



BSc. - KÖZLEKEDÉSTERVEZÉS I.

Utak tervezése, építése és fenntartása

Dr. Timár András professor emeritus

**Pécsi Tudományegyetem - Műszaki és Informatikai Kar
Építőmérnök Tanszék**

Pécs, 2016

7. Előadás

A PÁLYASZERKEZETEK ANYAGAI, MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS

Dr. Timár András professor emeritus

Pécsi Tudományegyetem - Műszaki és Informatikai Kar
Építőmérnök Tanszék
Pécs, 2016



Aszfalt pályaszerkezetek

1

- ❖ **Aszfalt:** bitumen kötőanyaggal összekevert *adalékanyagok* együttese
- ❖ Útépítésben kőolaj-finomítással előállított bitument használnak
- ❖ Az útépítési bitumennel szemben támasztott követelmények:
 - jól vonja be az adalékanyagot
 - ne legyen érzékeny a hőmérsékletváltozásra
 - legyen hőálló
 - lassan öregedjen

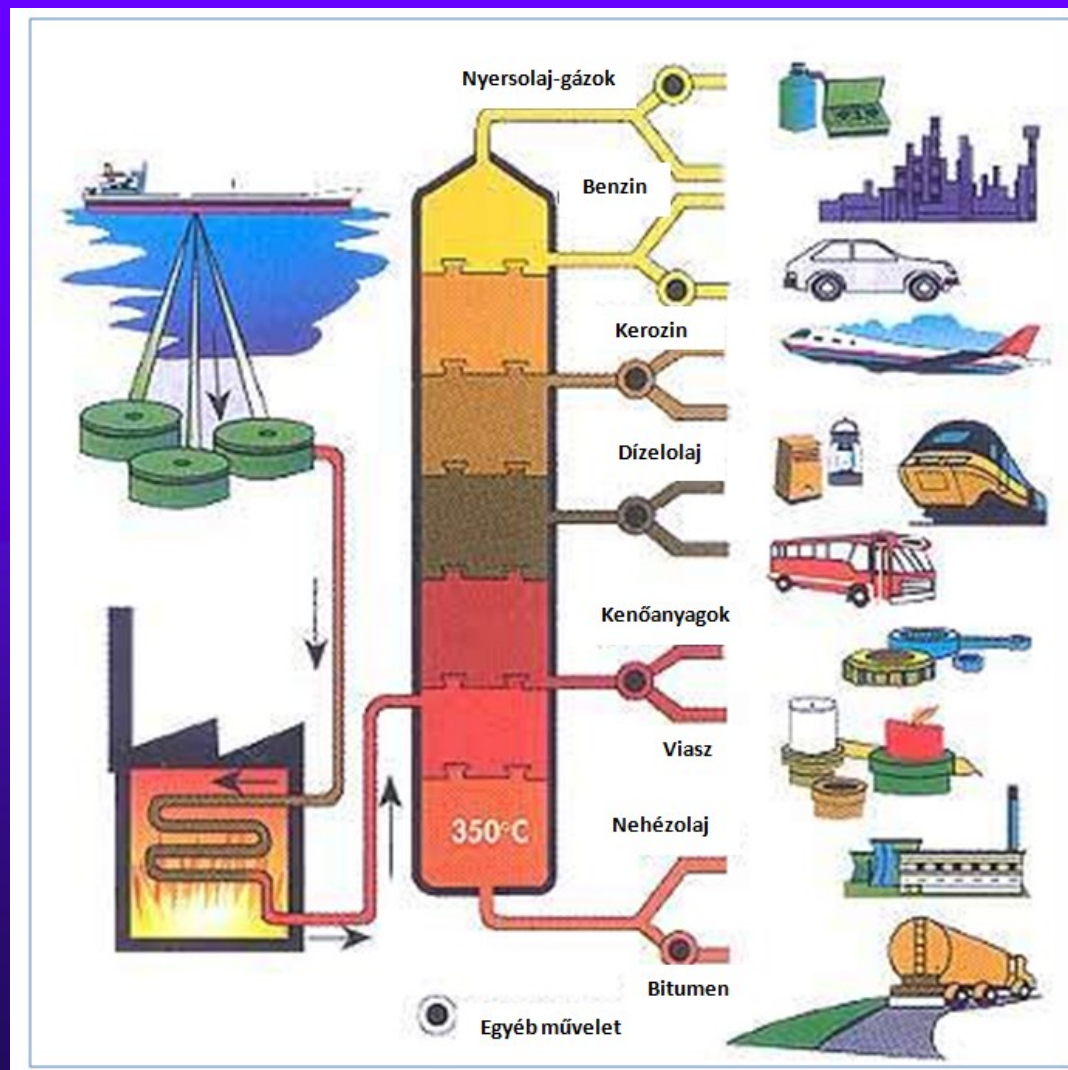


Természetes és mesterséges bitumen-lelőhelyek

La Brea bitumentó
Trinidad és Tobagó



Bitumen nyersolajból (kőolaj desztilláció)



Aszfaltbeton összetételi arányai

Tömeg arány:

4 – 6 % Bitumen

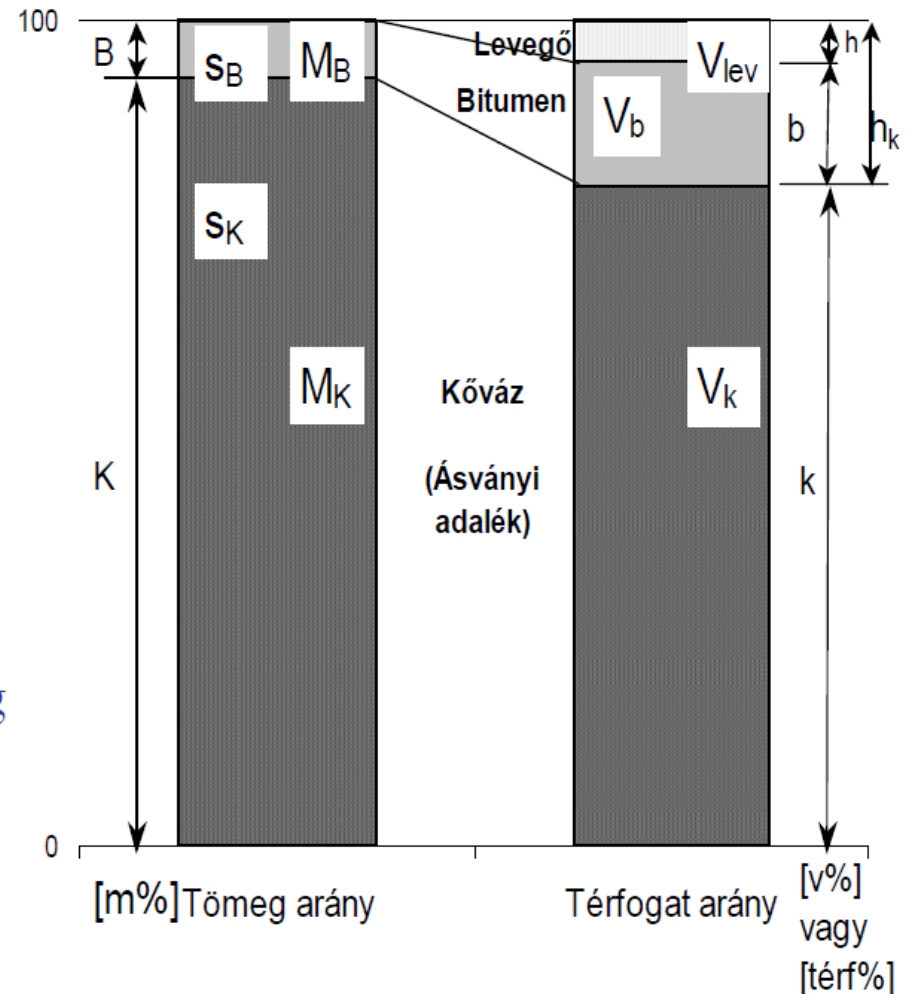
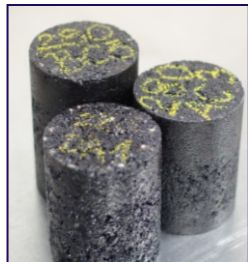
94 – 96 % Ásványi anyag

Térfogat arány:

3 – 6 % Levegő

10 – 15 % Bitumen

79 – 87 % Ásványi anyag

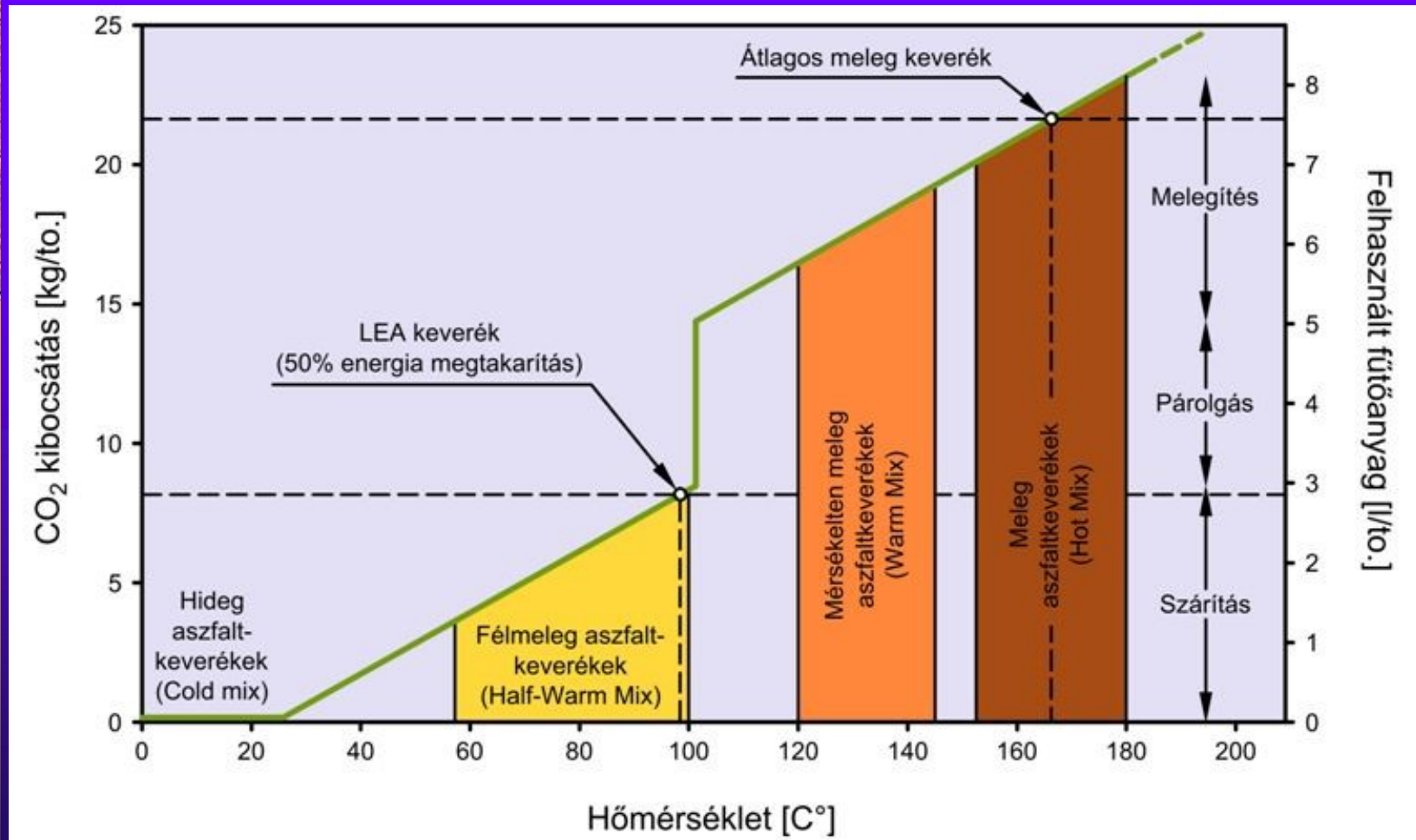


Aszfalt pályaszerkezetek

2

- ❖ Az útéépítésben alkalmazott bitumenfajták:
 - a magas hőmérsékletre hevítéssel előállított útibitumen (B), amely szobahőmérsékleten szilárd, (kevert aszfaltokhoz használják)
 - hígított bitumen (HB), amit az útibitument olajjal hígítva állítanak elő, s csak a hígítóanyag elpárolgása után köt
 - bitumenemulzió, amelynek előállításakor az útibitument kolloidmalomban vízzel keverik emulgeálószer jelenlétében; az emulzió megtörése (a bitumen és a víz szétválása) után köt

Aszfaltkeverékek osztályozása gyártási hőmérséklet szerint



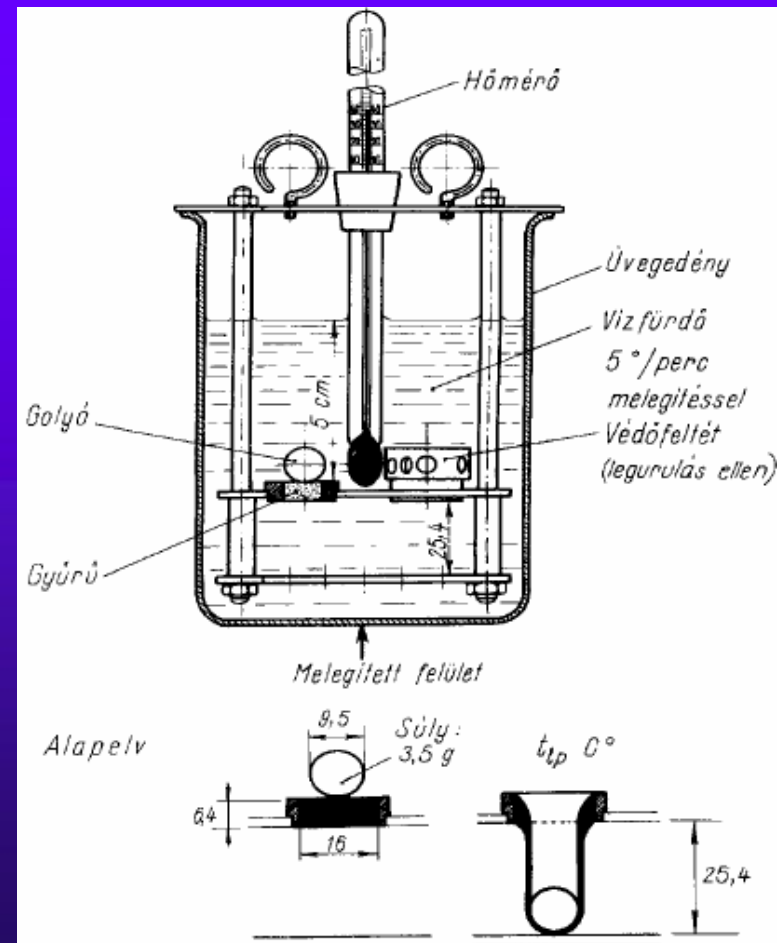
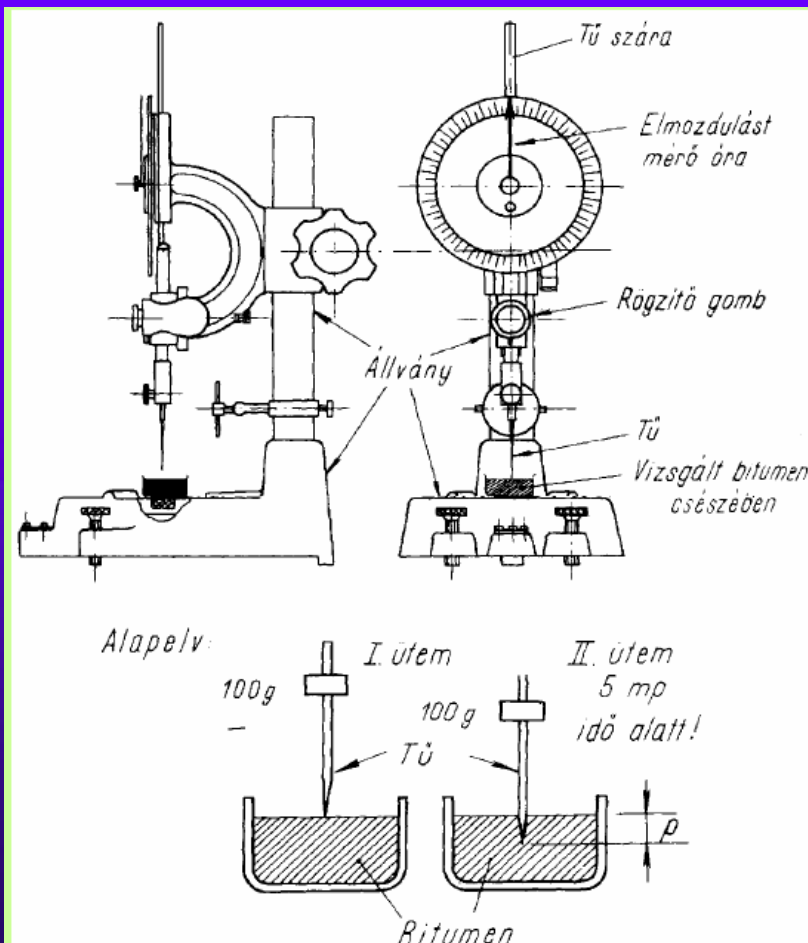
Útbitumen

1

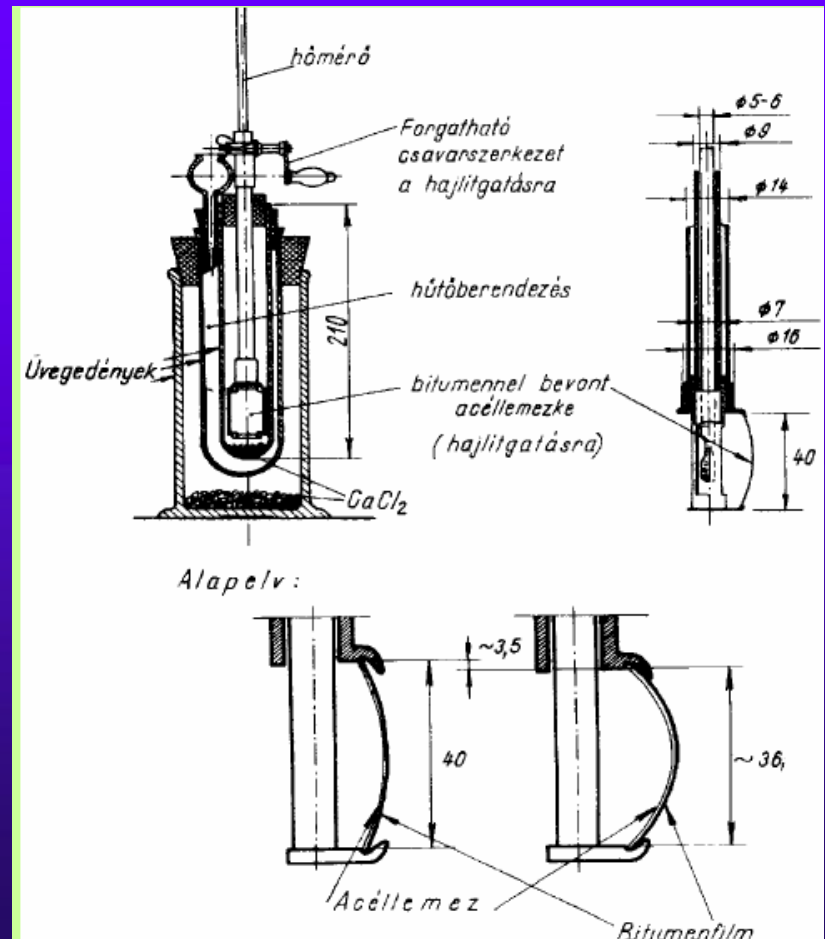
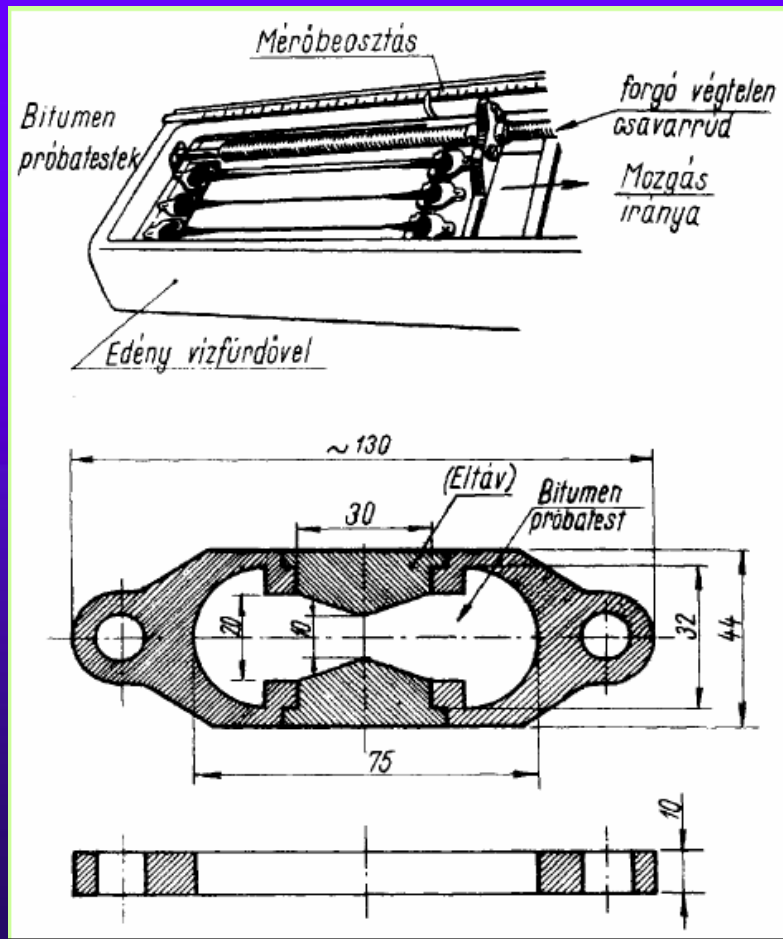
- ❖ **Az *útbitument* nagy bitumentartalmú nyersolajból szakaszos desztillációval (vákuumban) nyerik**
- ❖ **Az így előállított bitumen azonban nem elég kemény, ezért a desztilláció maradékeként keletkező bitument tovább hevítik keveréssel és fúvatással (levegőt fúvatnak át a felhevített bitumenen, amivel többlet oxigénmolekulákat visznek be a bitumenbe, ennek következtében az keményebb lesz)**

- ❖ Az útbitumen fontos, laboratóriumi fizikai vizsgálatokkal mért *minősítő jellemzői*:
 - *penetráció* (meghatározásakor 25 °C-on 5 s alatt szabványosított tű benyomódási mélységét mérik, eredmény mm/100-ben)
 - *lágyuláspont* (az a hőmérséklet, amely a gyűrűs-golyós kísérletnél a bitumenréteg alapszintre érkezésekor olvasható le)
 - *Fraas féle töréspont* (az a hőmérséklet, amelyen egy vékony acéllemezre kent bitumenréteg a lemez hajlításakor megreped)

Penetrációs vizsgálat és lágyuláspont meghatározása



Duktilitás vizsgálat és Fraas töréspont meghatározása



- ❖ Az útbitumen további fontos *minősítő jellemzői*:
 - *duktilitás* (meghatározásakor 25 °C-on a bitumenszálat megnyújtják és azt a hosszat határozzák meg, amelynél az éppen elszakad)
 - *öregedési vizsgálat* (a penetrációs és duktilitási vizsgálat elvégzése a bitumen 163 °C-on történő hevítése előtt és után; célja a különbség meghatározása)
- ❖ Az *útépítő bitumenekkel* szemben támasztott minőségi követelményeket szabványosították

Útépítési bitumenek

MSZ EN 12591



Jellemző	Egység	Vizsgálati módszer	Követelmény				
			20/30	35/50	50/70	70/100	160/220
Penetráció 25°C-on	0,1mm	MSZ EN 1426	20-30	35-50	50-70	70-100	160-220
Lágyuláspont	°C	MSZ EN 1427	55-63	50-58	46-54	43-51	35-43
Keményedéssel szembeni ellenálló képesség 163°C-on, RTFOT módszer szerint		MSZ EN 12607-1					
Tömegváltozás, legfeljebb ±	m/m%		0,5	0,5	0,5	0,8	1,0
Penetráció keményedés után, az eredeti penetráció százalékában, legalább	%		55	53	50	46	37
Lágyuláspont keményedés után, legalább	°C	MSZ EN 1427	57	52	48	45	37
Lágyuláspont növekedés keményedés után, legfeljebb	°C	MSZ EN 1427	8	8	9	9	11
Lobbanáspont, legalább	°C	MSZ EN 22592	240	240	230	230	220
Oldhatóság, legalább	m/m%	MSZ EN 12592	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0
Kinematikai viszkozitás 135°C-on, legalább	mm ² /s	MSZ EN 12595	530	370	295	230	135
Töréspont Fraass szerint, legfeljebb	°C	MSZ EN 12593	-	-5	-8	-10	-15



Hígított bitumen

- ❖ A *hígított bitument* útépitő bitumenből állítják elő oly módon, hogy magas hőmérsékleten gázolajjal hígítják
- ❖ A hígított bitumen nem köt azonnal a bedolgozás és lehülés után, hanem csak akkor, ha a hígítóanyag elpárolgott
- ❖ Ezért a hígított bitumennel készült burkolati rétegek a forgalom hatására *utántömörödnek*



Bitumenemulzió

- ❖ A bitumen vízben *oldhatatlan*, emulgeátor jelenlétében azonban a *kolloid malom* mechanikai energiájának segítségével 1-5 mikron nagyságú szemcsékben a vízben *diszpergálható* (50-60 % bitumen, 40-50 % víz)
- ❖ *Kationaktív emulziókat* alkalmaznak, ezekben az emulgeátor *felületaktív anyag*, mely az emulzió szemcséinek pozitív elektromos töltést ad
- ❖ Közettel érintkezve az emulzió *megtörik* (szétválik vízzé és bitumenné) és a kationaktív emulzióban lévő bitumen a közetet elektrokémiai kötással, jól tapadva bevonja (kötés még a víz elpárolgása előtt)



Ásványi adalékanyagok

❖ Fagyálló *kővázat* alkotó ásványi adalék- anyagok:

- *zúzottkövek* (szem nagyság $32 > 20$ mm)
- *zúzalékok* (szem nagyság $20 > 4$ mm között)
- *zúzott homokok* (szem nagyság $4 > 0,1$ mm)
- *kőliszt* (filler, szem nagyság $< 0,1$ mm)

❖ A zúzottkövek és zúzalékok túlnyomóan vulkanikus kőzetből: *bazaltból* és *andezitből* készülnek, a kőlisztet pedig jó minőségű üledékes kőzetből: *mészköből*, vagy *dolomitből*, a zúzott homokot *folyami kavicsból* állítják elő

❖ Kőliszt szerepe: tömör aszfaltok előállításakor a bitumen lekötése, kis hézagok kitöltése

Útépítési kőanyagok



ANDEZIT



BAZALT



DOLOMIT



MÉSZKŐ



Útépítésben használt kőzetfajták (ásványi adalékanyagok)



Vulkanikus:

bazalt

andezit

Üledékes:

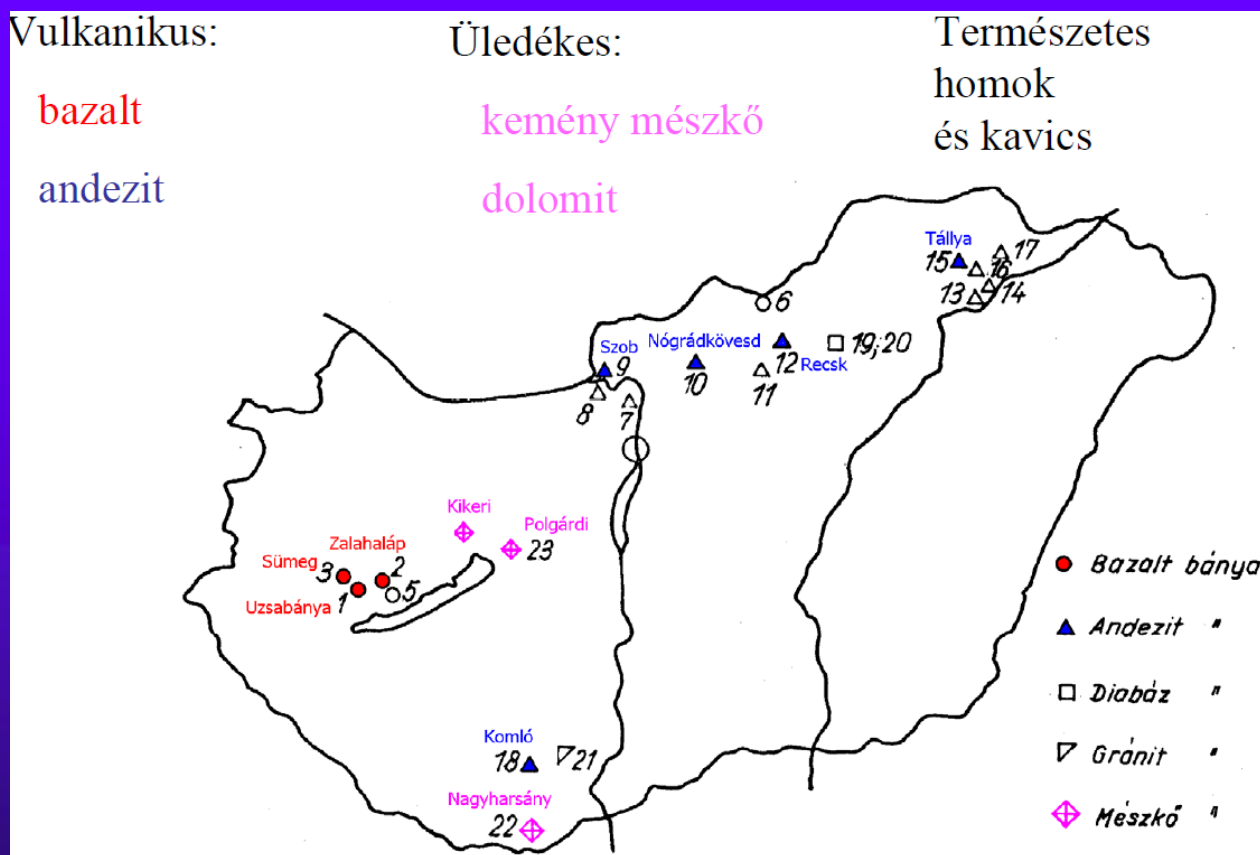
kemény mészkő

dolomit

Természetes

homok

és kavics



A kőbányákban előállított (zúzott, osztályozott és mosott) zúzottkő termékek lehetnek

- **szűk szemmagysághatárúak:**
0/3, 3/5, 5/8, 8/12, 12/20, 20/35, 35/55, 55/80
- **tág szemmagysághatárúak:**
0/5, 3/8, 5/12, 5/20, 20/55, 20/80, 0/35.

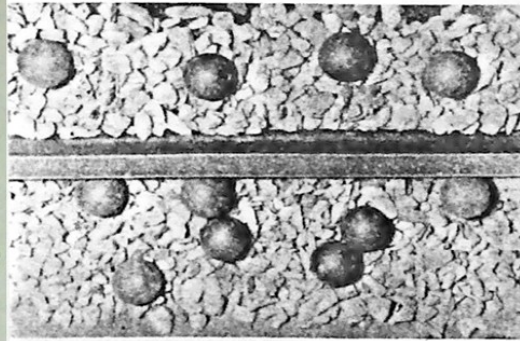
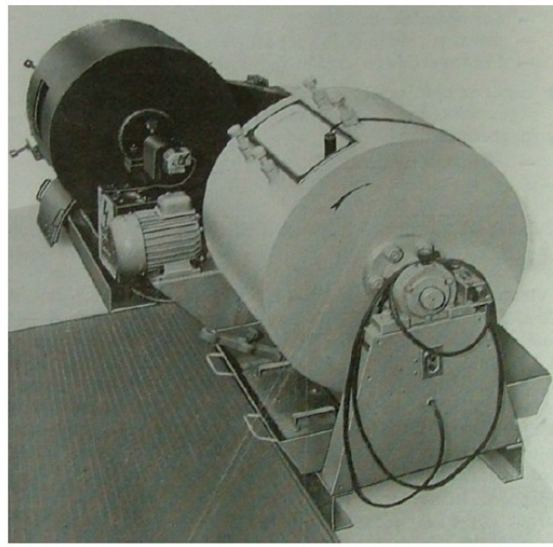
Ásványi adalékanyagok minősége

1

❖ **A közetfizikai tulajdonságok meghatározására alkalmazott eljárások:**

- **ütőszilárdság meghatározása** LOS ANGELES forgódobban (a vizsgálandó szemcséket acélgolyókkal együtt forgatják és meghatározzák az aprózódási veszteséget)
- **kopószilárdság meghatározása** DEVAL forgódobban (a vizsgálandó szemcséket dobban forgatják és meghatározzák a kopási veszteséget – jelenleg nem használják);
- **időállóság meghatározása** (kristályosodási próbával a mállási veszteséget mérik magnéziumsulfát (Mg_2SO_4) és nátriumsulfát (Na_2SO_4) oldatba mártogatás után)

LOS ANGELES és DEVAL vizsgálat eszközei



Ásványi adalékanyagok minősége

2

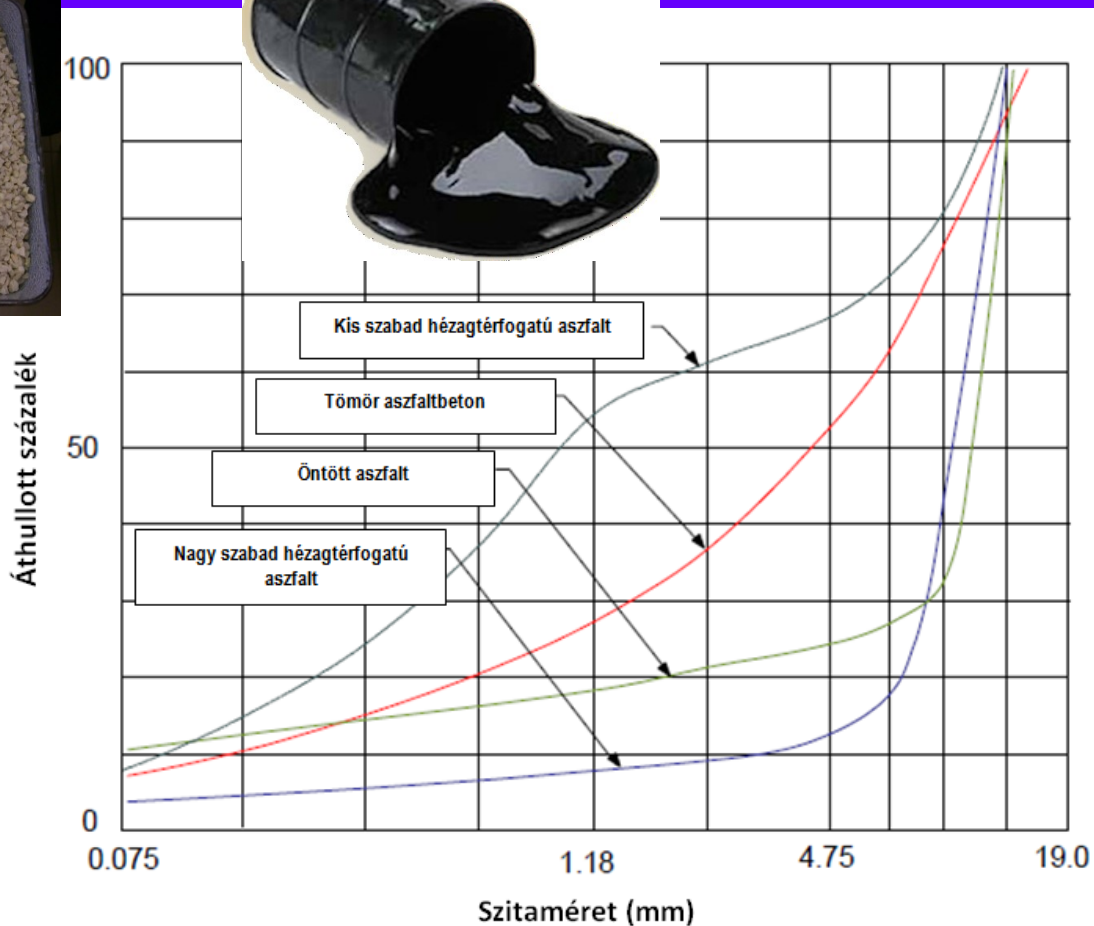
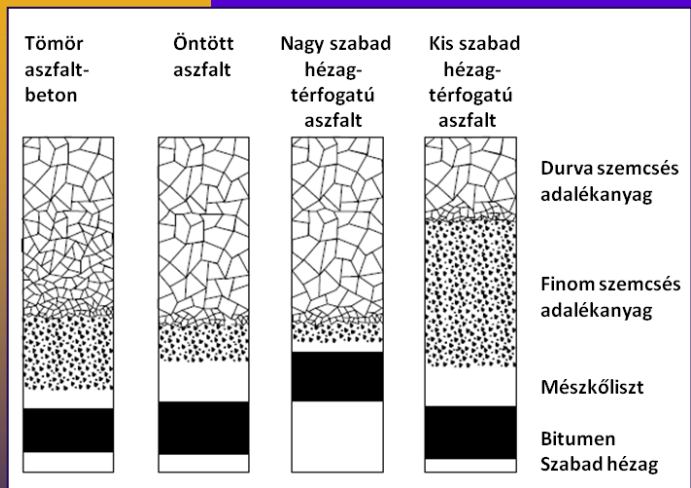
- ❖ Az adalékanyag-halmaz *szemcseméreteivel* és a *szemcsék alakjával* kapcsolatos vizsgálatok:
 - *szemeloszlás meghatározása* (szitálással, rostálással ellenőrzik, hogy az anyag a szabványos követelményeknek megfelel-e);
 - *a szemcsealak vizsgálat* során meghatározzák, hogy mekkora a kedvezőtlen alakú lemezes szemcsék aránya a vizsgált halmaz tömeg %-ában kifejezve; egy szemcse akkor lemezes, ha

$$v/s \leq 0.5$$

ahol

v a szemcse vastagsága, **s** a szélessége

Aszfaltkeverékek jellegzetes szemeloszlási görbéi



Aszfaltburkolatú autópálya (M7)



Pályaburkolati betonok szilárdsági követelményei

Sor- szám	Megnevezés	Jelölés MSZ EN szerint	CP4/2,7	CP3,5/2,4	CP 3/2
			jelű betonok előírt jellemző szilárdsága (N/mm ²)		
1	Hajlító-húzószilárdság gerendán, 28 napos	F	4	3,5	3
2	Hasító-húzószilárdság készített hengeren	S	3	2,7	2,4
3	Nyomószilárdság 28 napos, kockán	C	37	30	25
4	Hasító-húzószilárdság 28 napos, kifűrt hengeren	SC	2,7	2,4	2,0
5	Nyomószilárdság, 28 napos, kifűrt hengeren	CC	30	25	20

Megjegyzés: Az 1, 2, 3. sorban a keverőtelepen vett mintából készített próbatestek vizsgálati eredményeire vonatkozó, a 4. és 5. sorban a burkolatba beépített betonra vonatkozó szilárdsági követelmények szerepelnek



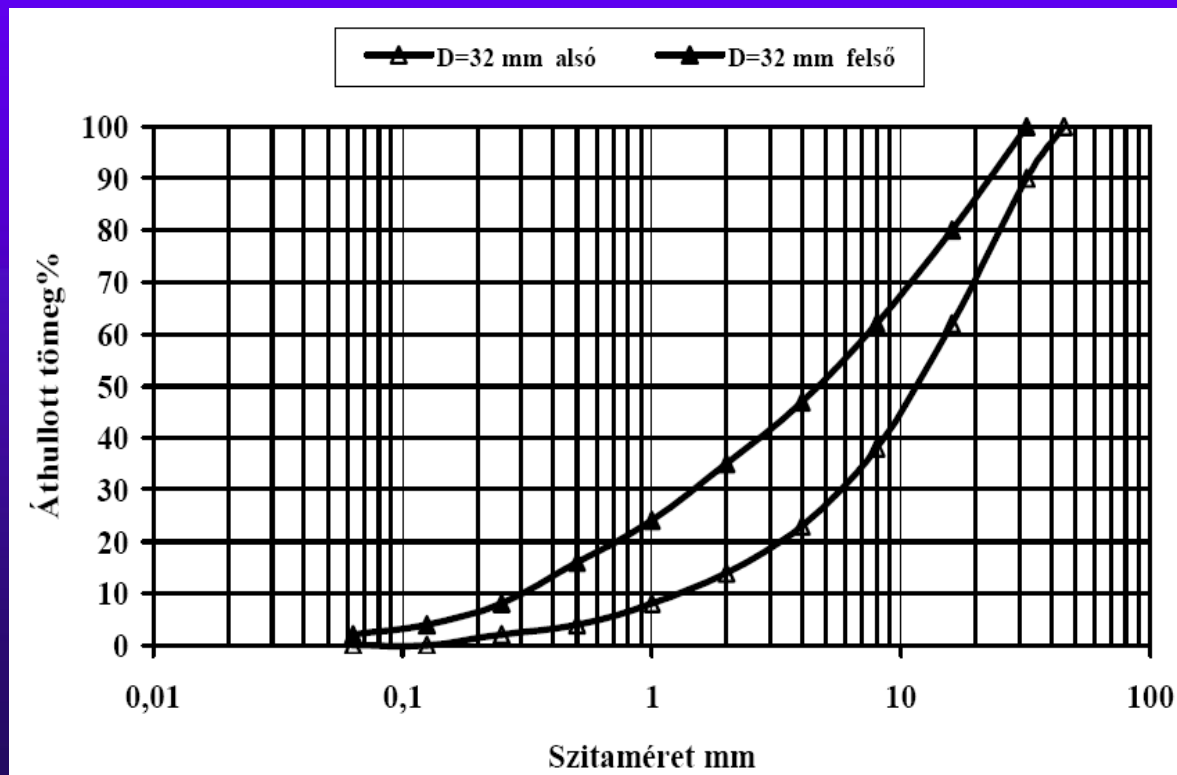
Pályaburkolati betonok összetételi követelményei

Megnevezés	CP4/2,7	CP3,5/2,4	CP 3/2
	jelű pályaburkolati beton		
Hajlító-húzószilárdság 28 napos várható értéke [N/mm ²]	5,3	4,6	4,0
Hasító-húzószilárdság 28 napos várható értéke [N/mm ²]	4,0	3,6	3,2
Nyomószilárdság 28 napos várható értéke kockán [N/mm ²]	45	40	33
Nyomószilárdság 28 napos várható értéke hengeren [N/mm ²]	40	34	28
Beton cementtartalma* [kg/m ³]	≥350	≥330	≥300
Beton víz-cement tényezője	≤0,43	≤0,45	≤0,47
Adalékanyag legnagyobb szemnagysága, D [mm]	8*	16, 22,	32
Adalékanyag zúzott részének [8] mennyisége [m ⁰ %]	≥50	≥40	≥30
Távolsági tényező [mm]		≤0,22	

* Megjegyzés: $D = 8 \text{ mm}$ keverék cementtartalma $\geq 370 \text{ kg/m}^3$ legyen.

Pályaburkolati betonok adalékanyaga

Útpályabetonokhoz gyakran használt, legfeljebb
32 mm szemnagyságú adalékanyag
szemeloszlási határgörbéi



Betonburkolatú autópálya (M0)



8. Előadás

HAJLÉKONY ÉS MEREV PÁLYASZERKEZETEK FELÉPÍTÉSE, FÖLDMŰ ÉS VÍZELVEZETÉS TERVEZÉSE

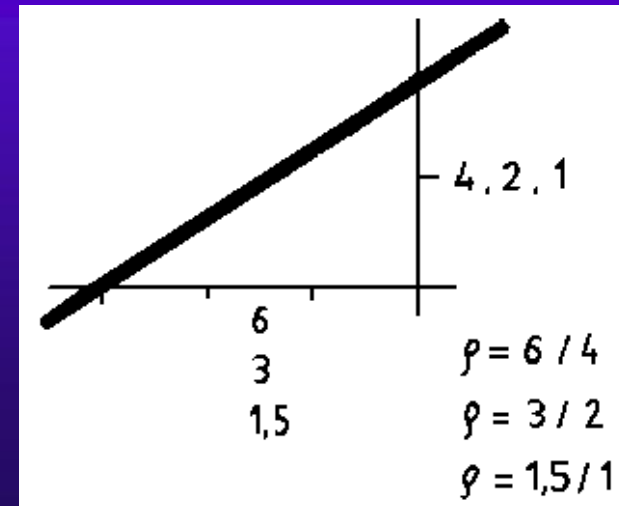
Dr. Timár András professor emeritus

Pécsi Tudományegyetem - Műszaki és Informatikai Kar
Építőmérnök Tanszék
Pécs, 2016



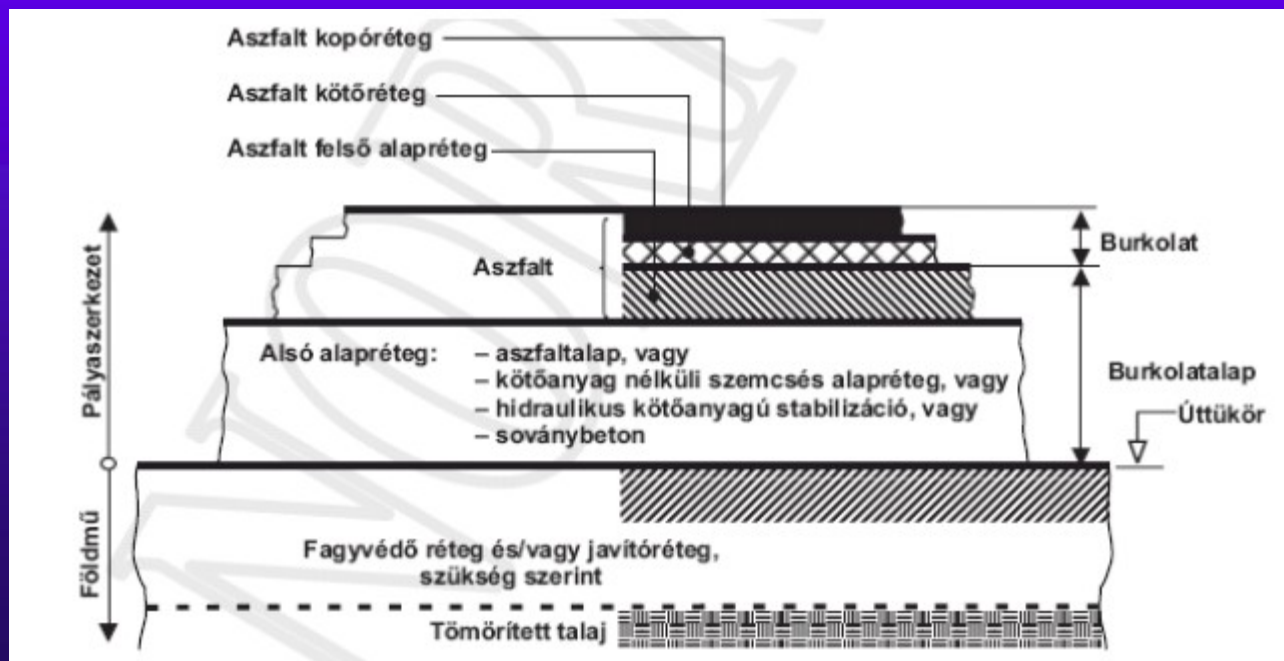
Alapfogalmak

- ❖ Alépítmény: a pályaszerkezetek alátámasztását biztosítja, mely a forgalom hatására alakját nem változtathatja (földmű, földmunka)
- ❖ Felépítmény: a tulajdonképpeni pályaszerkezet
- ❖ Az alépítmény lehet töltés, bevágás, vagy vegyes szelvény
- ❖ A rézsűk a töltések és a bevágások oldalát határoló ferde felületek, hajlásukat a mellékelt ábrán látható módon fejezzük ki:



A pályaszerkezet felépítése

- ❖ A pályaszerkezet - anyagát tekintve - bitumen kötőanyagú *aszfalt* (hajlékony) vagy cement kötőanyagú *beton* (merev) pályaszerkezet
- ❖ A hajlékony pályaszerkezet felépítése:



Aszfalt-finiser



A hajlékony pályaszerkezet felépítése, anyagai

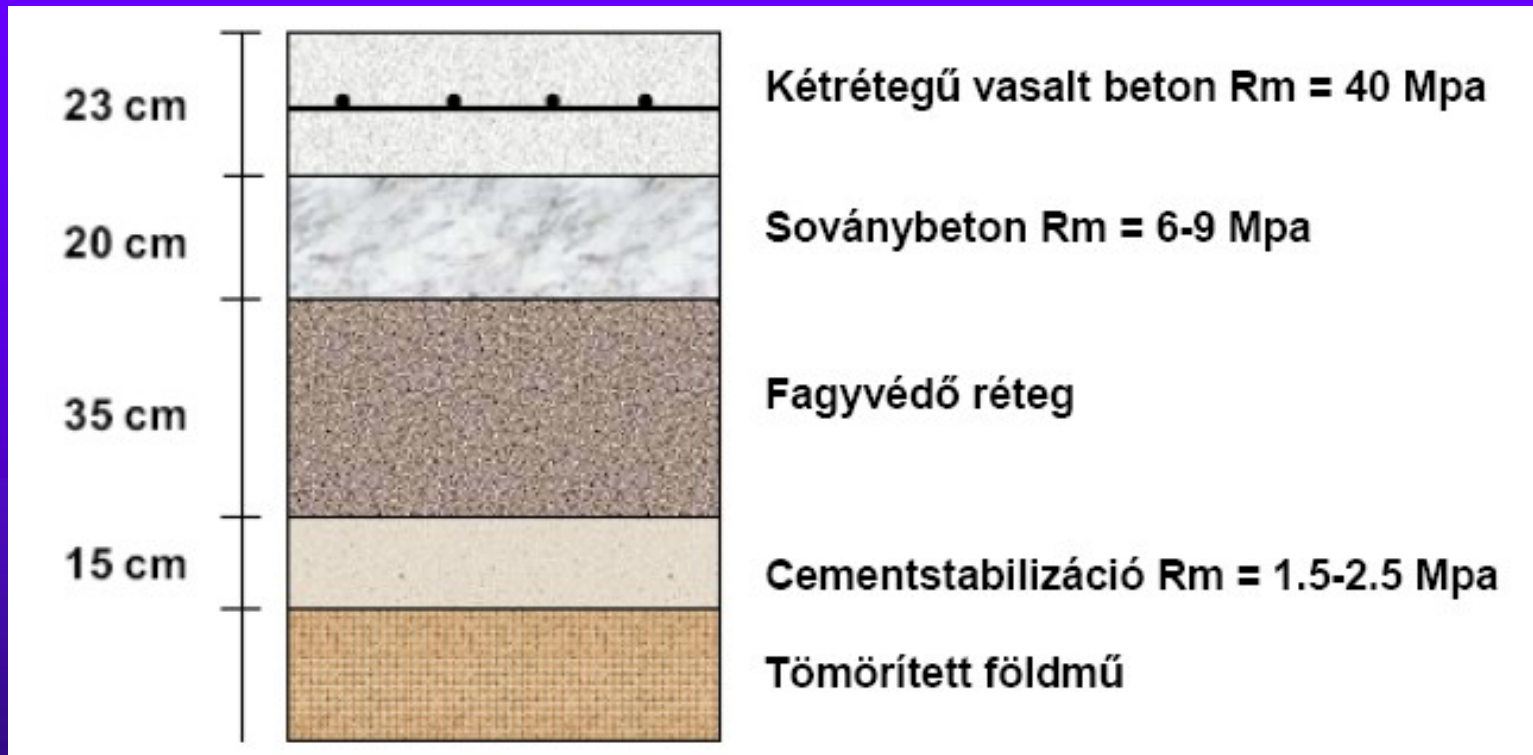
- ❖ **Burkolat anyaga** (pl. aszfaltbeton) összetevői:
 - bitumen (kötőanyag),
 - zúzottkő, nemes zúzalék, homok (zúzott és természetes) és mészkőliszt (filler, adalékanyag)
- ❖ **Az aszfaltbetont keverőtelepen állítják elő, ponyvával letakart billenőplatós tehergépkocsin szállítják, finiserrel terítik, gumi- illetve hagyományos hengerrel tömörítik**
- ❖ **Burkolatalap** (pl. meleg bitumenes alapréteg) anyagai:
 - bitumen (kötőanyag),
 - helyi anyag, pl. kavics, homok (adalékanyag)



Merev pályaszerkezet anyagai

- ❖ **Burkolat** anyagának összetevői:
 - cement (kötőanyag),
 - zúzottkő, kavics (adalékanyag)
 - víz, levegő, kötőszabályozó adalék
 - acélbetétek
- ❖ Az útbetont keverőtelepen állítják elő, billenőplatós tehergépkocsin szállítják, finiserrel terítik és vibrálással tömörítik, felületébe hézagokat vágnak, utókezelik
- ❖ **Burkolatalap** (pl. sovány beton) anyagai:
 - cement (kötőanyag),
 - helyi anyag, pl. kavics, homok (adalékanyag)
 - víz, levegő

Merev pályaszerkezet felépítése



Csúszózsálas betonfiniser

1



Csúszózsálas betonfiniser

2



Földmű teherbírása

1

- ❖ A pálya teherbírását döntően befolyásolja a földmű egyenletes és megfelelő tömörsége
- ❖ A földmunka legfelső 0,5 m vastag rétegének előírt T_{ry} tömörségi értéket (Proctor tömörségi fokot) el kell érnie (pl. 90% vagy 95 %)
- ❖ *Proctor vizsgálat*: 12 cm magas hengerben, 46 cm magasságról ejtett 45 N súlyú döngölő 5x25 ütéseve talajmintát tömörítünk; az ismert térfogatból és a G súlyból számítjuk a γ_{nedves} -t, majd kiszáritás után a víztartalom ismeretében

a

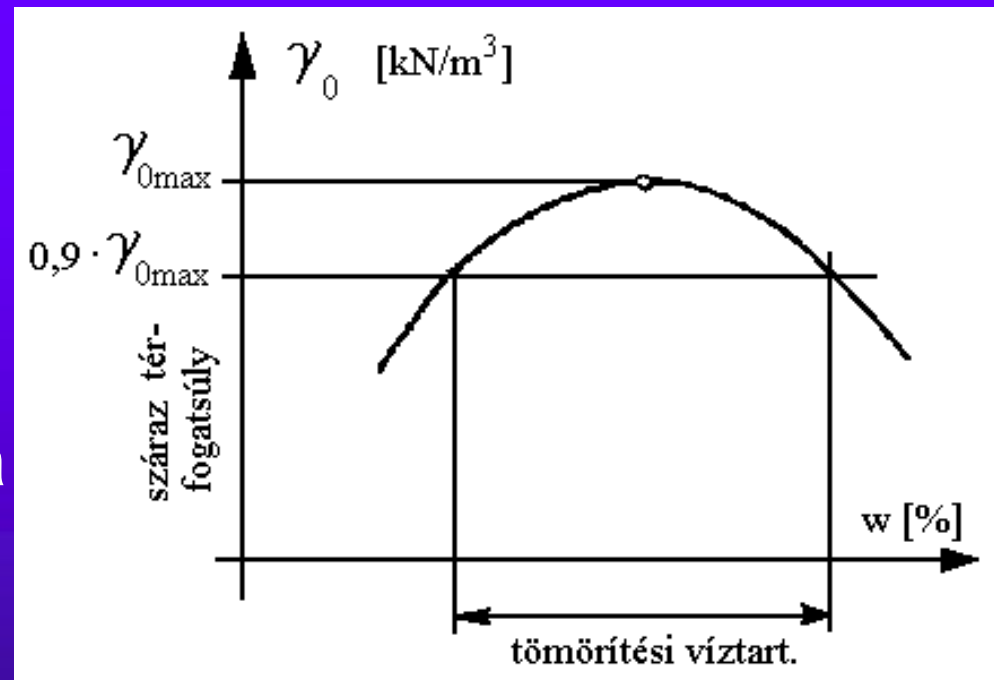
$$\gamma_0 = \frac{\gamma}{\left(1 + \frac{w}{100}\right)}$$

képlettel a száraz térfogatsúlyt

Földmű teherbírása

2

- ❖ A műveletet 5 különböző víztartalmú anyaggal megismételve, az eredményeket ábrázolva adódik a Proctor görbe (l. ábra):



$$T_{ry} = 100 \cdot \frac{\gamma_0}{\gamma_{0max}}$$

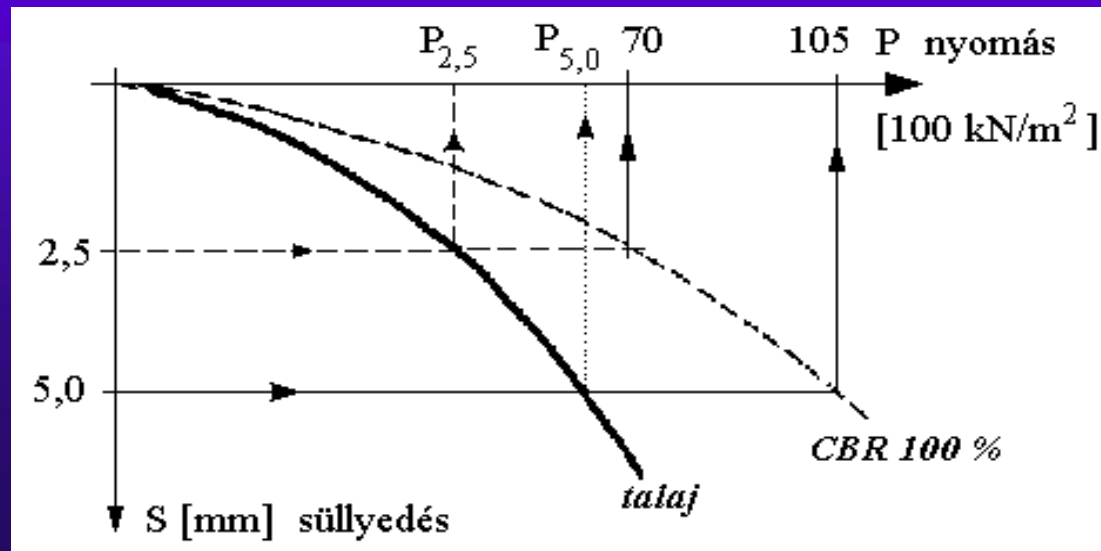
A *Proctor tömörségi fok* (T_{ry} [%]) a képletből számítható, ahol γ_{0max} a görbe tetőpontja (az alkalmazott jelölések az ábrán láthatók)

Földmű teherbírása

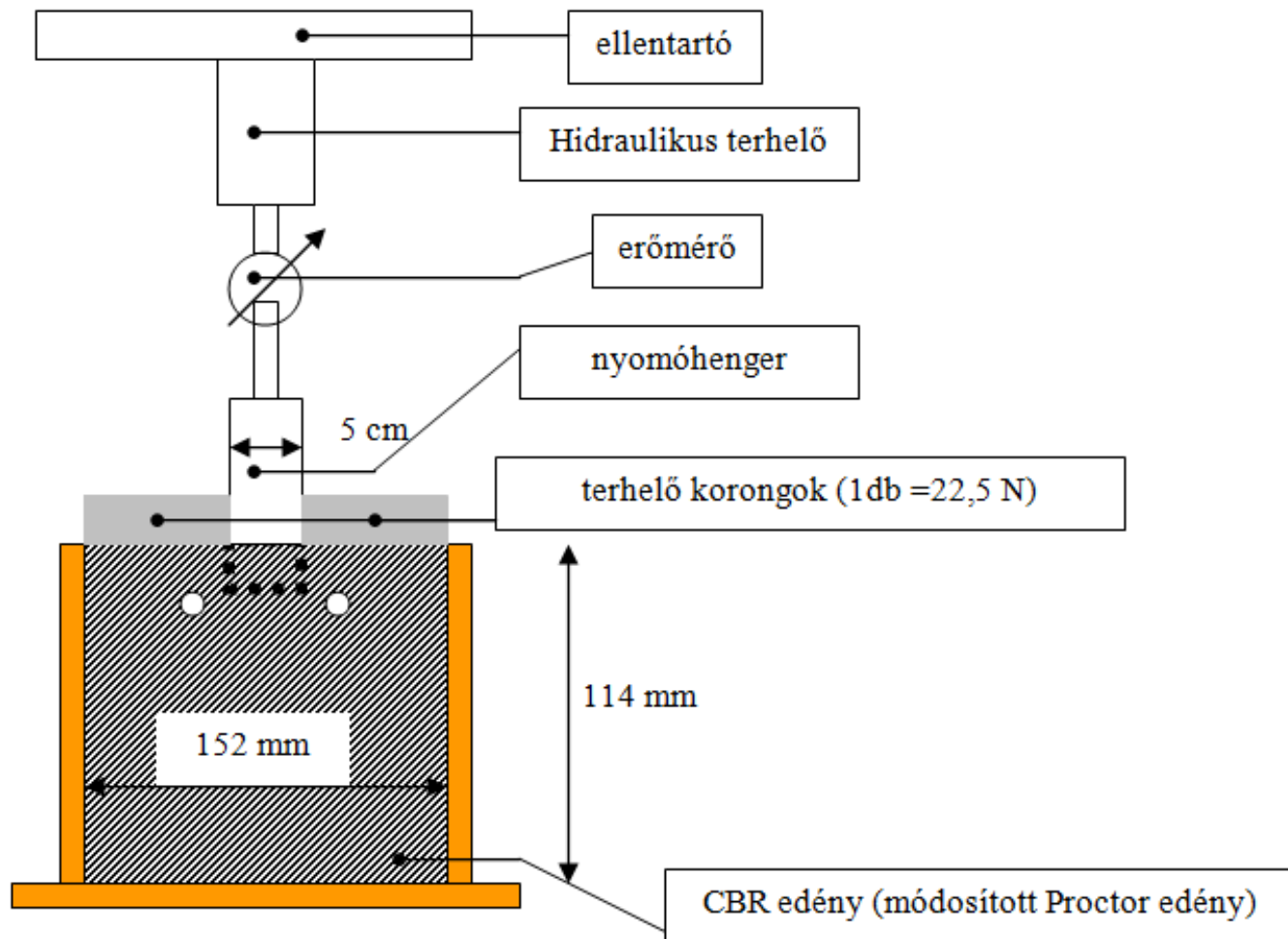
3

- ❖ A földmű teherbírásának jellemzésére az útépítésben a *CBR* (%) értéket használják
- ❖ Meghatározásához $T_{ry} = 90$ %-nak megfelelő tömörített talajmintába $\varnothing 50$ mm-es hengert nyomnak és felrajzolják a nyomás-süllyedés (P-S) görbét (I. ábra):

- ❖ Az ábrán a viszonyítási alap, a tömör zúzottkő P-S görbéje is látható



CBR vizsgálat



Földmű teherbírása

4

- ❖ A két S-P görbe megfelelő értékeinek arányát a következőképpen számítjuk:

$$CBR = 100 \cdot \frac{P_{2,5}}{70} (\%)$$

továbbá

$$CBR = 100 \cdot \frac{P_{5,0}}{105} (\%)$$

- ❖ A kettő közül a nagyobb a CBR (%) érték

Földmű teherbírása

5

- ❖ A talaj teherbírásának értékelése a CBR% érték alapján:

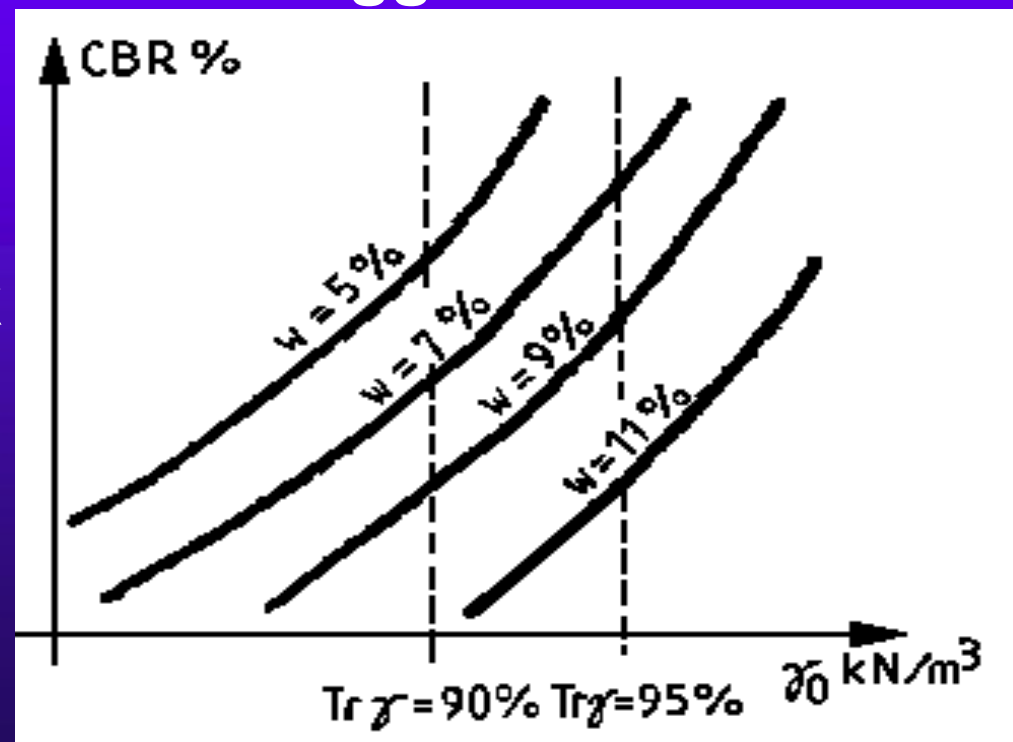
CBR %	Értékelés
2 – 4	gyenge
5 – 7	közepes
7 –15	megfelelő
12-20	jó, kiváló

Földmű teherbírása

6

❖ Az ábrán a homokok teherbíró képessége (CBR %), tömörsége (γ_0 [kN/m³]) és víztartalma (w [%]) közötti összefüggés látható:

❖ A víztartalom növekedésével a CBR (%) érték csökken

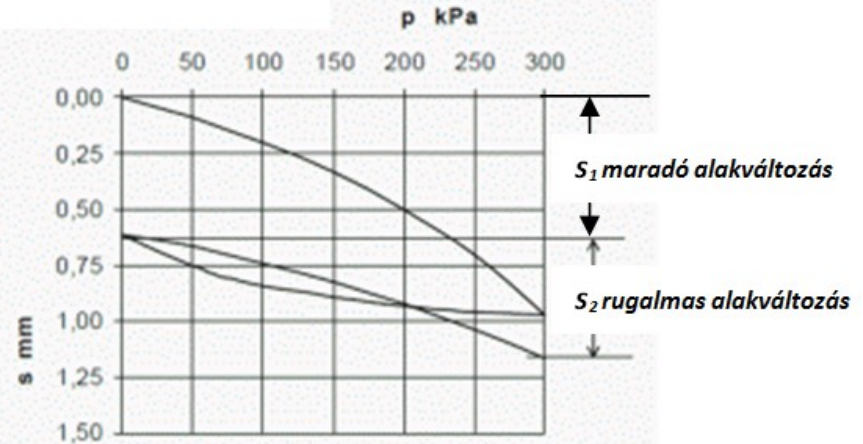
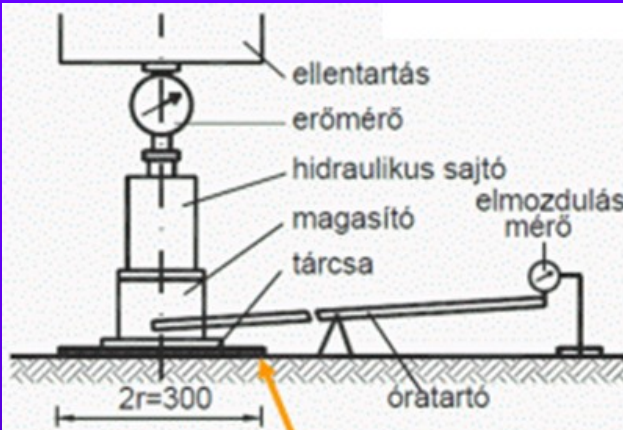


Földmű teherbírása

7

- ❖ A földmű statikus és dinamikus teherbírása tárcsás méréssel is meghatározható
- ❖ A tárcsás vizsgálat (kb. 30 perc): teherautó ellensúllyal, 30 cm átmérőjű nyomótárcsával végzett statikus próbaterhelés
- ❖ A sajtóval terheljük a nyomótárcsát, minden 0,5 [kp/cm²] lépcsőnél - kivárva a konszolidációt - mérőórával mérjük a süllyedést
- ❖ A dinamikus vizsgálatnál a szabványos ejtősúly tárcsára való becsapódásának hatására létrejövő alakváltozásokat mérjük (a konszolidáció kivárása nélkül)

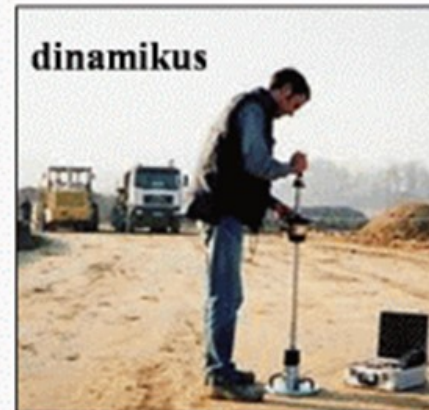
Földmű teherbírásának mérése



$$E_2 = \frac{1-\mu^2}{4} \cdot \pi \cdot p \cdot \frac{2r}{s_2} \approx 1,5 \cdot p \cdot \frac{r}{s_2}$$



statikus

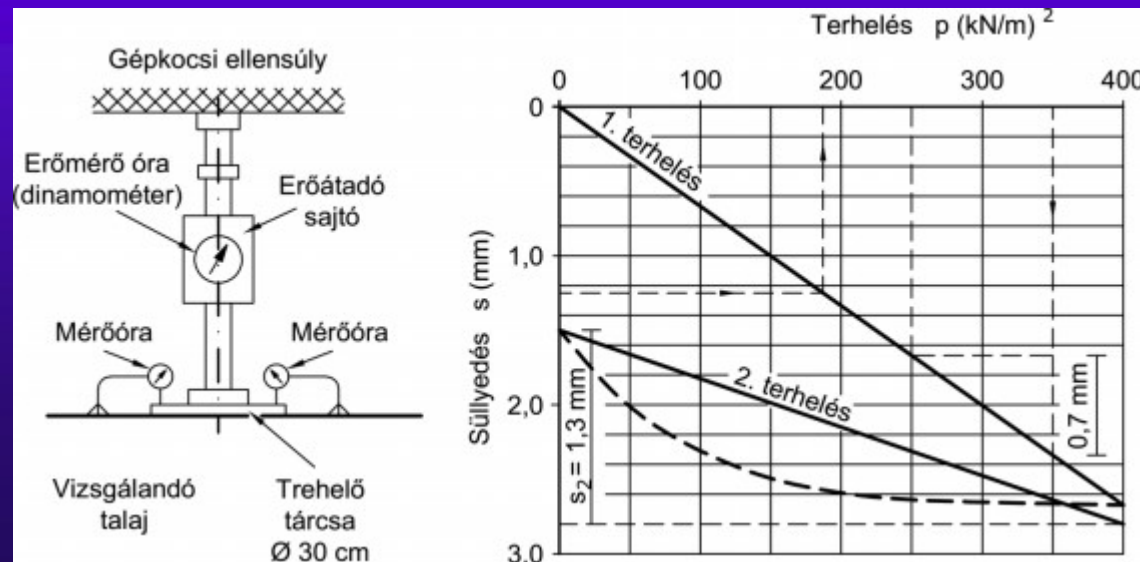


dinamikus

Földmű teherbírása

8

- ❖ Először $4,0 \text{ kp/cm}^2$ nyomásig fokozzuk a terhelést, utána tehermentesítünk, majd másod-szor is $4,0 \text{ kp/cm}^2$ nyomásig terhelünk
- ❖ A két terhelés/süllyedés görbe közül az E_2 rugalmassági modulus számításához a 2. terhelést vesszük figyelembe, mert ennél kisebb a maradó alakváltozás



Földmű teherbírása

9

- ❖ Az E_2 teherbíró képességi (rugalmassági) modulus a tárcsás vizsgálatból nyert 2. terhelési görbéből állapítható meg, számítása:

$$E_2 = 1,5 \cdot \frac{pr}{s} = 1,5 \cdot \frac{40 \cdot 15}{s} = \frac{90}{s} \quad [N / cm^2]$$

ahol

$r =$ 15 cm a tárcsa sugara,

$p =$ 40 N/cm² a legnagyobb nyomás és

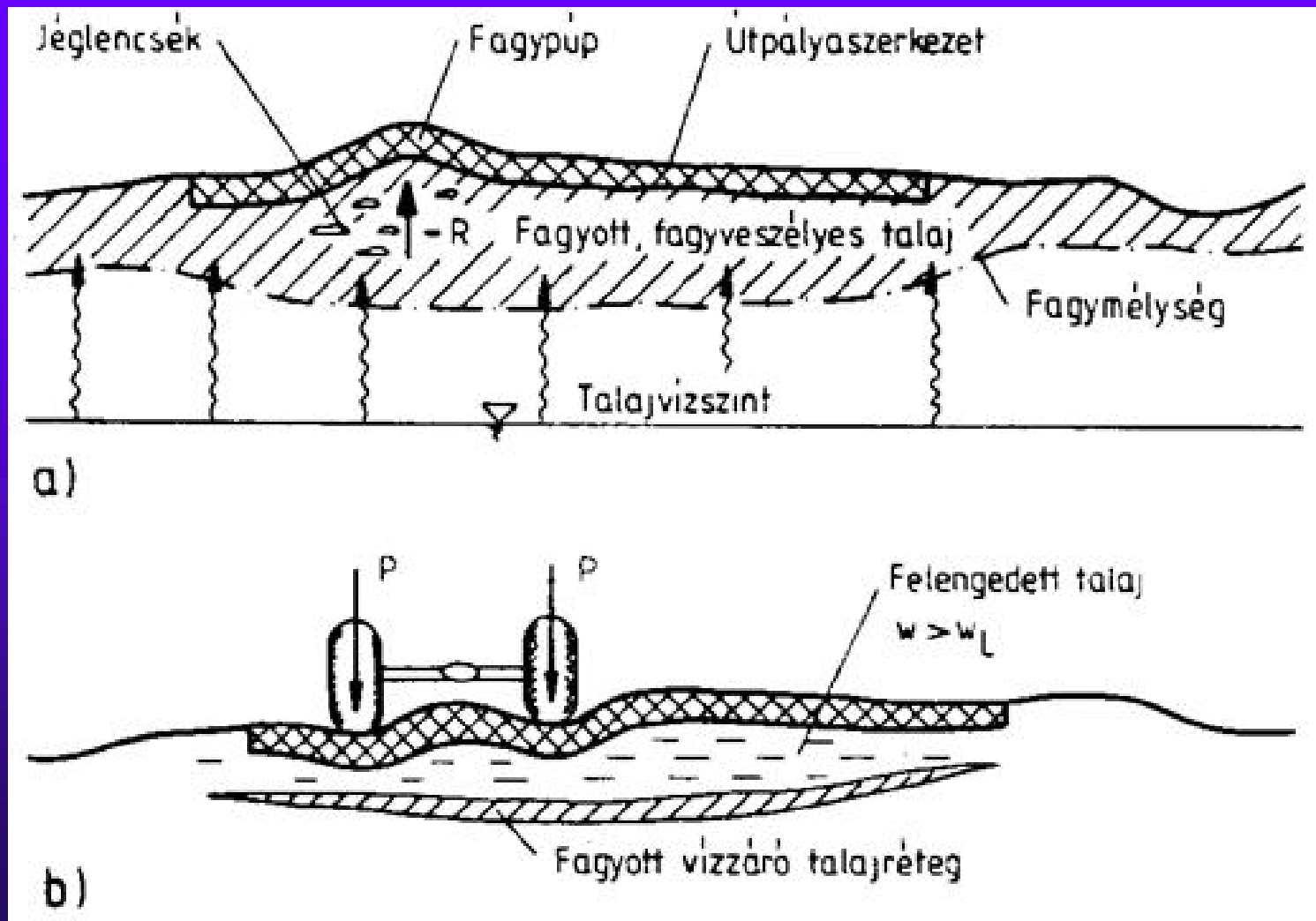
s [cm] az ehhez tartozó süllyedéskülönbség, a 2. terhelés görbéjének az eleje és vége között



Fagykár, olvadási kár

- ❖ **Fagykár:** erősen kötött talajban (ritkán) jég-lencsék képződnek, vastagságuk 0,05-0,10m; hatásukra a pálya felpúposodik, majd miután a jég-lencsék elolvadnak, helyükön üreg keletkezik, amelybe – elsősorban a nehéz járműforgalom hatására – az útpálya beszakad
- ❖ **Olvadási kár:** az út két oldalán felhalmozódott hó olvadni kezd, a hólé befolyik a még fagyott, vízzáró talajréteg és a pályaszerkezet közé; így ez a talajréteg elnedvesedik, teherbírását elveszti, a nehéz járműforgalom hatására a burkolat tönkremegy

Jéglencse okozta fagykár



Olvadási kár



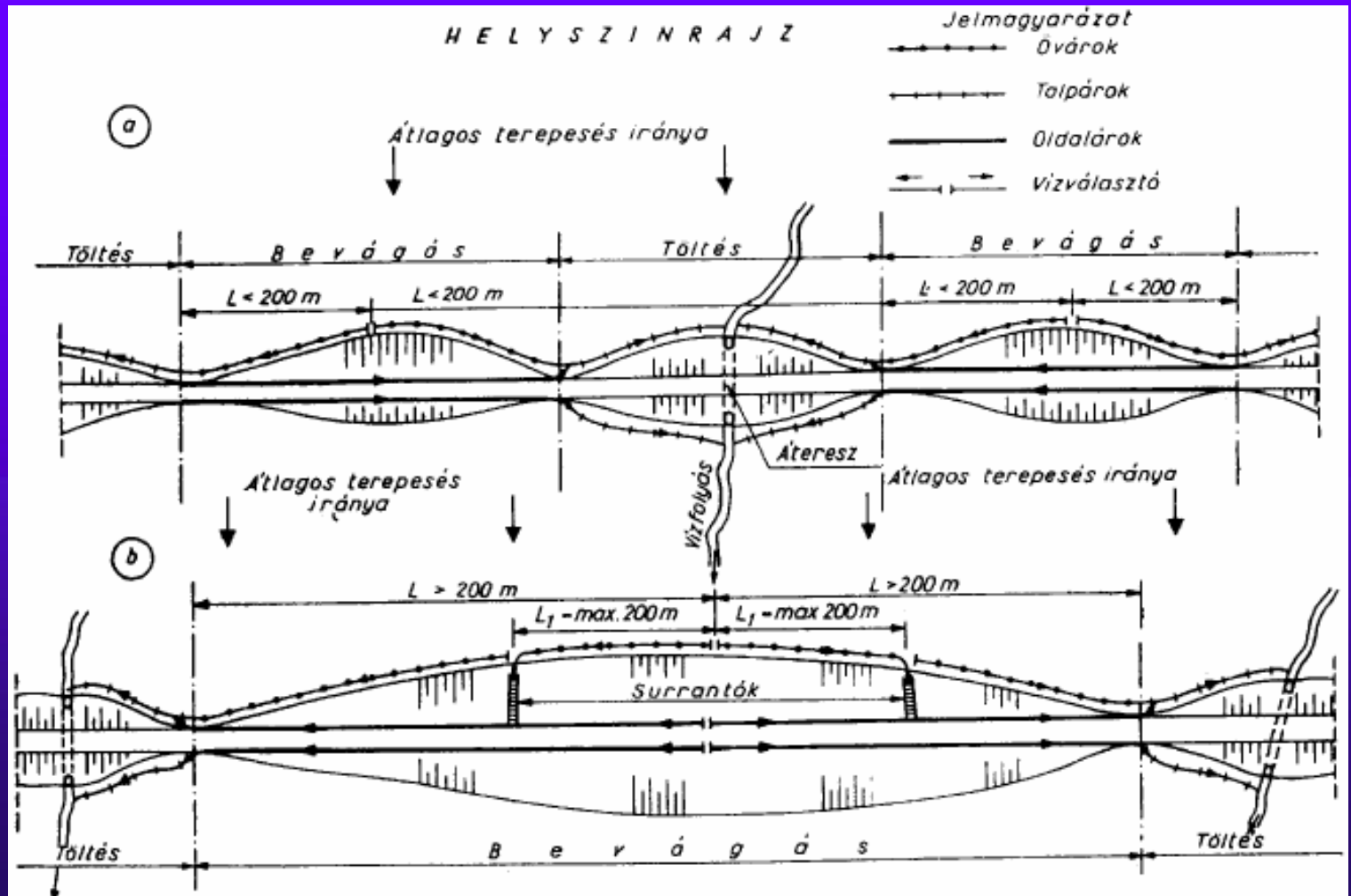
- ❖ **Olvadási kár-veszélyes a talaj, ha I_p % *plasztikus indexe* $< 15\%$; ilyen talajok CBR értéke már kis víztartalom-növekedés eredményeképpen 2-3%-ra csökken**

Olvadási károk



Felszíni vízvezetés

1

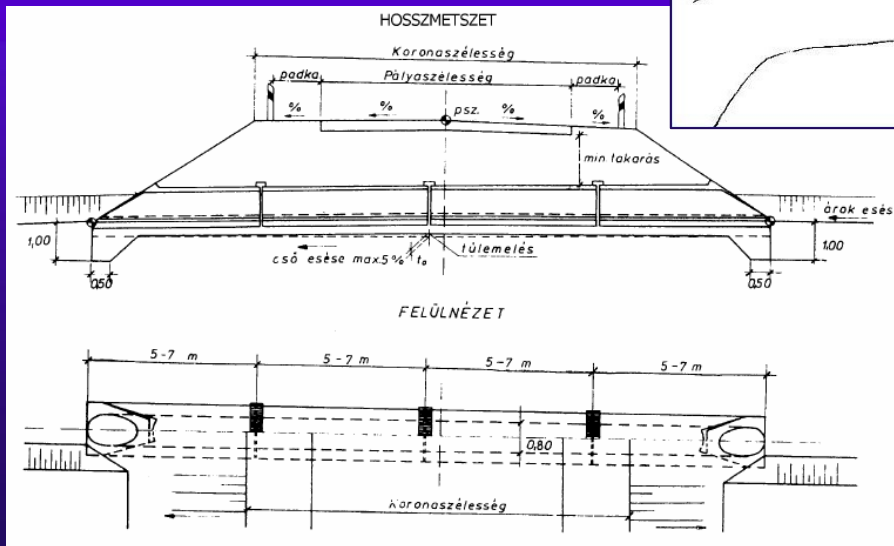
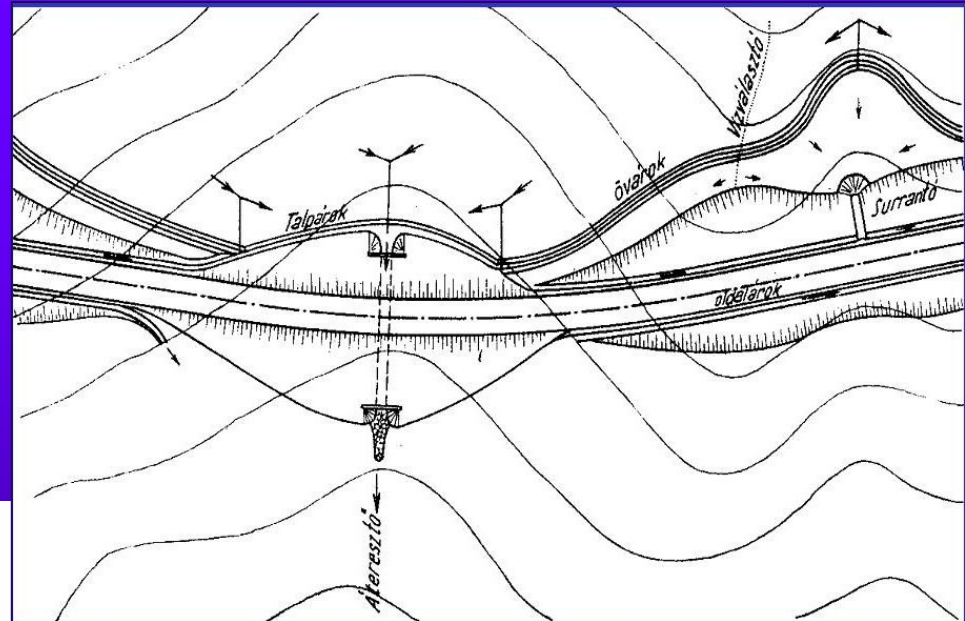


Felszíni vízvezetés

2

- ❖ Töltéseken a burkolat rendszerint 2,5%, a padka 4-5%-os oldalesése a rézsűre vezeti a vizet
- ❖ Bevágásokban a burkolatról, a rézsűről lefolyó vizet az *oldalárkok* és *folyókák* vezetik el
- ❖ Oldalárkokból a víz a csatlakozó töltés előtti, vagy közvetlenül odavezető árokban a *befogadóba* folyik
- ❖ Ha a terep a töltés felé esik, akkor a vizet a rézsű lábánál létesített *talpárokba*, majd legmélyebb ponton a befogadóba vezetik
- ❖ Nagyobb töltések alatt a vizet a hegy felőliről a völgy felőli oldalra *csőátereszekkel* vezetik át

Csőáteresztés és talpárak



Csőáteresztés és burkolt árok



Hullámlemez
csőátereszték

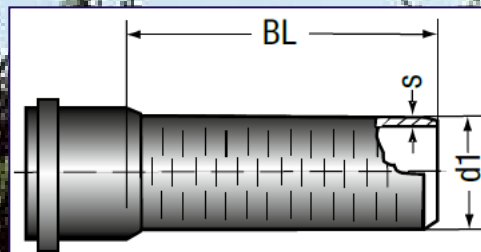
Burkolt árok



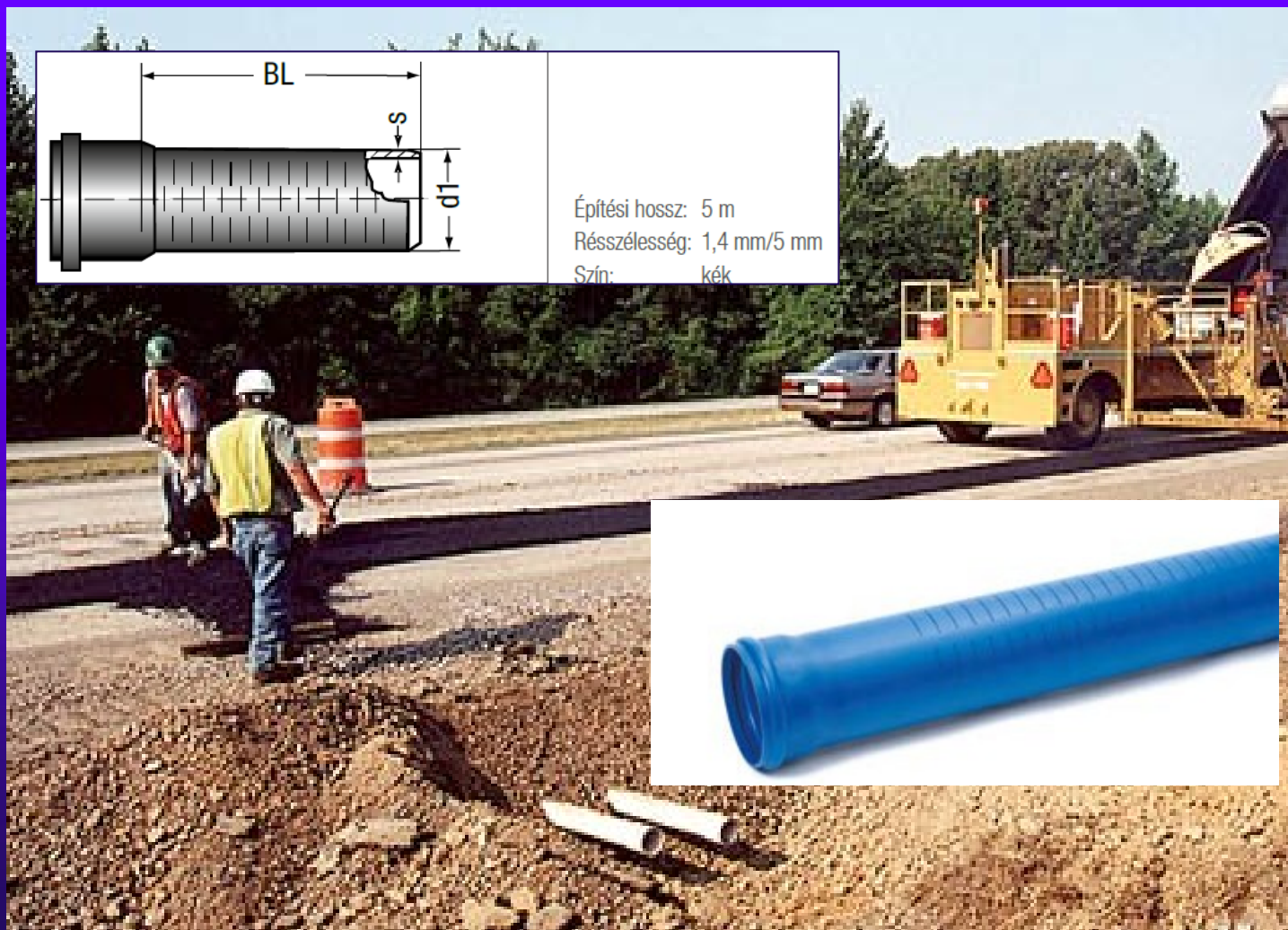
A befogadóhoz vezető burkolt árok



Alagcsövezés

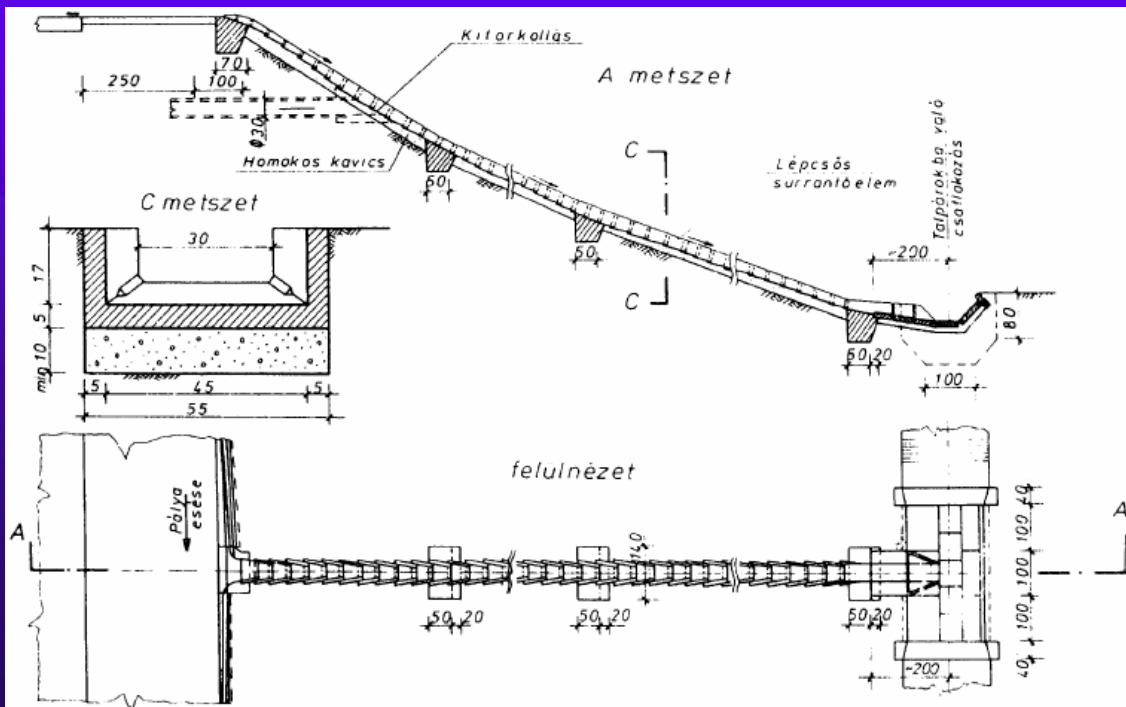


Építési hossz: 5 m
Részelélesség: 1,4 mm/5 mm
Szín: kék



Surrantó a rézsűn

- ❖ 2-3 m-nél mélyebb bevágások esetén a várható csúszólaptól legalább 3 m-re övárkot kell létesíteni, amelynek vizét 200 méterenként *surrantókkal* az oldalárokba kell vezetni



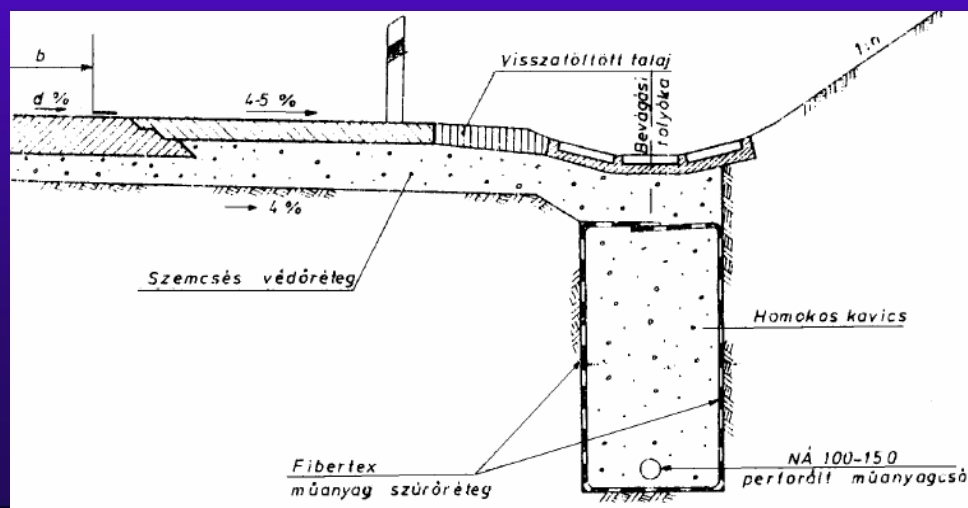
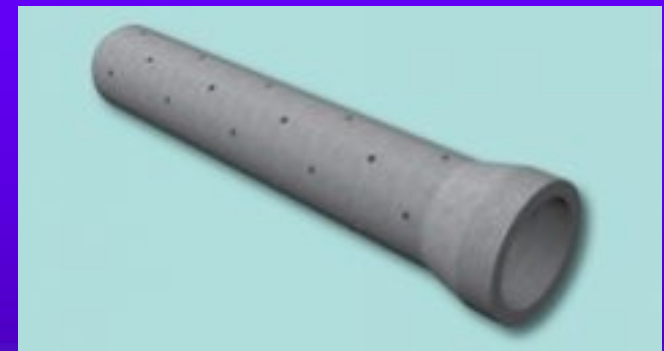
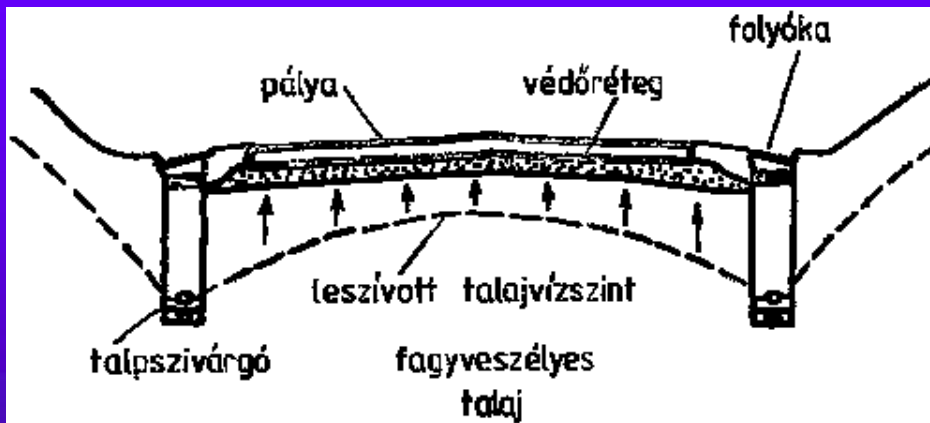
Vízvezetés

3



Felszín alatti vízvezetés

- ❖ A talaj- és rétegvizek elvezetése szivárgókkal (a fagyvédő réteg vízvezetésére is szolgál)



Autópályák és belterületi utak víztelenítése: csatornázás

