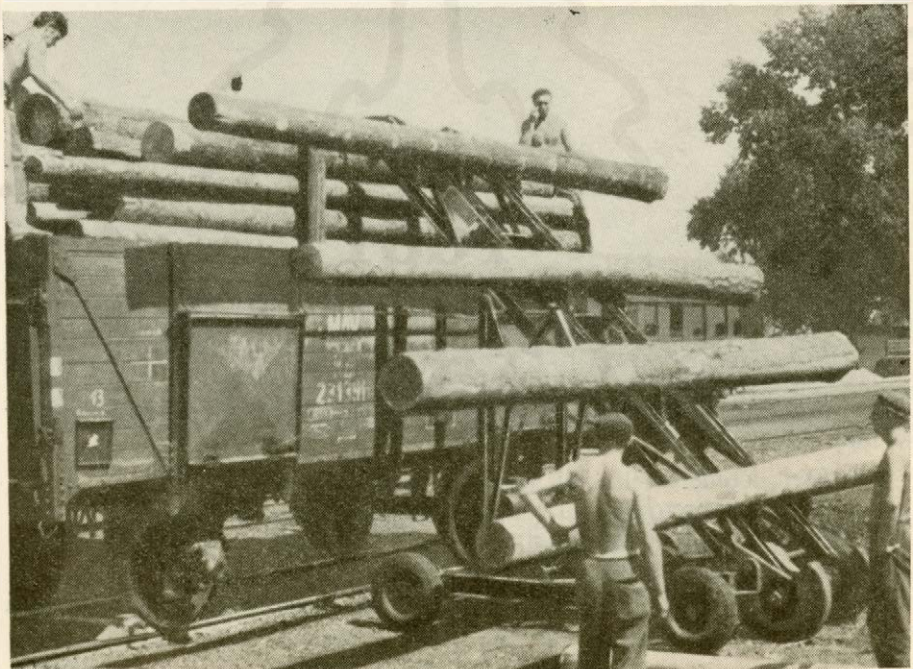
5.43-5. ábra. Daruterhelés a gémkinyúlás függvényében.
a) Támasztótalpakkal. b) Támasztótalpak nélkül



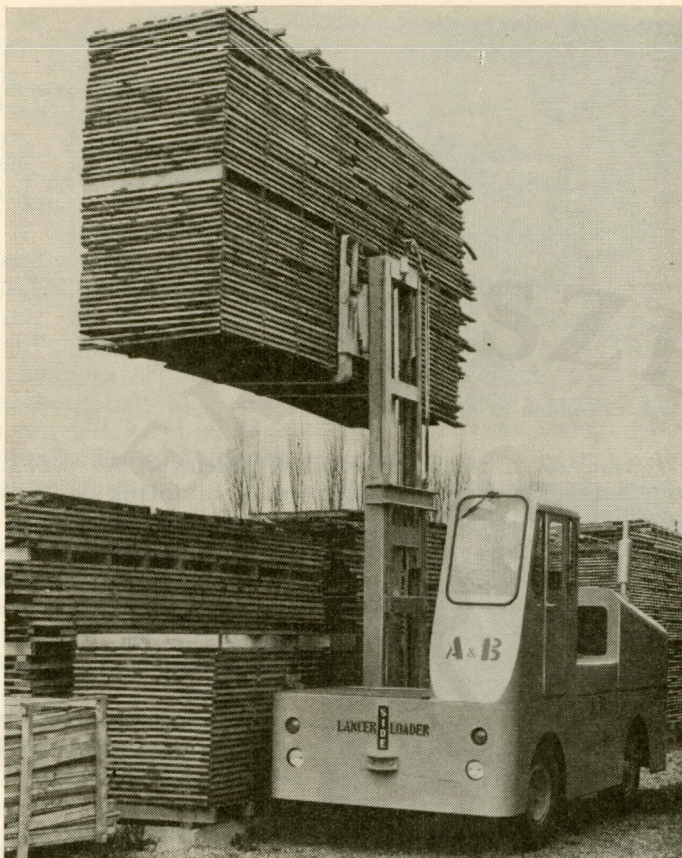
5.43-6. ábra. Telepi kábeldaru (Ládi Fűrészüzem. Tervező:
Erdészeti Szállítástani Tanszék)



5.43-7. ábra. Szálfák leterhelése daraboló térre csőről



628 5.43-8. ábra Radó-féle vagonrakódó elevátor



ahol a [m] a rakott darabok távolsága a szállítóláncon;
 v [m/sec] a láncsebesség;
 q [m³] a darabterfogat.

Példák. 1. Autódaru rakodási teljesítményét vizsgáljuk az 5.43-2b ábrán feltüntetett módszer szerint. Alapadatok:

Gémkinyúlás: 4,60 m
 Emelőmagasság: 4,80 – 1,60 = 3,20 m
 Terhelés: 1m³
 Emelősebesség: 0,2 m/sec (lebocsátás is)
 Fordulási sebesség: 0,3 m/sec
 Teherkötözés: 2 perc = 120 sec
 Teherkioldás: 1 pec = 60 sec

$$T = 120 + 60 + \frac{2 \cdot 3,20}{0,2} + \frac{2 \cdot 3,20}{0,2} + \frac{2 \cdot 4,60 \cdot 3,14}{0,3} = 340[\text{sec}]$$

$$M[\text{m}^3/\text{óra}] = \frac{3600}{340} \cdot 1 \cdot 0,9 = 9,5[\text{m}^3/\text{ó}]$$

2. Elevátor-rendszerű transzportőr rakodási teljesítményét számítjuk ki, ha

$v = 0,25$ m/sec a láncsebesség,
 $a = 2,00$ méter a fogak távolsága,
 $q = 0,20$ m³ a darabterhelés.

$$M = \frac{3600}{2} \cdot 0,2 \cdot 0,25 = 90[\text{m}^3/\text{ó}]$$

Választék neve	Mérethatárok		Átl. méret			Darab m ³
	hossz	át- mérő	hossz	∅	arány	
	m	cm	m	cm	%	
Rönk	1,80 – 6,00	18 –	4,00	28	22	4
Bányászati fa	0,80 – 3,00				10	
Fagyártmány fa ..	1,00 – 1,80				9	50
Egyéb ipari fa ...	változó				4	
Vastag tűzifa.....	1,00	7 –	1,00		42	
Vékony tűzifa ...	1,00	0 – 7	1,00		13	

5.44 Rövid választékok rakodása és szállítása

Erdőgazdaságunk fakitermelését a rövid választékok jellemzik. Az 5.44-I. táblázatban az erdei választékok megoszlását és méreteit mutatjuk be %-os megoszlásban hazai erdőgazdaságainkban 1962-es állapot szerint.

A választékok m³-re eső darabszáma rendkívül magas, így a rakodási és általában a szállítási munkák megszervezésénél a darab – tömeg törvény erősen érvényesül. Mivel a választékok db-számának csökkentésére alkalmas szálfában való anyagmozgatás bevezetése nem mindenütt lehetséges, a mozgatandó faanyag mintegy 70%-át kitevő rövid választékok mozgatásának észszerűsítésére más utat kell keresni.

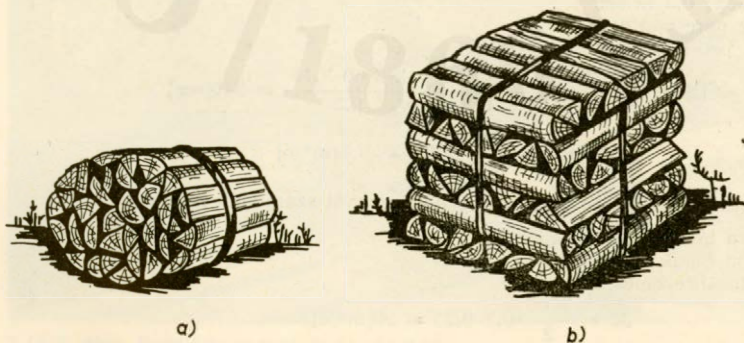
A korszerű szállítástechnikának az az iránya, hogy több kisebb egységből nagyobb egységet képezve a mozgatási körülményeknek legjobban megfelelő ún. egységgrakományokat állít össze, a rövid választékok mozgatásánál is alkalmazást nyerhet.

A rövid választékokból való egységgrakományok kialakításának két útja kínálkozik.

Az első az ún. konténeres szállítás, ahol a rövid anyagot u alakú keretbe rakják és a keretet daruval vagy emelővillával egy fogással a szállító járműre emelik. Ezek a keretek készülhetnek acélból vagy fából is. A különböző keretek befogadóképessége igen változó, 3,5 – 30 űrm³. A rendeltetési helyen a konténereket kiüritik és visszaszállítják a termelési helyre.

A második megoldás a kötegelt szállítás. Itt a rövid választékból kisebb egységgrakományokat állítanak össze. A kötőanyagot, annak értéke szerint vagy visszajuttatják a feladóhelyre, vagy veszendőbe megy.

A konténeres anyagmozgatás Közép-Európában nem tudott elterjedni, mert mozgatása nehéz, speciális berendezéseket kíván, ami nagy beruházást jelent.



5.44-1. ábra. Hengeres köteg (a).
Hasáb alakú köteg (b)

A köténereknél felhasznált anyag értéke jelentős, a terjedelmes keretek visszaszállítása körülményes. Mozzgatásuk a szűkebb erdei rakodókon nehezkes.

A kötegelt szállítás a rövid választékok mozgatójánál ellenben bevezethető. A kb. 0,5–0,75 m^3 -t kitevő kötegek a szokványos rakodódarukkal mozgathatók, a kötőanyag nem kerül sokba és visszaszállítása a feladóhelyre egyszerű.

A kötegek formája. Lehetnek körkeresztmetű, hengeres vagy hasáb (kocka) formában rakásolt kötegek. Az előbbi kialakítása és mozgatása könnyebb, az utóbbi a szállítóteret jobban hasznosítja (5.44-1a és b ábra).

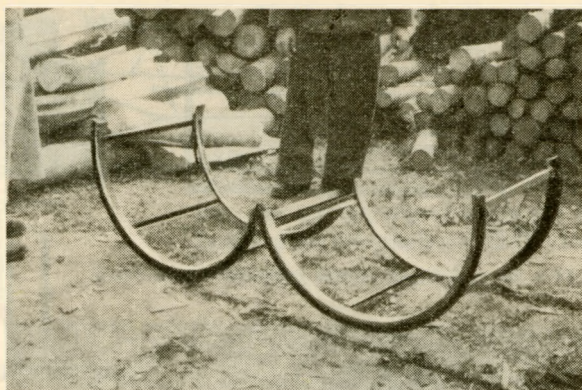
A gyakorlatban általában a körszelvényű kötegek terjedtek el.

A kötegek kialakítása. A kötegek kialakítása formázókeretben történik (5.44-2. ábra). A keretet megrakjuk a kérdéses választékkal, összecukjuk. Az így kialakított kötegre kerül rá a kötőanyag (5.44-3. ábra).

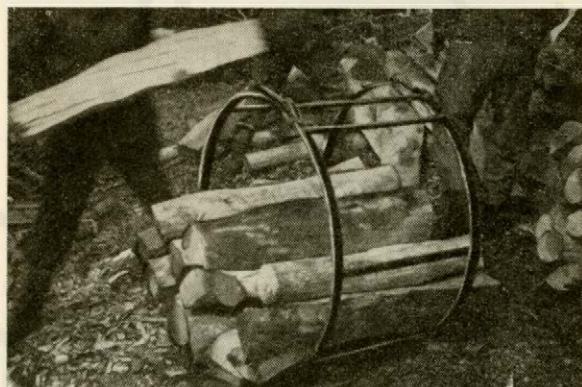
A formázókeret méreteit a kötegelendő választékhoz alakítjuk ki. Ha azt kívánjuk, hogy a kötegek tömör köbtartalma választéktól függetlenül azonos legyen, úgy minden választék részére más és más átmérőjű keretet kell készíteni, attól függően, hogy mekkora az m^3 átszámító-tényező tm^3 -re.

Az NDK-ban használatos keretek méreteit az 5.44-II. táblázatban mutatjuk be.

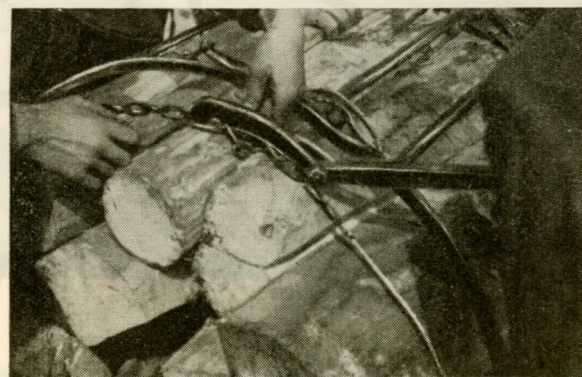
A formázókeretben kialakított köteget szalagacéllal vagy megfelelő kapcsol felszerelt sodronykötéllal két helyen összefogjuk. A kötés megfeszítése és kapcsolása különféle feszítő fogókkal történhet (5.44-4. ábra).



5.44-2. ábra. Nyitott formázó keret



5.44-3. ábra. Formázó keret kitöltése



5.44-4. ábra. Kötő sodronykötél megfeszítése



5.44-5. ábra. Kötegek csörlős felterhelése pótkocsira



5.44-6. ábra. Kötegek elrendezése a rakfelületen

A kísérletek azt bizonyítják, hogy a kötegek összefogására szolgáló sodronykötél céljaira a 6 mm átmérő elegendő.

A sodronykötelek gondos ápolása esetén 10–15-szörös használatot is elbírnak.

A kötegeknek a tehergépkocsira való felterhelése csörlős felhúzással (5.44-5. ábra) vagy daruval történik. A jobb és gazdaságosabb munkát a daru biztosítja.

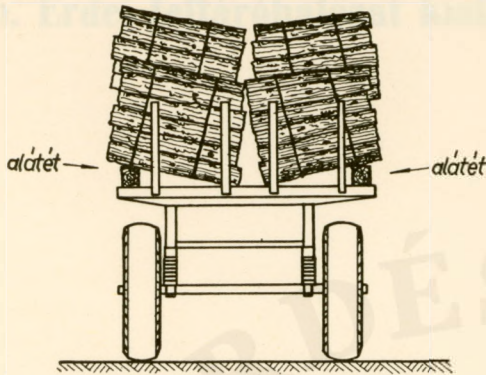
A kötegeket a legurulás veszélye ellen a járművön biztosítani kell. Erre megfelelően kialakított rakonca-rendszer szükséges. A kötegek elhelyezkedését az 5.44-6. ábra mutatja be.

A kötegek kialakítási helye lehet a vágástér, az erdei rakodó vagy a közbeselő rakodó, attól függően, hogy szálfában vagy választékban közelítünk-e és a kötegek kialakítására hol van mód. Minél feljebb alakítjuk ki a kötegeket, annál jobban kihasználhatjuk az egységtrakományban való mozgatás előnyeit.

A kötegeltállítás értékelése: Csehszlovák kísérletek szerint egy űrm^3 -re eső kötegelési időszükséglet 26 perc. A megtakarítás a rakodási művelet során jelentkezik. Egy méteres kötegelt anyag

5.44-II. táblázat. Formázó keretek méretei az NDK erdőgazdaságaiban

Választék	Befogadó képesség	A formázó keret bel- világa	A formázó keret hossza
	tömör m^3	cm	cm
Bükk rostfa 1 m h.	0,50	96,5	65
Fenyő rostfa 2 m h.	0,75	83	65



5.44-7. ábra

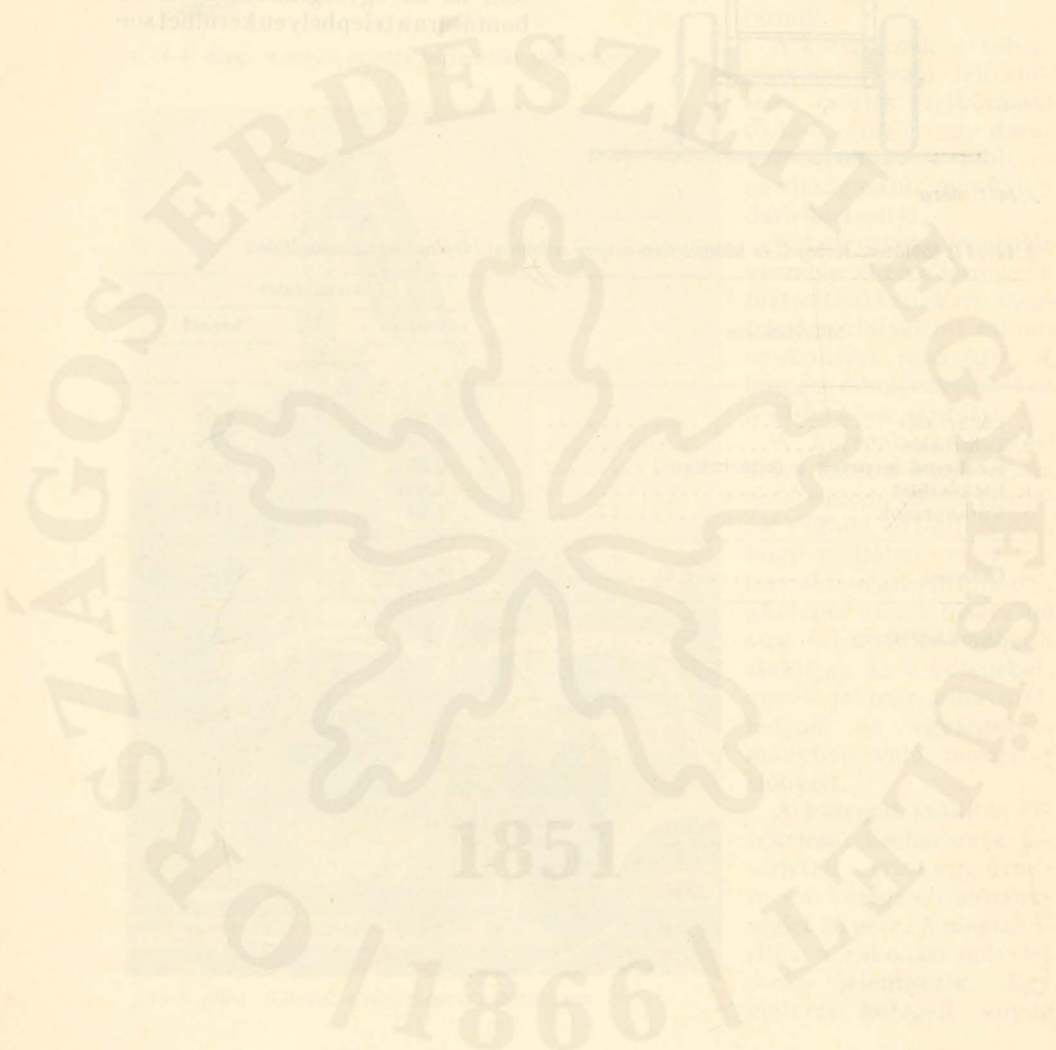
rakodását a karos rakodással egybevetve az 5.44-III. táblázatban látható időértékek merülnek fel.

Rá kell mutatnunk arra, hogy a kötegelés nagy mennyiségű azonos választék (papírfa, rostfa stb.) mozgatásánál kifizetődő, akkor különösen, ha az egységakományok felbontására a telephelyen kerülhet sor

5.44-III. táblázat. Kötegelt és kötegetlen anyag rakodási idejének összehasonlítása

Műveletlem	Időszükséglet	
	kötegelve	kézzel
	perc /űrm ³	
1. Felterhelés	3,35	8,64
2. Leterhelés	2,92	5,86
3. Közbenső menetek a felterhelésnél	0,52	0,40
4. Előkészület	2,64	2,87
5. Várakozások	1,24	1,00
Összesen	10,67	18,77
Munkáslétszám	2	3

... az erdőgazdálkodás egyik
... az erdőgazdálkodás egyik
... az erdőgazdálkodás egyik
... az erdőgazdálkodás egyik
... az erdőgazdálkodás egyik
... az erdőgazdálkodás egyik
... az erdőgazdálkodás egyik
... az erdőgazdálkodás egyik
... az erdőgazdálkodás egyik
... az erdőgazdálkodás egyik



... az erdőgazdálkodás egyik
... az erdőgazdálkodás egyik
... az erdőgazdálkodás egyik
... az erdőgazdálkodás egyik
... az erdőgazdálkodás egyik
... az erdőgazdálkodás egyik
... az erdőgazdálkodás egyik
... az erdőgazdálkodás egyik
... az erdőgazdálkodás egyik
... az erdőgazdálkodás egyik

6. Erdei feltáróhálózat kialakítása

6.1 Alapfogalmak és a feltáróhálózat feladatai

6.2 Feltáróhálózat rakodói funkciója és a kedvező útsűrűség

6.3 Feltárás távlati tervezése

1851

/1866/



6.1 Alapfogalmak és a feltáráshálózat feladatai

Erdőfeltárás az erdőterületnek az erdőgazdálkodás részére való hozzáférhetővé tétele. Magába foglalja mindazokat a műszaki intézkedéseket, melyek a korszerű erdőművelés, fahasználat, faanyagmozgatás zavartalan végrehajtása érdekében szükségesek, így elsősorban a célnak megfelelőbb és a közforgalomhoz kapcsolódó szállítópályák hálózatának kialakítását, de tágabb értelemben az üzem viteléhez szükséges rakodók és egyéb építmények (gépszínek, munkásszállások, lakások stb.) létesítését is.

Feltáráshálózat műszaki tervek és egységes szempontok alapján létesült szállítópálya- (főleg út-) hálózat, mely a gazdálkodáshoz szükséges mindennemű szállítási feladatot a célnak megfelelően lehetővé tesz. A jó feltáráshálózat egységes és térbeli célkitűzéseket szem előtt tartó feltárási terv alapján készül és érintkezési felület az állományon belüli anyagmozgatás és aállítás között, ezért együttal felső rakadólul is szolgál. A feltáráshálózat mértékegysége a fm/ha.

A haladó erdészeti szakemberek már régóta felismerték a tartamosság elvei alapján kiépült állandó jellegű, üzembiztos erdészeti feltáráshálózat fontosságát.

A megszámlálhatatlan szakközlemény közül *Kaán Károly* tömör és ma is korszerűnek mondható állásfoglalását idézzük:

„Az erdők okszerű feltárása alatt az állandó jellegű fakihozó és szállító eszközök azon rendszerét értem, mely lehetővé teszi, hogy az erdő bármely tájában termelt, akármilyen faanyagot egészséges állapotban, számottevő anyagvesztés nélkül, lehetőleg olcsón, tetszés szerinti mennyiségben és bármikor juttathassunk a közforgalom eszközeihez, vagy arra a helyre, ahol a fatermésünket értékesíteni kívánjuk. Értem egyben az anyagkihozás ésállítás olyan eszközeit, melyek a belterjesség felé törő erdőgazdálkodás modern elveinek alkalmazását az erdőfelújítás, ápolás, használat, valamint az erdőtermés értékesítésének szempontjából, tehát a jövedelem emelése tekintetében is sikerre vezetni képesek.

Ha tehát az erdőt a fakihozó ésállítás berendezéseknek az a hálózata lepi el, mely módot nyújt az intenzív erdőgazdálkodás tartamos és zavartalan üzéséhez, hozzáférhetővé teszi az erdőtést minden tagját, s technikai kivitelben simul a terepviszonyok bármely alakulásához, akkor ezt az erdőt műszaki értelemben feltárnak nevezhetjük.

A hegyvidék feltárt erdőiben, tehát nemcsak a völgyekben kell szállítóeszközöknek haladniok, de kívánatos, hogy a körülményekhez képest a hegyoldalon mért viszonylagos magasságban egymás fölött, megfelelő lejtésű, olyan szállító eszközök létesítsenek, melyek az erdőgazdaság érdekeit minden tekintetben kielégíteni képesek.

Az ilyen szállítóberendezések első alapfeltétele a megfelelő főerek helyes megállapítása és állandó jellegű kiépítése. Ezekből aztán következetesen indulnak ki a fokozatos erdőfeltáráás kapesán az oldalágak, mint szívó a fagyökézetnél, s mint kiegészítő részei a szállító eszközök hálójának, s fölötte fontos kellékei a belterjes erdőgazdálkodásnak. Második és mellözhetetlen alapfeltétele az anyagszállító eszközök ilyen berendezésének, hogy a nyilvános, a közforgalmú eszközökkel szervi összefüggésbe hozassék, azok egységes és állandó jellegű folytatását képezze a gazdaság legtávolabbi pontjáig.”

A feltáráshálózat feladata két csoportra osztható.

a) Elsődleges feladatok. A gazdálkodás, a termőterületen belül folyó termelés szempontjából fontos feladatok.

b) A másodlagos, azaz a szállítás tökéletesítését szolgáló feladatok.

A feltáráshálózat egyes részei csak a szekundér feladatok szempontjából fontosak. (Bekötőutak, vonalfejlesztések, anyagnyerőhelyek útjai.)

A feltáráshálózat elsődleges feladata, hogy a gazdálkodási egységig – az erdőrésztelig – behatolva lehetővé tegye, hogy a korszerű elvek alapján megtervezett erdőművelési, fahasználati munkákat a legkorszerűbb eljárással hajtsuk végre, az erdővédelmi rendszabályoknak eleget tudjunk tenni. Ehhez képest elsősorban tegye lehetővé azt, hogy a gazdálkodási egységhez járművekkel hozzájárhassunk, oda gépeket, munkaerőt felvonulathassunk, valamint elsősorban a primér anyagmozgatási feladatot, a közelítést a gazdaságosan képviselhető és a közelítő eszközök technikai feltételeinek optimálisan megfelelő távolságon belül hajtsuk végre. (Az erdőművelési eljárások, terep stb. megszabják a közelítő eszközt és ez többé-kevésbé – technikai és költségjellemzőivel – kijelöli a szükséges hálózatsűrűséget.) A feltáráshálózat elsődleges feladatai közé tartozik, hogy a primér és szekundér szállítási munkafolyamatok között rugalmas érintkezési zónát alkosson úgy, hogy ott a szállítás járulékos munkái (rakodás, választékolás, kérgezés, hasítás, kötegelés stb.) a szükséghez képest elvégezhetőek legyenek és a zóna a közelítés és szállítás (kiszállítás) időbeli elválasztására, bizonyos mértékig kiegyenlítő anyagkészlet tárolására is alkalmas legyen.

A szállítás tekintetében a primér feladat csak a tagon belüli anyag leszállítási hatásának biztosítása.

Ugyancsak az elsődleges feladatok közé tartozik az, hogy a feltáráshálózat az erdő térbeli rendjének mind erdőrendezési, mind munkatechnikai szempontból alapul szolgáljon.

Mivel az erdőgazdálkodás egészét a tartamosság jellemzi, ez a tartamosság a feltárási primér feladatait tekintve, szükségképpen vonatkozik a feltáráshálózatra is.

A feltáráshálózat másodlagos feladata az üzemtest összes fatermékének a gazdaságosság határai között való leszállítása olyan időpontban és ütemben, amikor és ahogyan a faanyag természeté, valamint a felhasználás távlatilag is képviselhető követelményei megszabják. Mint látjuk, a szekundér feladat tisztán szállítási funkció. Mivel a feltáráshálózatra mindenütt más és más nagyságú terület, illetve a termőhely szerint változóan és a területtől függően más és más fatömeg gravitál, és az ütemezés is más és más, a szekundér feladatok a feltáráshálózat egyes részeit illetőleg más és más módon és nagyságban jelentkeznek.

Az előzőkből következik, hogy míg a primér feladatok főleg az úthálózat gazdaságos sűrűségének megállapításánál döntőek, a szekundér feladatok a hálózat kiépítettségére (burkolat, műszaki jellemzők), valamint a közforgalmú szállító hálózatra való kapcsolódásra, a szállítás fő irányára gyakorolnak hatást.

A múltban a feltárási vonalak süllyal csak a másodlagos, azaz szállítási funkciók figyelembevételével épültek. Az ilyen feltárási vonalak legtípusosabbja az erdei vasúthálózat, mely műszaki jellemzői miatt sem tud kielégíteni elsődleges kívánalmakat.

A feltáráshálózat sűrűségének mértékszámát – mint mondottuk – az $\frac{[fm]}{[ha]}$ Kiszámítása az 5.38. pontban ismertetett módszerrel történik.

Ennek nagyságára a szakirodalomban a legkülönbözőbb értékeket talál-

hatjuk. Ennek oka, hogy sokhelyütt a bejáró ösvényeket, a kocsicsapákat is beszámítják a hosszba.

A feltáráshálózat sűrűségi mértékszámába csak olyan utak számíthatók be, melyek a feltáráshálózat elsődleges feladatát tartamosan ellátják. Ilyen utak lehetnek az erdőt átszelő közutak egyes szakaszai is. Az erdőt egyoldalról érintő utak félhosszúsággal kerülnek a számításba.

Ugyancsak nem vesszük számításba a már tárgyalt közelítő nyomokat, bejáró ösvényeket és a másodlagos célra épülő utakat.

Az úthálózat erősen összefügg az erdő térbeli rendjével. Különösen hegyes terepen, ahol az erdőbeosztás a terephez kell, hogy igazodjék, a fő választóvonalakat a terep által erősen determinált utak szolgáltatják. Jó beosztás csak az úthálózat figyelembevételével alakítható ki.

Míg ez a rend sík és enyhén dombos vidéken a biológiai szempontokhoz teljes mértékben igazodhat, hegyvidéken a terepalakulat, ebből következőleg a szállítási és technikai viszonyok veszik át a meghatározó szerepet.

6.2 Feltáráshálózat rakodói funkciója és a kedvező útsűrűség

Már az előzőkben (5. rész) megemlékeztünk a rakodókról és a 6.1 pontban a feltáráshálózat rakodói funkciójáról.

Két határeset lehetséges. Vagy az egész primér úthálózat, mint kontakt zóna rakodóul szolgál, vagy összevont rakodókra szállítjuk ki az anyagot.

Ha a közelítésnél és kiszállításnál alkalmazott eszközök m^3 -re eső költsége a szállítással szemben magas, az üzemvezetés igyekszik a munkát úgy megtervezni, hogy a szállító utat minél előbb elérje és ott lerakja az anyagot. Ez mindaddig így van, míg az összevont rakodóban rejlő előnyök (hasítás, kérgezés, választékolás gépesítése) ki nem egyenlítik a rakodókra való kiszállítás során felmerülő energia-többletet.

A feltárási utak mellett hosszan elnyúló rakodók előnyei még:

- Nem csökkentik a termőterületet.
- Az állomány mellett tárolt anyag bizonyos fokú árnyalása a fokozatos kiszáradásra kedvező.
- A rakodón belüli anyagmozgatás – a keskeny sáv miatt – igen csekély.

Az összevont rakodók – rakodóhelyek egymástól való optimális távolságát eldönthetjük a következő megfontolások alapján: A 6.2-1. ábra szerint közelítő nyommal behálózott erdőrészlet anyagát egy központi rakodóra mozgattuk ki. Az egy rakodóra eső erdőrészlet szélessége, ha az utak távolsága a , legyen ξ a érték. A közelítést végezhetjük a 6.2-1a ábra szerint, sugárirányban a b ábra szerint, vagy a rakodó elhagyásával közvetlenül az út mellé.

A közelítési távolság mindhárom esetben általában:

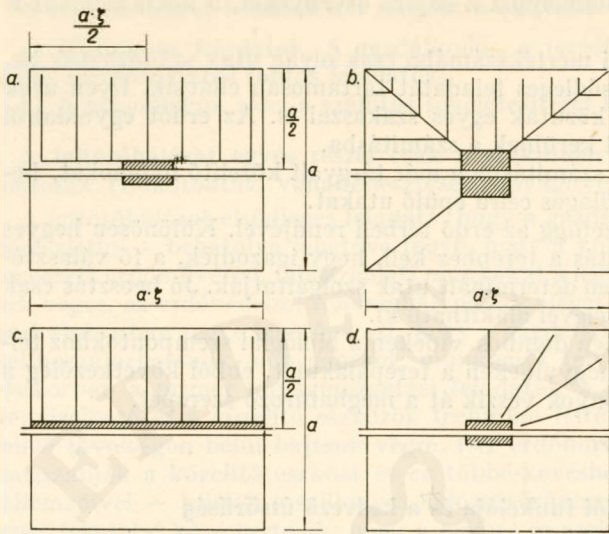
$$x_k = (\alpha + \beta \cdot \xi) \cdot a \text{ egyenlettel fejezhető ki.}$$

A tényezők (α , β) értékei a három esetre a 6.2-I. táblázatból vehetők ki.

Felmerülő költségek felsorolása:

a) Útépítési és fenntartási költségek u [Ft/fm],

$$k_u = \frac{10\,000}{a} \cdot u \text{ [Ft/fm]}$$



6.2-1. ábra. Rakodók elhelyezésének lehetőségei

6.2-1. táblázat. Közéltési távolság tényezői különböző nyomrendszerek esetén

Rakodásra gravitáló terület elrendezése	α	β	Alkalmazási feltételek	Ábra jele
Téglalap párhuzamos csapákkal	0,25	0,25	traktoros v. fogatos közéltés	a
Téglalap legyezőszerű csapákkal	0,25	0,31	traktoros v. fogatos közéltés	b
Rakodó az út hosszában	0,25	0	fogatos v. traktoros közéltés	c
Sugár irányú	0,23	0,14	sodronyköteles vonszolás	c

(lásd a 6.2-I. ábrát)

illetve, ha a növedék N [m³/ha]

$$k_u = \frac{10\,000}{N \cdot a} [\text{Ft/m}^3]$$

b) A közéltés költségegyenlete:

$$k_k = r_1 + r_2 \cdot x_k [\text{Ft/m}^3],$$

ahol $x_k = (\alpha + \beta \cdot \xi) \cdot a$,

így

$$k_k = r_1 + r_2(\alpha + \beta \cdot \xi) \cdot a [\text{Ft/m}^3]$$

c) A rakodóval kapcsolatos költségek:

$$k_r = \frac{10\,000 \cdot R_1}{N \cdot a^2 \cdot \xi} + R_2 [\text{Ft/m}^2], \text{ ahol}$$

R_1 a rakodó létesítési költségei [Ft]

640 R_2 a rakodási költségek a létesített rakodón [Ft]

Az összes mozgatósi költségek e három tényező összegéből tevődnek össze.

$K [\text{Ft}/\text{m}^3] = k_u + k_k + k_r$ behelyettesítve az értékeket

$$K [\text{Ft}/\text{m}^3] = \frac{10\,000u}{N \cdot a} + r_1 + r_2(\alpha + \beta \cdot \xi) \cdot a + \frac{10\,000 \cdot R_1}{N \cdot a^2 \cdot \xi} + R_2.$$

A legkedvezőbb út, illetve rakodótávolság értéke:

$$\frac{\partial K}{\partial a} = -\frac{10\,000u}{N \cdot a^2} - \frac{20\,000 R_1}{N \cdot a^3 \cdot \xi} + r_2(\alpha + \beta \cdot \xi) = 0$$

$$\frac{\partial K}{\partial \xi} = r_2 \cdot \beta \cdot a - \frac{10\,000 \cdot R_1}{N \cdot a^2 \cdot \xi^2} = 0$$

Az utóbbi egyenletből

$$\xi = 100 \left[\frac{R_1}{N \cdot a^3 \cdot r_2 \cdot \beta} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Ezt az értéket behelyettesítve az első kifejezésbe:

$$\begin{aligned} & -\frac{10\,000 \cdot u}{N \cdot a^2} - \frac{20\,000 \cdot R_1}{100 \cdot N a^3 \left[\frac{R_1}{N \cdot a^3 \cdot r_2 \cdot \beta} \right]^{\frac{1}{2}}} + \\ & + r_2 \left(\alpha + 100\beta \left[\frac{R_1}{N \cdot a^3 \cdot r_2 \cdot \beta} \right]^{\frac{1}{2}} \right) = 0 \\ & -\frac{100 \cdot u}{N \cdot a^2} - 2 \left[\frac{R_1 \cdot r_2 \cdot \beta}{N \cdot a^3} \right]^{\frac{1}{2}} + r_2 \frac{\alpha}{100} + r_2 \cdot \beta \left[\frac{R_1}{N \cdot a^3 \cdot r_2 \cdot \beta} \right]^{\frac{1}{2}} = 0 // \cdot a^2 \\ & -\frac{100 \cdot u}{N} - 2a^{\frac{1}{2}} \left[\frac{R_1 \cdot r_2 \cdot \beta}{N} \right]^{\frac{1}{2}} + a^2 \frac{r_2 \cdot \alpha}{100} + a^{\frac{1}{2}} r_2 \cdot \beta \cdot \left[\frac{R_1}{N \cdot r_2 \cdot \beta} \right]^{\frac{1}{2}} = 0 \\ & a^2 \frac{r_2 \cdot \alpha}{100} + a^{\frac{1}{2}} \left\{ r_2 \cdot \beta \left[\frac{R_1}{N \cdot r_2 \cdot \beta} \right]^{\frac{1}{2}} - 2 \left[\frac{R_1 \cdot r_2 \cdot \beta}{N} \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \frac{100 \cdot u}{N} = 0 \\ & a^2 - a^{\frac{1}{2}} \frac{100}{\alpha} \left[\frac{R_1 \cdot \beta}{N \cdot r_2} \right]^{\frac{1}{2}} - \frac{10\,000 \cdot u}{N \cdot r_2 \cdot \alpha} = 0 \end{aligned}$$

alkalmazva az alábbi egyszerűsítést:

$$B_1 = \frac{100}{\alpha} \left[\frac{R_1 \cdot \beta}{N \cdot r_2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{és} \quad B_2 = \frac{10\,000 \cdot u}{N \cdot r_2 \cdot \alpha}$$

az egyenlet a következő alakra egyszerűsödik:

$$a^2 - B_1 \cdot a^{1/2} - B_2 = 0$$

Ezen okfejtés alapján eldönthető, hogy hol előnyös az összevont rakodó alkalmazása, és hol nem (a és c eset összehasonlítása). Ha R_3 a rakodási költség összevont rakodó nélkül, $[\text{Ft}/\text{m}^3]$, akkor érdemes rakodót létesíteni, ha a ra-

kodási költségeken jelentkező megtakarítás egyenlő vagy nagyobb a közeli-tési többletköltség és a rakodó létesítési költségösszegénél, azaz

$$\Delta R = R_3 - R_2 \cong \frac{10\,000 \cdot R_1}{N \cdot a^2 \cdot \xi} + \frac{r_2 \cdot \xi \cdot a}{4}$$

A megtakarításhoz még hozzáadjuk azokat az összegeket, amelyeket a kérézés, hántás, darabolás gépésítése során nyerhetünk.

6.3 Feltárás távlati tervezése

1945 után az erdők állami tulajdonba vételét követő időszakban szállító-pályáink tervezése során általában csak a vágásérett állományok területi elhelyezkedését vettük figyelembe. Ez a szemlélet, mint később beigazolódt, egyes esetekben – különösen hegyvidéken a domborzati viszonyok miatt – nem biztosította a legkedvezőbb kiindulási alapot e terület feltáróhálózatának továbbfejlesztésére. A tény felismerésének hatására a feltárási beruházások rendszeresebbé tétele érdekében kezdtük meg 1956-ban a szállítással összertartozó egyes erdőkomplexumok, erdőtájak teljes összefüggő hálózatának egyidejű megtervezését. E területeken most már ezek az ún. „feltárási alapterületek” szolgálnak alapul minden további feltárási munkához s így biztosítjuk azt, hogy évenként épülő egyes szállító vonalaink végül is műszaki, gazdasági és gazdaságossági szempontok szerint, előre elgondolt hálózattá fonódjanak össze.

A feltárásstervezés lényegileg kétirányú: Egyrészt el kell készíteni az egész területre szóló tervet a térbeli szempontok alapján, másrészt ebből a teljes hálózathból kell kiemelni azokat a létesítményeket, melyeket a legsürgősebb anyagmozgatási és egyéb üzemi feladatok megoldása érdekében a közeli terv-időszakban kell kivitelezni.

A feltáróhálózatról ún. feltárási alapterv készül, melynek egységes formáját az 1960. évben kiadott országos érvényű utasítás szabályozza.

6.31 A feltáróutak térbeli elrendezése

A feltáróhálózat térbeli elrendezését a felvevő helyek földrajzi elhelyezkedése, a domborzat fő alakzatai és az útsűrűség mértékszámja szabja meg.

A faanyagáramlás fő irányai a meglévő és tervezett faipari üzemekhez, bányákhoz és tűzifafelvevő helyekhez igazodnak. Tervezéseink során tehát első feladat ezeknek felkeresése és az oda irányuló famennyiség választékok szerinti kimutatása.

A domborzat a talajviszonyokkal együtt alapvetően megszabja az általános útépitési lehetőségeket, de a közelítési eszközök és módszerek kiválasztására gyakorolt hatáson át a következőkben tárgyalt útsűrűséggel is kapcsolatban áll. A domborzattal együtt kell megemlékezni a geológiai viszonyokról, mely a helyszínen található útépitési anyagok tekintetében fontos.

A feltáróutak sűrűségét az alkalmazott közelítési módszer, az utak építési költségei és elsősorban az érintett területről tartamosan várható hozadék szabja meg. Ezt az összefüggést a (5-3) egyenlet világosan szemlélteti.

A feltáróhálózat-tervező gyakorlat *Cornides György* javaslatára, a munka leegyszerűsítése érdekében az abszolút átlagnövedék mértékszámokat a növedék megtermelésére alapul szolgáló területtel helyettesítik. A különböző termelőképességű területeket a várható növedék alapján egységes alapa re-

dukálja és így a növedék szempontjából azonos értékű ún. „növedékterületek”-kel számol. Erre a célra három termőhelyi csoportot alakít és a véderdőket külön/még tekintetbe veszi. Az alapul közepes termőhelyet vesz 3,5 m³/ha átlagos növedékkal. Így 1000 ha közepes termőképességű területnek megfelelő jó, illetve gyenge területek és véderdők arányát a 6.31-1. ábra szemlélteti.

Az arányok kiszámítását a 6.31-I. táblázatban mutatjuk be.

Ennek alapján aztán meghatározhatjuk, hogy az egyes erdőrészek milyen területtel kerülnek számításba, végső fokon a betervezett utakat mennyi „növedékterület” terheli.

6.31-I. táblázat. Területek arányosítása termőképesség szerint

1	2	3	4		6 = 1000/3	7 = 3 × 6
			Vágáskori átlag-növedék			
			1 ha-on	össz.		
Csoport	Termőképesség jelzése	A tényleges terület			Növedék	
		ha	m ³	m ³	tényező	terület
					1000/ha	ha
I.	jó	714	4,9	3500	1,4	1000
II.	közepes	1000	3,5	3500	1,0	1000
III.	gyenge	1667	2,1	3500	0,6	1000
IV.	véderdő	5000	0,7	3500	0,2	1000

6.32-I. táblázat. A feltáróutak jellemzői

Út- oszt.	Műszaki jellemzők			Gazdasági jellemzők	
	emelkedő %	sugár m	szélesség m	m ³ /év/km	m ³ /év
I.	6–8	20–15	6,00	–	2800
II.	6–8	15–12	5–4,60	–	1350–2800
III.	8–12	10–8	5–4,60	300–100	500–1350*

* Ideiglenesen III. o.-ra építendő ki a jelenlegi állományhelyzet miatt

6.32 Az úttípusok meghatározása

Az úttípusok kiválasztásánál az egyes útvonalakra gravitáló növedék-terület és a leszállításra kerülő fülledékeny anyagot vesszük számításba.

Összefüggő feltáróhálózat tervezése esetén – eltekintve a legelső útszakasztól – minden egyes utat terhelő gravitáció tulajdonképpen két értékből áll. Az egyik érték a közvetlen gravitáció, a kérdéses út által közvetlenül feltárt terület. A másik érték a közvetett gravitáció, az a terület, melyet más utak tárnak fel, de amelyek közvetlen gravitációs területe a kérdéses úton áthalad. A forgalom szempontjából figyelembe veendő gravitáció tulajdonképpen a két érték összege.

A tervező-gyakorlat által kialakított úttípusokat a 6.32-I. táblázatban foglaljuk össze.

A tervezés 1:10 000 méretarányú, a termőképességet feltüntető részletes gazdasági térképen a következőkben előadott számítás szerint történik:

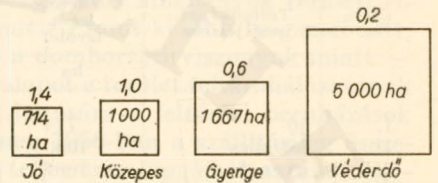
Az egyes utakhoz tartozó közvetlen gravitációs területeket a térképen egyszerű grafikus módszerekkel meghatározzuk, majd a kapott értékeket megszorozzuk a növedék-tényezővel. A növedék-tényező meghatározásához a termőhelyi térképen szembecsléssel megállapítjuk azt, hogy a közvetlen gravitációs terület hány százaléka tartozik a négy színnel megjelölt, négyféle termőhelyi csoportba (pl. ha a terület 70%-a a jó és 30%-a közepes termőhelyi

csoportba tartozik, a növedéktényező $0,70 \times 1,4 + 0,30 \times 1,0 = 1,3$ lesz). Az így kapott közvetlenül gravitáló növedékterületeket összegezzük a megtervezett faanyagmozgatási irányoknak megfelelően, amint azt a 6.32-1. ábrában és a hozzátartozó 6.32-II. táblázatban bemutatott példa szemlélteti. A táblázat utolsó rovatában lévő számsor jellemzi az egyes utak viszonyított forgalmát vágásforduló-távlatban.

A füledékeny anyag figyelembevételére térképeinken az üzemtervek alapján bejegyezzük az egyes erdőrészekben előforduló füledékeny fafaj-elegyarányt. Így egyszerű szemlélettel meg tudjuk állapítani, hogy a kérdéses területekről kb. mennyi füledékeny anyag várható.

Az összegezett gravitációs növedékterület-számok és a térképről becsült átlagos termőhelyi tényező alapján és a füledékeny fafaj százalékos ismeretében az erre a célra kalkulációk útján összeállított táblázat alapján meghatározzuk, hogy a faanyagforgalomnak megfelelően hol, milyen típusú út építendő távlatban.

Ennek az útosztályozásnak kiegészítéseként a térképeinken feltüntetett üzemi objektumok figyelembevételével és az átmenő forgalom biztosítását



6.32-1. ábra. A különböző termőképességű területek számításbavételének aránya

6.32-II. táblázat. Az utakra gravitáló terület összesítése (6.33-1. ábrához)

Az út száma	Az út hossza km	Növedék tényező	A feltáró útra			
			közvetlenül		közvetve	összesen
			gravitáció			
			terület	növedékterület		
ha						
1/1	1,2	1,4	58	81	1401	1482
1/2	2,1	1,4	68	95	1222	1317
1/3	1,3	1,0	36	36	881	917
1/4	2,4	1,4	127	177	103	280
1/5	1,4	0,8	75	60	—	60
2/1	2,0	1,4	78	110	491	601
2/2	2,5	1,4	105	147	251	398
2/3	1,7	1,2	102	122	—	122
3/1	1,4	1,2	108	129	—	129
4/1	1,7	1,0	93	93	—	93
5/1	1,7	1,2	68	82	—	82
6/1	4,5	1,4	150	211	94	305
6/2	0,9	0,2	60	12	—	12
7/1	2,0	0,8	101	82	—	82
8/1	1,3	0,6	72	43	—	43
összes:	28,1	1,14	1301	1480		

szem előtt tartva, külön döntünk egyes így érintett útvonalak kiépítési módjáról. A burkolattal tervezett utak aránya a burkolat nélküli utakhoz viszonyítva 1:2,5–3,0.

A megtervezett úthálózatból választjuk aztán ki a következő 15 év során építésre kerülő objektumokat. A kiválasztás gazdasági és üzemi szempontok alapján történik.

A feltárási alapterv alaki kivitelét, térkép- és írásos mellékleteit az említett utasítás szabályozza.

6.33 Növedékesoportok kialakításának más módszere

A termőhelyi osztályok szerint alakított csoportok hatása az úttávolság mértekszámára más és más. Előnyös olyan csoportok alakítása, melyeken belül az úttávolságok változása egyforma határok között mozog, a közelítő berendezések költségei ugyanis a távolságokra lineárisan reagálnak.

Ha ezt nem vesszük figyelembe és a termőhelyi osztályok alapján állunk, az egyes csoportok igen szűk úttávolság-határokat foglalnak magukba, mások pedig olyan tágat, amely a közelítő eszközök értékeléséhez szükséges pontosságot túllépi.

Mivel a növedék hatása az úttávolságra $-1/2$ hatványon jelentkezik, a tartományok felosztását úgy kell végezni, hogy azok olyan növedék értékhatárokat nyerjenek, amelyek egyenlő-közű a értéket képviselnek.

Példa:

$$a = B \cdot N^{-\frac{1}{2}}, \text{ ahol } B = 100 \left[\frac{u}{r_2 \cdot \eta} \right]^{\frac{1}{2}} \text{ lásd a (5-3) egyenletet.}$$

Keressük a növedékesoportokat tölgyes-bükkös állományokra, melyeknek jellemző adatait a 6.33-I. táblázat mutatja:

6.33-I. táblázat. Tölgy és bükk szálerdők faállományának jellemző adatai 100 éves korban (Fekete Zoltán szerint)

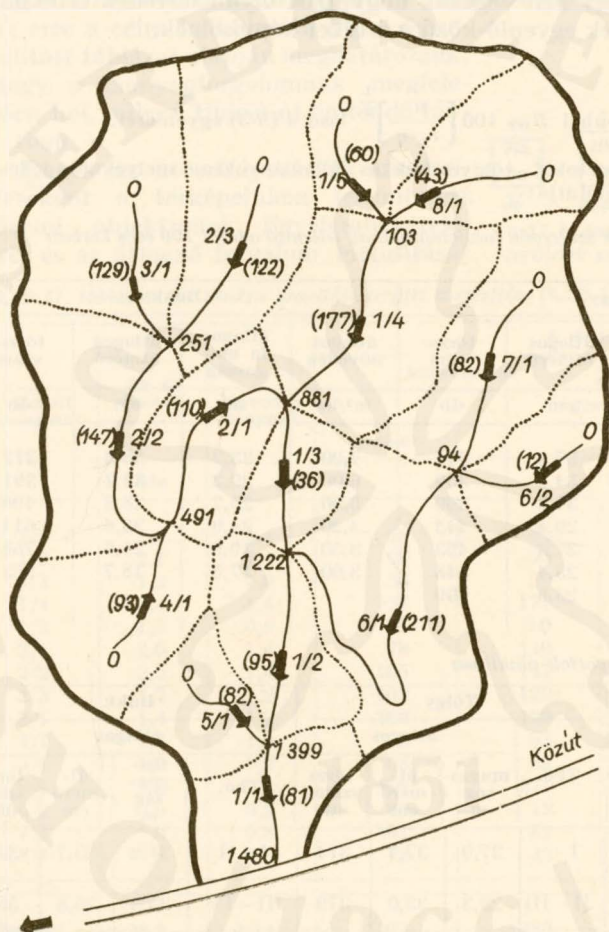
Termőhelyi osztály	Tölgy				Bükk			
	átlagos növedék	átlagos fa magasság	átlagos átmérő	törzszám	átlagos növedék	átlagos fa magasság	átlagos átmérő	törzszám
	m ³ /ha	m	cm	db	m ³ /ha	m	cm	db
I.	5,39	27,9	37,4	314	7,20	33,2	38,3	312
II.	4,64	24,8	34,2	359	6,00	29,2	33,2	391
III.	4,01	21,8	31,8	399	5,00	25,7	28,8	490
IV.	3,46	19,2	29,4	443	4,20	24,9	22,6	614
V.	2,98	16,9	27,3	493	3,50	19,9	21,6	768
VI.	2,58	14,9	25,4	548	3,00	17,5	18,7	963
VII.	2,42	13,1	23,5	609	—	—	—	—

6.33-II. táblázat. Növedékesoportok alakítása

Növedék csoport szám	$N^{-1/2}$	Növe- dék ha- tárok m ³ /ha	Tölgy				Bükk			
			Tho.	átlagos			Tho.	átlagos		
				magas- ság m	át- mérő cm	törzs szám db		mag- as- ság m	át- mérő cm	törzs szám db.
I.	0,372	7,20	I	27,9	37,4	314	I – II	31,2	35,7	351
II.	0,448	5,00	II – III	23,3	33,0	379	III – IV	25,3	25,8	552
	0,524	3,64								
III.	0,600	2,80	IV – V	18,0	28,3	468	V – VI	18,7	20,1	865
	0,676	2,20								
IV.			VI – VII	14,0	24,4	578	—	—	—	—

A csoportok alakítását a 6.33-II. táblázat, vagy a 6.33-1. ábra alapján végezhetjük el az $N^{-1/2}$ számsor, illetve görbe segítségével. A példánkban négy csoportot alakítottunk és mindegyik csoportra azonos $N^{-1/2}$ érték esik.

A 6.33-II. táblázat adataiból is nyilvánvaló, hogy a csökkenő értékű növedékcsoportok szerint csökken az átlagos magasság, az átlagos átmérő és növekszik a törzsszám. Ebből logikusan következik az, hogy az egyre rosszabbodó növedékcsoportok egyre több apró választékot, azaz m³-enként egyre növekvő db-számot eredményeznek. Mivel a növekvő darabszámmal növekszik az eszközök állásideje *á*, növekszik a hatékonysági határ is. Az egyre rosszabbodó növedékekkel nő az úttávolság, de az eszközök hatékonysága is. Így az úttávolság növedék szerinti emelése az eszközök mozgatási tulajdonságaival nincsen ellentmondásban, sőt!



6.33-1. ábra. Útterhelések meghatározása

Jelmagyarázat:

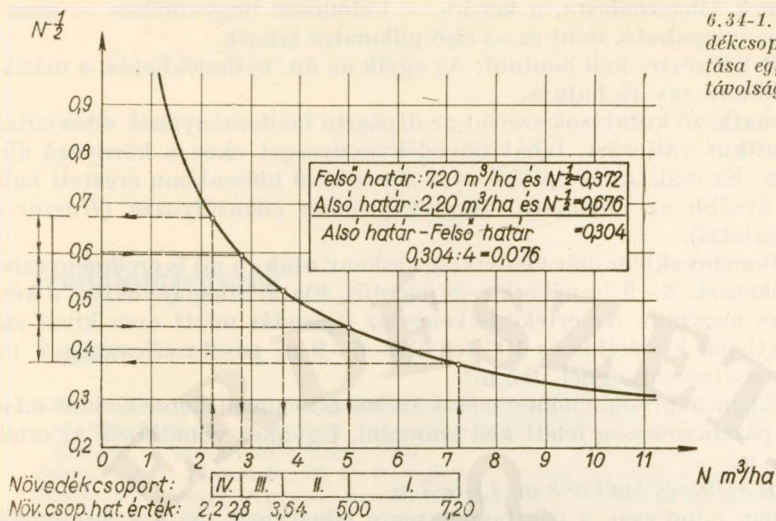
2/1 az út száma

(81) közvetlenül gravitáló terület

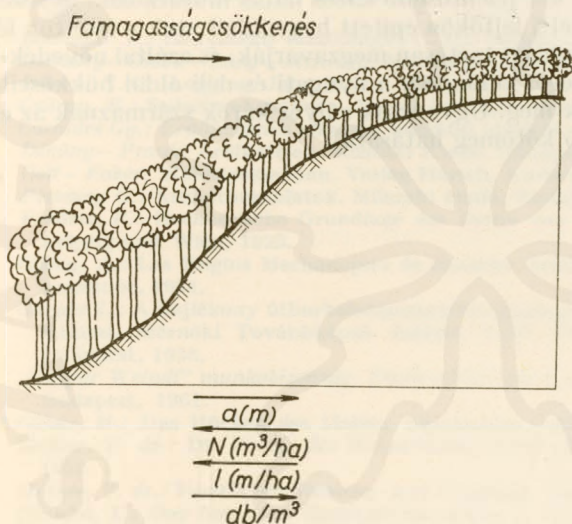
(881) közvetve gravitáló terület

..... gravitációs egység határa

→ feltárási út, anyagmozgatás iránya



6.34-1. ábra. Növedékcsoportok alakítása egyenlő hálózatlávolságok alapján



6.34-2. ábra. Hálózatsűrűség befolyásoló tényezők változása hegyoldalokban

A növedékcsoportok alakításával kapcsolatban megjegyzendő, hogy általában középhegységeink eróziós völgyeinek hegyoldalai sematikusán a 6.34-2. ábra szerinti formát veszik fel. A termőhelyek – ebből következőleg az átlagnövedék alakulása – a séma szerint, vagyis a hálózat-sűrűség a völgyből kiindulva csökken, illetve az úttávolság növekszik. Ugyanekkor az átlagos lejtés a völgyből kiindulva és a hegygerinchez közel a legkisebb, ami a közelítő eszköz megválasztására gyakorol döntő befolyást.

6.34 Az úthálózat okozta veszteségek

A feltáráshálózat építésénél már említettük azt a hatást, amit az útpásztába eső faállomány eltávolítása és a földmű elkészítése a környező lábbon maradó állományban okoz. Tekintettel arra, hogy a nagyobb növedéktermőképességű állományokban az úthálózat sűrűbb, valamint az ütemezés során először úgyis

ezek kerülnek kihasználásra, a kérdés – különösen hegyvidéken – nem is annyira elhanyagolható, mint ez az első pillanatra látszik.

A kérdést két részre kell bontani: Az egyik az ún. nyiladékhatas, a másik a létesített földmű zavaró hatása.

Az idevonatkozó kutatások szerint az útpászta faállományának eltávolítása mikroklimatikus változást, tehát növedékvesztést okoz a környező állományokban. Ez csak az út építése után következő időszakban érezteti hatását, mert később az állomány szegélyképződése ellensúlyozza (*Huszár és Papp vizsgálatai*).

Az Lf. állományokban már viszonylag keskeny utak (5 m) is eredményeznek készletcsökkenést. 8–9 m-nél a kiesés jelentős. Fiatal állományokban a készletcsökkenés nagyobb. Az értékcsökkenés az ágasodás miatt ezen kívül számítható. Átlagos készletkiesés 100 fm útra 6–9 m pásztaszélességig 7 m³, 9,1–13 m pásztaszélességnél 10,5 m³.

Bükkösökben a produktókiegéssel a szélső fák növedékemelkedése miatt csak 12 m pásztaszélesség felett kell számolni. Ugyanez vonatkozik az értékcsökkenésre is.

A kritikus szélesség bükkre 8 m, Lf-re 5 m.

Ez azonban mind csak a pásztaszélességre vonatkozik. Sajnos, hegyvidéki erdeinkben ezenkívül még két jelentősebb káros hatás mutatkozik, nevezetesen az, hogy a 15–20% feletti lejtőkön épített hegyoldali utak a felettük lévő állományszélek vízgazdálkodását tartósan megzavarják, és ezáltal növedék-kiesést okoznak. Ezt a jelenséget különösen a nyugati és déli oldal bükköseiben és tölgyeseiben figyelhetjük meg. Ugyancsak súlyos károk származnak az építés során a völgybe zuhanó kötömegek hatására.

Irodalomjegyzék

Könyvek

- Anleitung für den Bau und die Unterhaltung mechanisch verfestigter Trag- und Verschleisschichten. – 2. Auflage. Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen. e. V. Arbeitsgruppe. „Untergrund“. Köln, 1957.
- Barat, I. J. – Plawinsky, W. I.: Kabelkrane. Verlag Technik, Berlin 1956.
- Binder, R.: Lanové Dopravné Zariadenia a smyky. Slovenské Vydavateľstvo Technickej Literatúry, Bratislava, 1957.
- Binder, R.: Lesné cesty – Slovenské Vydavateľstvo Technickej Literatúry, Bratislava, 1955.
- Boldizsár T.: Bányászati Kézikönyv, I–III. Műszaki Kiadó, Budapest. 1956–1962.
- Böleskey–Csaba–Láng–Miltzky: Vasbeton hidak. Műszaki Kiadó, Budapest 1959.
- Brown, N. C.: Logging. John Wiley – Chapman, New York – London, 1949.
- Czitray, E.: Seilschwebbahnen. Verlag Springer, Wien, 1962.
- Cornides Gy.: Erdőfeltárási alapterv készítési utasítás. Erdőterv, Budapest, 1960.
- Dékány–Frank: Acélkötelek. Műszaki Kiadó, Budapest, 1963.
- Dolt–Faber: Waldstrassenbau. Verlag Harsch, Karlsruhe, 1932.
- Ferenecy G.: Aszfaltburkolatok. Műszaki kiadó, Budapest, 1960.
- Findeis, R.: Rechnerische Grundlage des Baues von Drathseilbahnen. Verlag Deutiche. Leipzig und Wien, 1923.
- Gabay, A.: Les Engins Mécaniques de chantier. Sciences et Technique, Paul H. Feissly, Lausanne, 1954.
- Gáspár L.: A hajlékony útburkolatszerkezetek gyakorlati méretezése a korszerűsítéseknél. Kézirat. Mérnöki Továbbképző Intézet, 3552. Felsőoktatási Jegyzetellátó Vállalat, Budapest, 1956.
- „Gáspár Weindl” munkabizottság: Fúrás-robbantás a bányászatban. Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1961.
- Gläser, H.: Das Rücken des Holzes. Bayrischen Landwirtschaftsverlag, München, 1951.
- Hafner, F. dr.: Die Praxis der Neuzeitlichen Holztransportes. Verlag G. Fromme, Wien, 1952.
- Hafner, F. dr.: Forstlicher Strassen- und Wegebau. Verlag G. Fromme, Wien, 1956.
- Hauska, L.: Das forstliche Bauingenieurwesen. 1–6. Band. Verlag Gerold's Sohn, Wien und Leipzig, 1938–1943.
- Hedenigg–Hafner: Planiergeräte im forstlichen Strassen und Wegebau. Verlag G. Fromme, Wien und München, 1956.
- Herpay–Pankotai: Mezőgazdasági útépités. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1963.
- Hewes, L. I. – Oglesby, C. H.: Highway Engineering. John Wiley et Sons. Inc., New York, Chapman et Hall, Limited, London, 1954.
- Hilf, H.: Arbeitswissenschaft. Verlag Carl Hauser, München, 1957.
- Karajitáh L.: Alkalmazott talajmechanika. Építéstügyi Kiadó, Budapest, 1953.
- Kastl, J.: Der Strassenbau 1–2. Verlag Teubner, Leipzig, 1960.
- Kézdi Á. dr.: Talajmechanika I. 2. kiadás. Tankönyvkiadó, Budapest, 1959.
- Kézdi Á. dr.: Talajmechanika II. Tankönyvkiadó, Budapest, 1954.
- Kézdi Á. dr.: Talajmechanikai praktikum. Tankönyvkiadó. Budapest, 1961.
- Kézdi Á. dr. – Balla Á. dr. – Lazányi I. – Szijórtó L. – Marzal L.: Földművek. Kézirat. Tankönyvkiadó, Budapest, 1962.
- Kézdi–Markó: Földművek védelme és víztelenítése. Műszaki Kiadó, Budapest, 1962.
- Kézdi–Póczy: Földművek I–II. Tankönyvkiadó, Budapest, 1957.
- Koller S.: Gépkocsi mozgásának és üzemének figyelembevétele közutak tervezésénél. Felsőoktatási Jegyzetellátó Vállalat, Budapest, 1959.
- Kóta J.: Lőmester. Népszava Kiadó, Budapest, 1953.
- Közúti Hídszabályzat. Közlekedési és Postaügyi Minisztérium, Budapest, 1956.

- Leholzky K.*: Az útépités kézikönyve. Műszaki Kiadó, Budapest, 1955.
- Madas A.*: Erdészeti Kézikönyv. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1956.
- Nemesdy E. dr.*: Útépitéstan. Kézirat. Tankönyvkiadó, Budapest, 1962.
- Nemesdy E. dr.*: Útívkitűző zsebkönyv. Műszaki Kiadó, Budapest, 1963.
- Neumann, E.*: Neuzeitlicher Strassenbau. Verlag Springer, Berlin (Göttingen) – Heidelberg, 1959.
- Ozorai Gy.*: A kőbányászat kézikönyve I – II. Építőipari Kiadó, Budapest, 1954 – 1955.
- Palotás L.*: Építőanyagok I – II. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1959 – 61.
- Palotás L.*: Mérnöki Kézikönyv 1 – 4. kötet. Műszaki Kiadó, Budapest, 1961.
- Papp – Mosonyi*: Műszaki Földtan. Műszaki Kiadó, Budapest, 1959.
- Pestal, E. dr.*: Seilbahnen und Seilkrane für Holz- und Materialtransport. Verlag G. Fromme, Wien, 1961.
- Póczy M.*: Földművek III. Tankönyvkiadó, Budapest, 1956.
- Rüsch, H. dr.*: Fahrbahnplatten von Strassenbrücken. Verlag W. Ernst et Sohn, Berlin, 1957.
- Schilling, W.*: Mechanisierung der Forstarbeit. Landwirtschaftsverlag, Berlin, 1962.
- Technische Richtlinien für den Schwarzdeckerbau auf Waldstrassen. Arbeitsring. „Waldwegbau“ bei der Technische Zentralstelle der deutschen Forstwirtschaft e. V. (TZF). Hamburg, 1957.
- Unger, H. dr.*: Massivbrücken. Verlag Teubner, Leipzig, 1956.
- Vásárhelyi B. dr.*: Útépitéstan. Tankönyvkiadó, Budapest, 1954.
- Vorläufiges Merkblatt für Bodenstabilisierung mit Klak. Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen im Österreichischen Ingenieur- und Architekten. Verein. Arbeitsgruppe „Untergrundforschung“. Wien, 1959.
- Wendl A. dr.*: Geológia I – II. Tankönyvkiadó, Budapest, 1951.
- Буверт – Ионов – Кишинский – Сыромятников*: Сухопутный транспорт леса. Гослесбу-миздат, Москва – Ленинград, 1960 – 1961.
- Б. Елифанов, Б. Е. – Ионов, Б. Д.*: Дорожно – строительные машины в лесной промышленности и основы дорожного дела. Гослесбуиздат, Москва – Ленинград, 1961.
- Христов, С. Т. – Михайлов, С. Т.*: Горски транспорт. София, 1962.
- Лысихина, А. И.*: Усовершенствованные дороги облегченного типа. – Дориздат Москва, 1950.
- Страментов, А. Е.*: Дороги. Издательство МКС, РСФСР, Москва, 1957.

Folyóiratok

Magyar nyelven

- Az Erdő, Budapest
 Erdészeti Lapok, Budapest
 Erdőgazdaság és Faipar, Budapest
 Erdészettudományi Közlemények, Sopron
 Erdészeti Kutatások, Budapest
 Közlekedéstudományi Szemle, Budapest
 Mélyépitéstudományi Szemle, Budapest
 Vízügyi Közlemények, Budapest

Orosz nyelven

- Автомобильные дороги, Москва.
 Лесная промышленность, Москва.

Cseh nyelven

- Lesnicka Prace, Praha
 Lesnický Casopis, Praha
 Lesnictví, Praha

Német nyelven

- Allgemeine Forstzeitschrift, München
 Allgemeine Forstzeitung, Wien
 Brücke und Strasse, Berlin
 Der Forst und Holzwirt, Hannover
 Forstarchiv, Hannover
 Forsttechnische Informationen, Mainz
 Internationale Berg- und Seilbahn Rundschau, Wien

Strassen und Tiefbau, Heidelberg
Strasse und Verkehr, Zürich
Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, Zürich

Francia nyelven
La Route, Paris

Angol nyelven
Highway Research Board, Washington kiadványai





Mezőgazdasági Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat. Felelős kiadó: Dr. Sárkány Pál. Felelős szerkesztő: Zánkai Géza. Tipográfia, kötés- és védőborítóterv – Rácz József felvételének felhasználásával – Osvár József munkája. Nyomásra engedélyezve: 1965. V. 5-én. Megjelent 1000 példányban, 57 (A/5) ív terjedelemben, 648 ábrával. Készült a Szabványügyi Hivatal 212/4501 sz. engedélye alapján.

Mg-133-k-6568

65/32251. Franklin-nyomda Budapest, VIII., Szentkirályi u. 28.







96— Ft