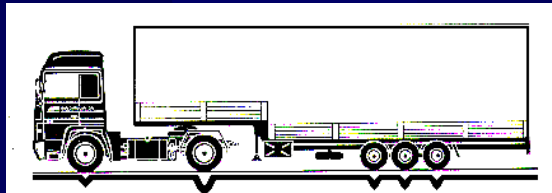
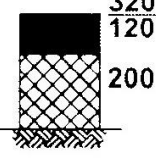
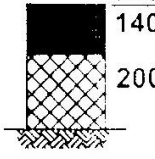
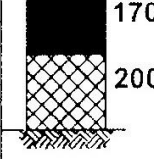


BSc. - KÖZLEKEDÉSTERVEZÉS I.

Utak tervezése, építése és fenntartása

Új útpályaszerkezetek méretezése



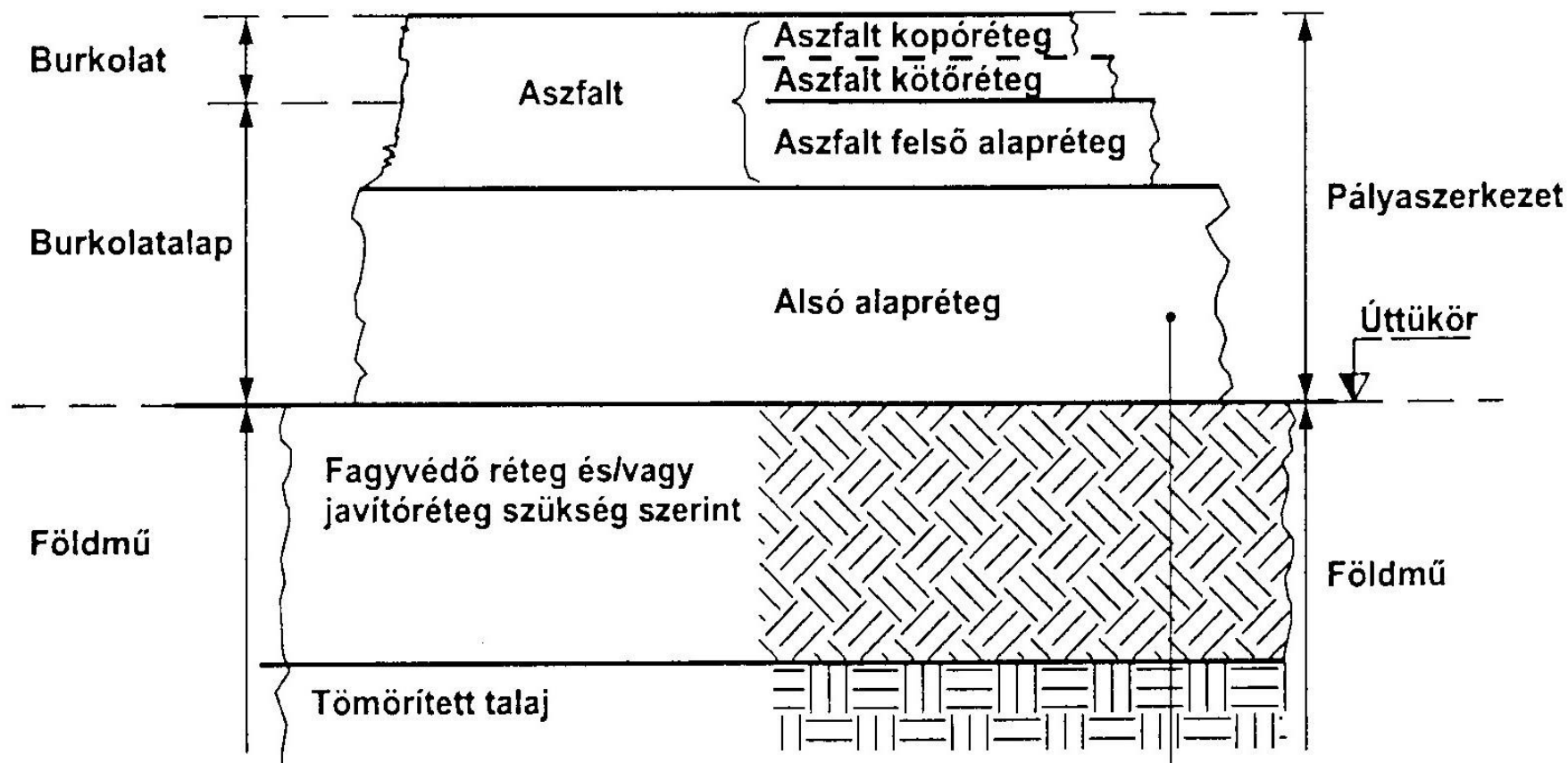
2.2. ZÚZOTTKŐ MZA		
		

dr. Gulyás András ny. egyetemi docens
Pécsi Tudományegyetem, Műszaki és Informatikai Kar

Az előadás tartalma

- Hajlékony és merev pályaszerkezetek
- Típus pályaszerkezetek és kiválasztásuk
- Új útpályaszerkezetek méretezésének lépései
- A tervezési forgalom számítása
- Földmű és javítóréteg méretezés
- Aszfalt típus-pályaszerkezetek katalógusa
- A rétegvastagságok meghatározása
- Betonutak típus pályaszerkezetei
- Kisforgalmú utak típus pályaszerkezetei

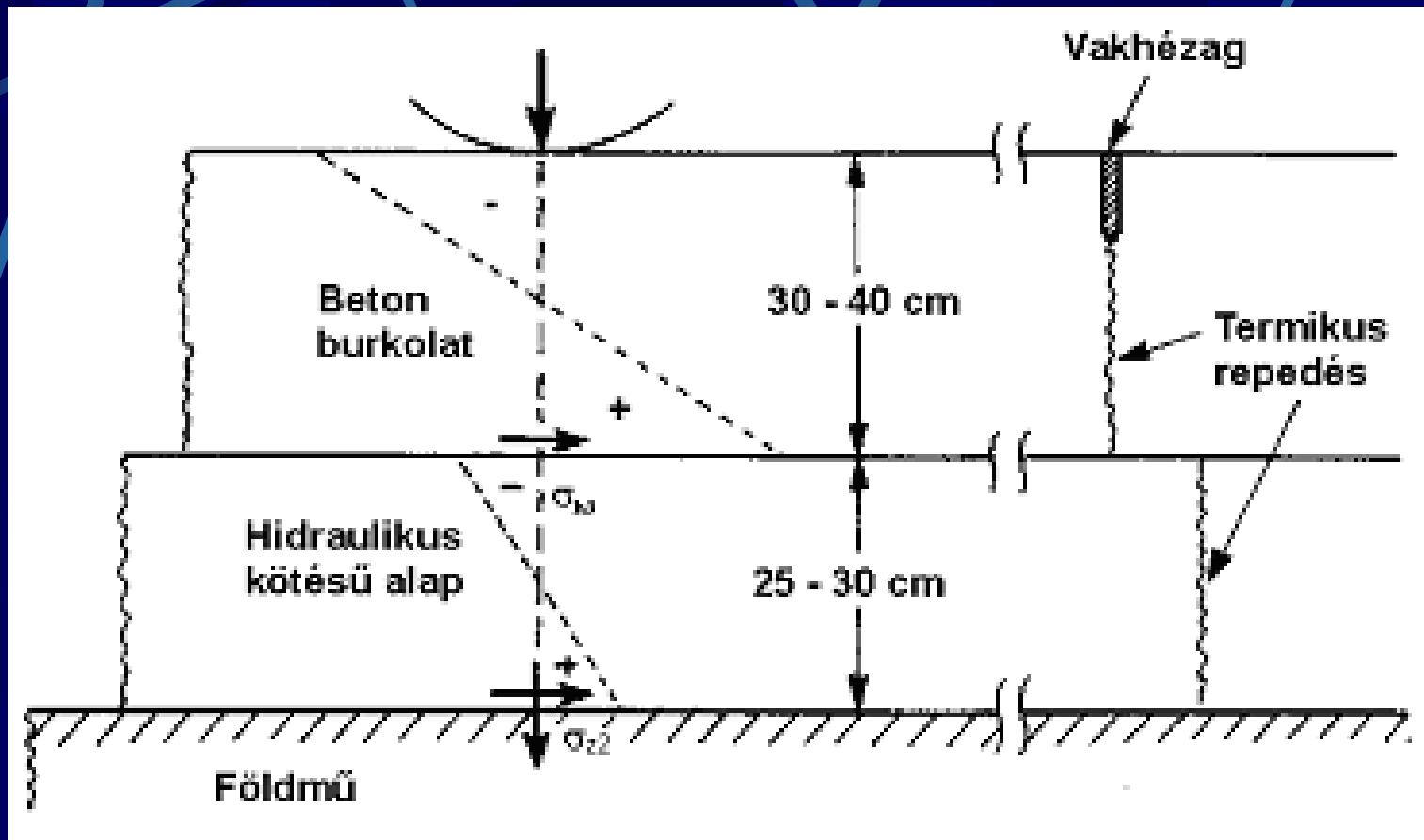
Hajlékony és félig merev pályaszerkezet



Alsó alaprég

1. Aszfaltalap, vagy
2. Kötőanyag nélküli szemcsés alaprég, vagy
3. Hidraulikus kötőanyagú stabilizáció, vagy
4. Soványbeton

Merev (beton) útpálya szerkezete



Beton- és aszfaltburkolat illeszkedése (M0)



A típus pályaszerkezet lényege

- Az érvényes méretezési utasítás szerint előre összeállított típus pályaszerkezetek katalógusából választhat a tervező a konkrét feladat megoldására.
- A katalógus elemeinek összeállítása a mechanikai méretezési módszer alkalmazásával történt, ezeket a számításokat nem kell tehát minden esetben újra elvégezni (analógia: előre gyártott födémgerenda).
- A tervezés folyamán az alapadatok és az építési jellemzők figyelembe vételével lehet kiválasztani a megfelelő típus-pályaszerkezetet.

A típus pályaszerkezet tulajdonságai

- Megfelelő minőségű kivitelezést feltételezve a tervezési élettartam alatt a pályaszerkezet a forgalmi terhelést károsodás nélkül elviseli.
- A tervezési élettartam alatt a szükséges fenntartási munkák elvégzése mellett egyszer cserélhető a kopóréteg.
- Az aszfaltrétegek alján az ismételt terhelések hatására keletkező feszültségek a fáradási szilárdságnál nem lehetnek nagyobbak.
- Az alsó réteg nem ad át a földműnek maradandó deformációt okozó igénybevételt.

A kiválasztás szempontjai

- **klimatikus és hidrogeológiai adottságok**
- **helyi anyagok felhasználhatósága**
- **hálózati szempontok**
- **környezetvédelmi és energiagazdálkodási szempontok**
- **a fenntartási munkák módja és ütemezése**
- **a pályaszerkezet ütemezett kiépítése**
- **az építési forgalom figyelembevétele**
- **a közútkezelő elvárásai a pályaszerkezet tulajdonságaira vonatkozóan**

A méretezés alapadatai és eredménye

Alapadatok:

- A nehézgépjármű forgalom terhelési jellemzői
- Az altalaj típusa, teherbírása és jellemzői
- Környezeti feltételek és hatások
- A választott pályaszerkezet típus-csoportja

Eredmények:

- A tervezett pályaszerkezet rétegeinek típusa
- A tervezett pályaszerkezet rétegeinek sorrendje
- A tervezett pályaszerkezet rétegeinek vastagsága

A méretezés lépései

- A tervezési forgalom számítása, és ennek alapján a jellemző forgalmi terhelési osztály megállapítása
- A földmű méretezési teherbírasi modulusának meghatározása
- A javítóréteg méretezése szükség szerint
- A típus-pályaszerkezet megválasztása
- A választott típus pályaszerkezet csoportból a megfelelő szerkezeti vastagság kiválasztása
- Az egyes rétegek vastagságainak meghatározása

A tervezési forgalom számítása

- **Egységtengely:** A méretezés végrehajtására alkalmasan megválasztott tömegű nehéz tengely. A forgalomban résztvevő eltérő terhelésű tengelyek áthaladási számait a méretezéshez a tervezési élettartam alatt a 100 kN terhelésű egységtengelyek áthaladási számára kell átszámítani.
- **Megengedett tengelyterhelés:** Jelenleg hazánkban, az Európai Unióval harmonizáltan, egyes tengely esetén 115 kN. Ez nem függ össze a méretezési egységtengely értékével.

A tervezési forgalom számítása

- A járműosztályonként megadott éves átlagos napi forgalom (ÁNF) adatok alapján meghatározható a tervezési forgalom (TF), ami az egységtengely áthaladások számát jelenti.
- A tervezési forgalom ismeretében a tervezési élettartam alatti forgalmi igénybevétel (az összes egységtengely áthaladás) a megfelelő forgalom terhelési osztályba besorolható.
- A forgalom terhelési osztálytól függően állapítható meg a pályaszerkezet teljes vastagsága.

A tervezési forgalom számítása

$$TF [ET] = 1,25 \cdot z \cdot s \cdot 365 \cdot t \cdot \sum_i f_i \cdot \dot{A}NF_i \cdot e_i$$

ahol:

- $z = 1,5$, a 11,5t-s egységtengely korrekciós szorzója, amennyiben annak megjelenésére számítani lehet az adott úton
- s = sávszorzó, $s=1,0$ ha kettő, vagy kevesebb sáv van egy irányban. $s=0,9$ ha három sáv van egy irányban
- t = tervezési élettartam (autópályák esetén 20 év, főutak esetén 15 év, mellékutak esetén 10 év)

A tervezési forgalom számítása

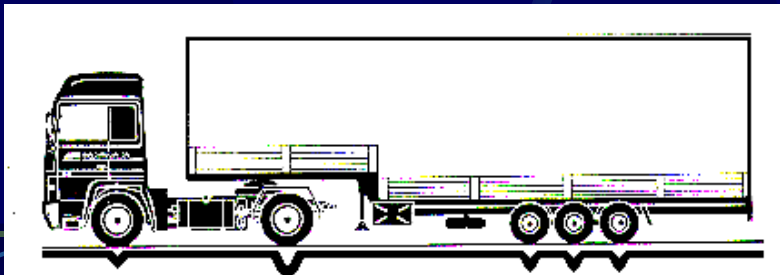
- f_i = forgalomfejlődési szorzó az adott járműosztályban
- $\overline{AN F_i}$ = átlagos napi forgalom az adott járműosztályban egy irányban
- e_i = egységtengely szorzó az i-edik járműkategóriában

Jel	Járműosztály	e
B	Egyes és csuklós autóbusz	1,3
C	Egyes nehéz tehergépkocsi (>7,5 t)	0,6
D	Pótkocsis tehergépkocsi	1,6
E	Nyerges szerelvény	1,7

A tervezési forgalom számítása

A forgalmi terhelési osztály a TF tervezési forgalom szerint a táblázatból meghatározható.

Jel	Forgalom terhelési osztály, TF (F100, millió db)	Tervezési forgalom, TF (F100, millió db)
A	nagyon könnyű	$0,03 < TF \leq 0,1$
B	könnyű	$0,1 < TF \leq 0,3$
C	közepes	$0,3 < TF \leq 1,0$
D	nehéz	$1,0 < TF \leq 3,0$
E	nagyon nehéz	$3,0 < TF \leq 10,0$
K	különösen nehéz	$10,0 < TF \leq 30,0$
R	rendkívül nehéz	$> 30,0$



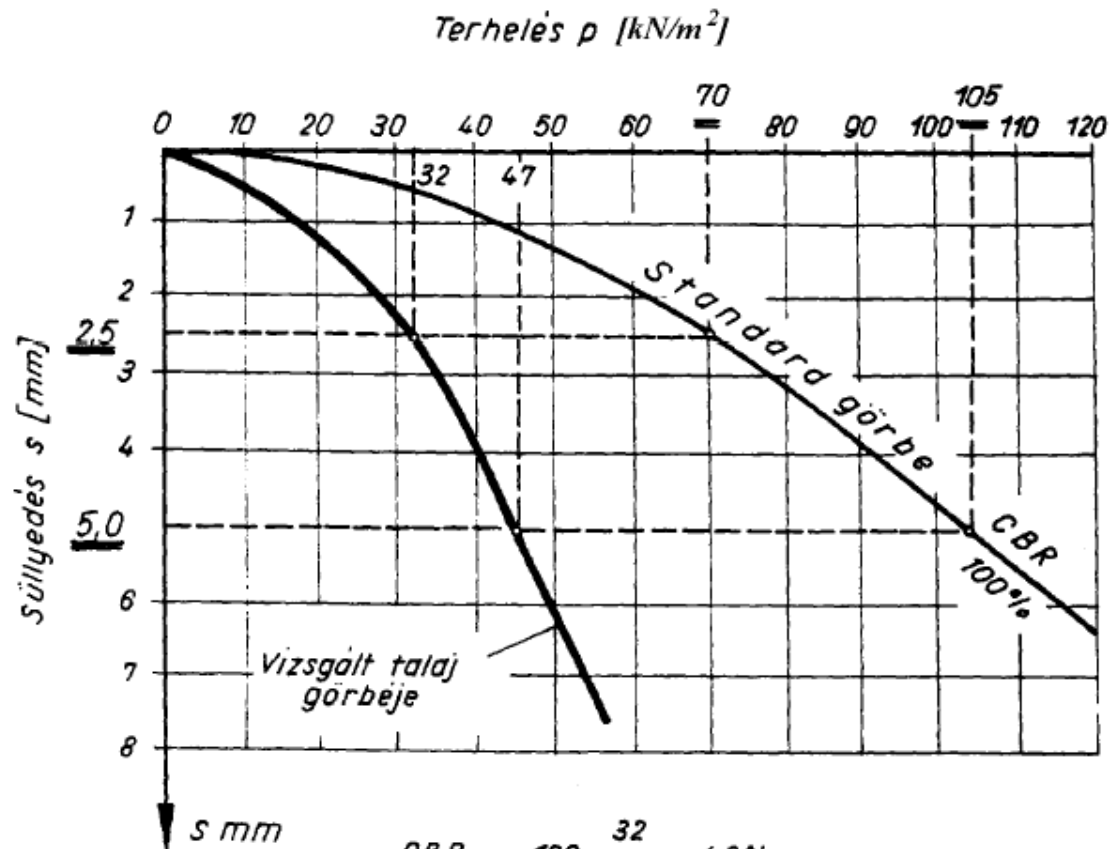
A földmű teherbírási modulusa

- A földmű teherbírási modulusát CBR-vizsgálattal kell meghatározni. A statikus teherbírási modulus értéke a CBR-értékből tapasztalati képlettel számítható.

$$E_{2\text{földmű}} = 10 \times (\text{CBR})^{2/3} \quad [\text{MPa}]$$

- A CBR vizsgálat lényege, hogy a vizsgált talajt egy 5 cm átmérőjű hengerrel terhelve, erő-süllyedési görbét veszünk fel. A talajt jellemző penetrációs (behatolási) görbét, ill. annak két pontját (a 2,5 mm, ill. 5,0 mm süllyedéshez tartozó erőhatásokat) összehasonlítjuk a 100 %-os teherbírásúnak elfogadott tömör zúzottkőréteg hasonló görbéjével. Az arányszámot %-ban kifejezve kapjuk a talaj CBR (California Bearing Ratio) értékét.

A földmű teherbírási modulusa



$$CBR_{2,5} = 100 \frac{32}{70} = 46\%$$

$$CBR_5 = 100 \frac{47}{105} = 45 < 46$$

$$\underline{CBR = 46\%}$$

A földmű teherbírási modulusa

- A CBR értéke különböző esetekben közelítőleg:
- földmű:
 - 2 - 4 % gyenge, rossz altalaj
 - 5 - 7 % közepesen gyenge altalaj
 - 7 - 15 % megfelelő altalaj
 - 15 - 30 % jó altalaj, közepes alsó
- alapréteg:
 - 40 - 70 % kitűnő alsó alapréteg
 - 70 - 100 % jó alapréteg-anyag

A földmű teherbírási modulusa

Tájékoztató adatok a hazai talajok tervezési teherbírási modulusának meghatározásához

Talajcsoport			Tájékoztató tervezési teherbírási modulus E_2 [MN/m ²]		Viztartalomnövekmény w_{opt} -hoz képest Δw [%]		A teherbírás-csökkenés mértéke E_2/w [MN/m ² /%]
Jel	Megnevezés	Jellemzés	NK	K	NK	K	
I	iszapos homokos kavics	$D_{max} = 60\text{mm}$ $S_2=35-70$, $S_{0,1}=15-30$, $S_{0,02}=7-15$ %	65	65	2	1	3
II	homokos kavics	$D_{max} = 60\text{mm}$ $S_2=20-55$, $S_{0,1}=7-20$, $S_{0,02}<7$ %	50	55	1	0	2
III	kavics és homok talajok	I., II. és IV. csoportba nem tartozó szemeloszlás	35	40	2	1	6
IV	homokliszt	$I_p < 5$ % $S_{0,02} < 10$ %	30	35	2	1	12
V	iszapos homokliszt	$I_p = 5-10$ %	20	25	3	2	15
VI	iszap	$I_p = 10-15$ %	20	25	4	3	18
VII	sovány agyag.	$I_p = 15-20$ %	25	30	5	4	15
VIII	közepes agyag.	$I_p = 20-30$ %	20	25	6	5	12
IX	kövérs agyag	$I_p = 30-40$ %	20	25	7	6	9

NK – kedvezőtlen éghajlatú terület, nedves vidék

K – kedvező éghajlatú terület, száraz vidék

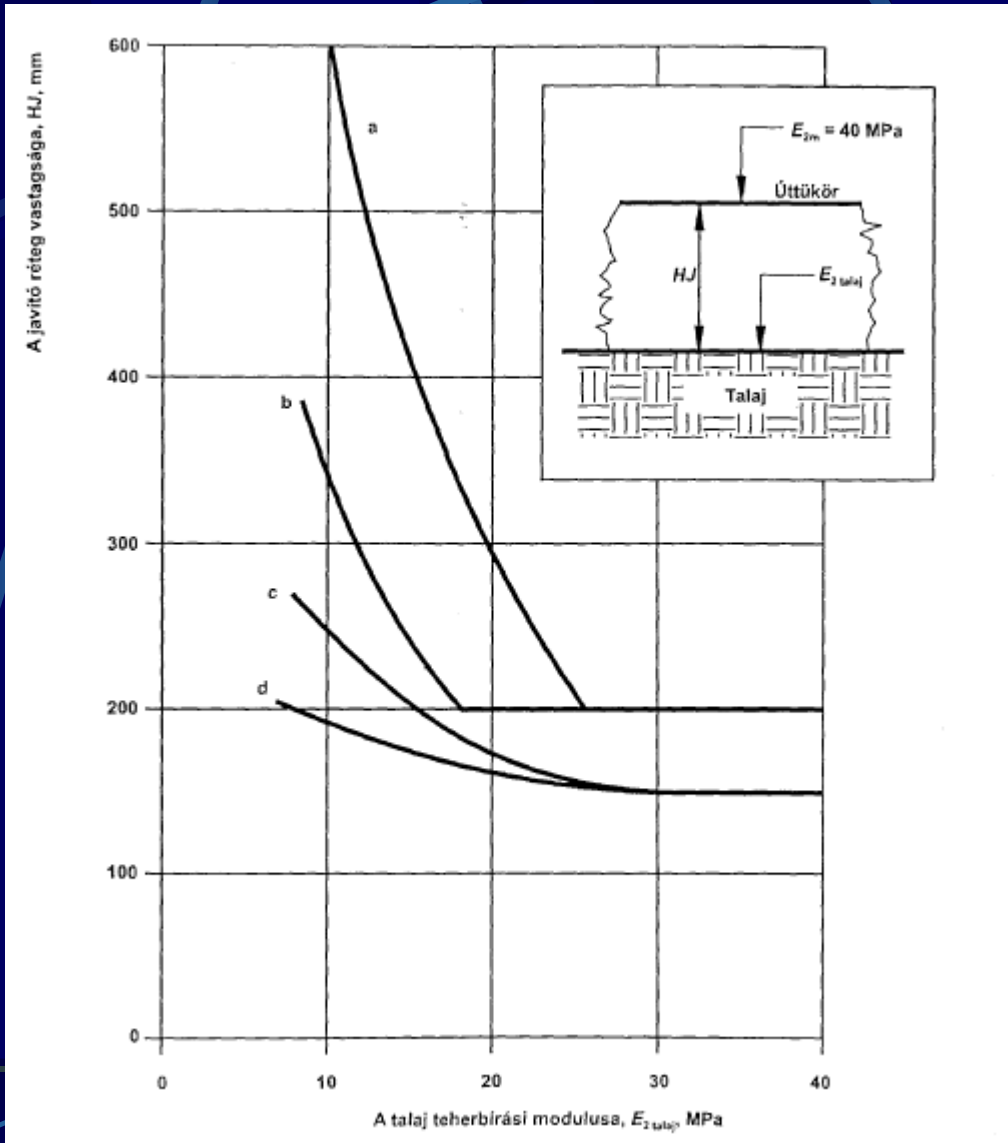
A javítóréteg méretezése

- Új pályaszerkezet méretezésénél a talaj tervezési teherbírási modulusa a földmű felszínén legalább:

$$E_{2t} = 40 \text{ MPa}$$

- Ha ez a követelmény nem teljesíthető, akkor javítóréteget kell tervezni és építeni. A javítóréteg vastagságát (HJ , [cm]) méretezési diagram alapján kell meghatározni, a kapott értéket 5 cm-re felfelé kerekítve kell megadni.

A javítóréteg méretezése



**a – homokos kavics,
M20, fagyálló
szemcsés anyag**

**b – M50, zúzottkő,
murva**

c – FZKA

**d – hidraulikus
kötőanyagú
stabilizáció**

A javítóréteg méretezése

- Fagykárok ellen akkor kell a pályaszerkezetet védeni, ha a talajvízszint-észlelő kutak, vagy egyéb helyről beszerzett adatok szerint a decemberi talajvízszint a tervezett pályaszintet 15 évre visszamenően 2,20 m-nél jobban megközelítette.
- A fagyvédő réteget az e-UT 06.02.11 (ÚT 2-1.222) műszaki előírás szerint kell méretezni.
- A javítóréteg vastagsága beszámítható a fagyvédő réteg vastagságába, ha a beépített anyag a fagyvédelemre vonatkozó előírásokat kielégíti és ugyanabból az anyagból készül, mint a fagyvédő réteg. Ez fordítva is érvényes: a fagyvédő réteg vastagsága beszámítható a javítóréteg vastagságába, ha anyaga a teherbírás javítására megfelelő.

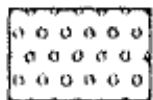
A típus pályaszerkezetek katalógusa



Földmű



Folytonos szemmegoszlású
zútottkő FZKA



Mechanikai stabilizáció M20



Hidraulikus kötőanyagú
stabilizáció



Szakaszos szemmegoszlású
makadám rendszerű zútottkő
vagy kohósalakkő alap



Soványbeton



Mechanikai stabilizáció M50


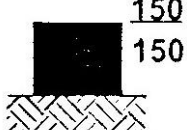







Aszfalt

Az alkalmazható rétegek jelmagyarázata

A típus pályaszerkezetek katalógusa

- Teljes aszfalt típus pályaszerkezetek
- A teljes aszfalt típus pályaszerkezetek esetében az alsó alapréteg is hengerelt melegaszfalból készül.

1. TELJES ASZFALT TÍPUS-PÁLYASZERKEZETEK						
Forgalmi terhelési osztály						
A	B	C	D	E	K	R
Tervezési forgalom, TF, millió egységtengely						
0,03–0,1	0,1–0,3	0,3–1	1–3	3–10	10–30	30 felett
						

A típus pályaszerkezetek katalógusa

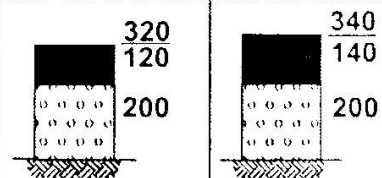
- Típus pályaszerkezetek kötőanyag nélküli szemcsés alapréteggel
- A kötőanyag nélküli szemcsés alapréteggel épített típus pályaszerkezetek esetében az alsó alapréteg lehet:
- M20/M50 (mechanikai stabilizáció)
- MZA (szakaszos megoszlású makadám rendszerű zúzottkő réteg)
- FZKA 0/25; FZKA 0/35, FZKA 0/55 (folytonos szemmegoszlású zúzottkő alap)

2. TÍPUS-PÁLYASZERKEZETEK KÖTŐANYAG NÉLKÜLI SZEMCSÉS ALAPRÉTEGGEL

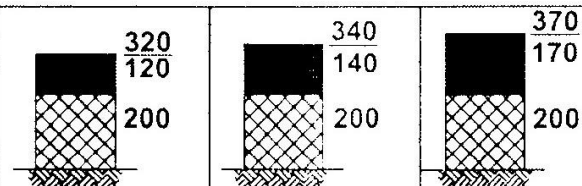
Forgalmi terhelési osztály

A	B	C	D	E	K	R
Tervezési forgalom, TF, millió egységtengely						
0,03–0,1	0,1–0,3	0,3–1	1–3	3–10	10–30	30 felett

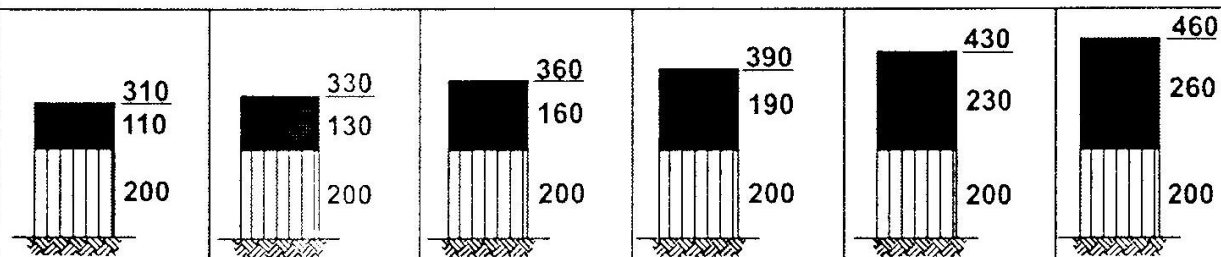
2.1. MECHANIKAI STABILIZÁCIÓ M20



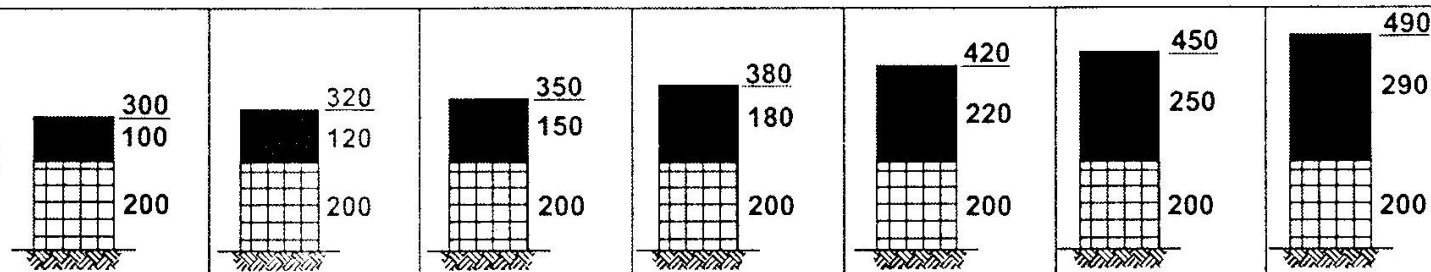
2.2. ZÚZOTTKŐ MZA



2.3. MECHANIKAI STABILIZÁCIÓ M50

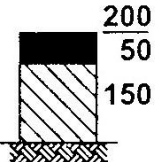
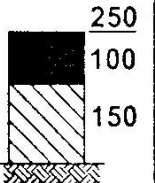
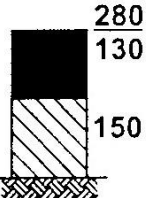
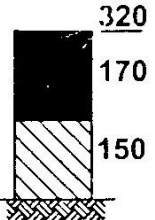
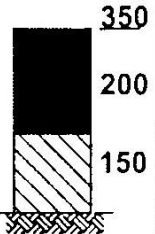
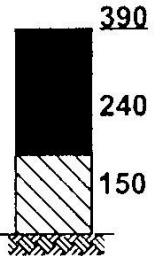
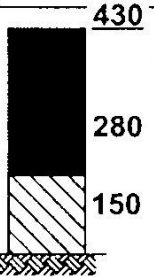
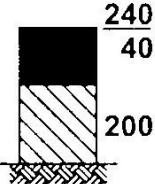
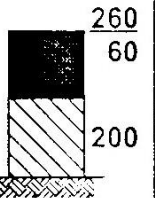
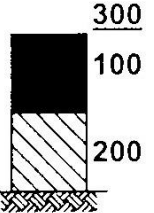

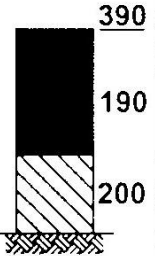




2.4. FOLYTONOS SZEMMEGOSZLÁSÚ ZÚZOTTKŐ FZKA



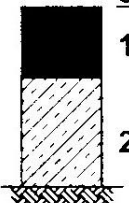

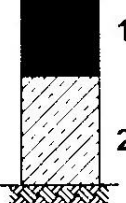

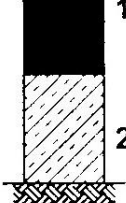
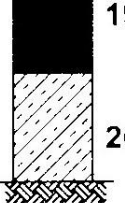
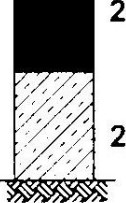
A típus pályaszerkezetek katalógusa

- Típus pályaszerkezetek hidraulikus kötőanyagú stabilizációs alapréteggel

3. TÍPUS-PÁLYASZERKEZETEK HIDRAULIKUS KÖTŐANYAGÚ STABILIZÁCIÓS ALAPRÉTEGGEL						
Forgalmi terhelési osztály						
A	B	C	D	E	K	R
Tervezési forgalom, TF, millió egységtengely						
0,03–0,1	0,1–0,3	0,3–1	1–3	3–10	10–30	30 felett
3.1. 150 milliméter vastagságú						
						
3.2. 200 milliméter vastagságú						
						

A típus pályaszerkezetek katalógusa

- Típus pályaszerkezetek soványbeton alapréteggel
- A beton alapréteg szilárdsága az A-K forgalmi terhelési osztályban legalább C10 szilárdsági osztályú, az R forgalmi terhelési osztályban pedig legalább C13 szilárdsági osztályú legyen.

4. TÍPUS-PÁLYASZERKEZETEK SOVÁNYBETON ALAPRÉTEGGEL						
Forgalmi terhelési osztály						
A	B	C	D	E	K	R
Tervezési forgalom, TF, millió egységtengely						
0,03–0,1	0,1–0,3	0,3–1	1–3	3–10	10–30	30 felett
4.1. 200 milliméter vastagságú						
 330 130 200	 340 140 200	 360 160 200	 370 170 200	 380 180 200	 390 190 200	 400 200 200

A típus-pályaszerkezet megválasztása

A megadott alapréteghez tartozó típus-pályaszerkezetek alapján meghatározható a szükséges teljes aszfaltvastagság.

Útalap típusa	Forgalom terhelési osztály						
	A	B	C	D	E	K	R
	0,03 - 0,1	0,1 - 0,3	0,3 - 1,0	1,0 - 3,0	3,0 - 10,0	10,0 - 30,0	> 30,0
teljes aszfaltszerk	13	15	18	21	24	27	31
M20 (20cm)	12	14					
MZA (20cm)	12	14	17				
M50 (20cm)	11	13	16	19	23	26	
FZKA (20cm)	10	12	15	18	22	25	29
hidr. kötőanyag (15cm)	5	10	13	17	20	24	28
hidr. kötőanyag (20cm)	4	6	10	14	19	23	27
soványbeton	13	14	16	17	18	19	20

A típus-pályaszerkezet megválasztása

Az egyes aszfalt típusokat az utak forgalmi és járulékos környezeti igénybevételének jellege alapján meghatározott mérsékelt (M), normál (N), vagy fokozott (F) igénybevételi kategóriák szerint lehet a pályaszerkezet különböző rétegeibe tervezni és beépíteni.

járulékos igénybevétel		forgalmi terhelési osztály					
jele	forgalmi, terep- és klimatikus körülmények	A	B	C	D	E	K
		szerinti igénybevételi kategóriák					
I.	hűvös, árnyékos, hegyvidéki útszakaszok, magas épületek közötti utak	M	M	N	N	F	F
II.	jó benapozású sík- és dombvidéki útszakaszok és ezek településen átvezető szakaszai, belterületi gyűjtőutak	M	N	N	F	F	F
III.	csatornázottan közlekedő nehézforgalommal járt utak, kapaszkodósávok, szintbeli csomópontok járműosztályozói, körforgalmú főúti csomópontok, belterületi főutak, autóbusz- és trolibuszsávok	N	N	F	F	F	F

A rétegvastagságok meghatározása

- A kapott teljes aszfaltvastagság érték alapján megtervezhető a pályaszerkezet réteg-sorrendje: alap-, kötő-, kopóréteg.
- Az egyes pályaszerkezeti rétegek tervezhető és beépíthető legkisebb, valamint egy rétegben építhető legnagyobb vastagságát a következő táblázat mutatja be. Egyrétegű felújításnál a beépített réteg vastagsága egyes helyeken elérheti a legnagyobb beépítési vastagság oszlopában, zárójelben feltüntetett értéket.

A rétegvastagságok meghatározása

az aszfalt típusa	tervezhető legkisebb vastagság, mm	egy rétegben építhető legnagyobb vastagság, mm
AC 16 alap	45	80
AC 22 alap, AC 22 alap (F), AC 22 alap (mF)	70	120
AC 32 alap, AC 32 alap (F), AC 32 alap (mF)	90	140
AC 11 kötő	35	50
AC 11 kötő (kiegyenlítő réteggként építve)	25	60
AC 16 kötő (mNM)	50	80
AC 22 kötő, AC 22 kötő (F), AC 22 kötő (mF), AC 22 kötő (NM), AC 22 kötő (mNM),	70	120
AC 4 kopó (csak kerékpár- és gyalogútra)	15	30
AC 8 kopó	25	40 (45)
AC 8 kopó (kiegyenlítő réteggként építve)	20	40
AC 11 kopó	35	50 (55)
AC 11 kopó (kiegyenlítő réteggként építve)	25	60
AC 11 kopó (F), AC 11 kopó (mF)	35	50 (65)
AC 16 kopó (F), AC 16 kopó (mF)	50	60 (80)

Betonutak típus pályaszerkezetei

Típus pályaszerkezetek cement kötőanyagú alapréteggel

Pályaszerkezeti réteg és védőréteg	A	B	C	D	E	K	R
	jelű forgalmi osztályban						
	$\leq 10^5$	$10^5-3 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5-10^6$	$10^6-3 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6-10^7$	$10^7-3 \cdot 10^7$	$> 3 \cdot 10^7$
	egységtengely áthaladása esetén a rétegvastagság, mm						
Betonburkolat, CP4/3 vagy CP3,5/2,5	150	160	180	200	230	260	
	160	180	200	—			
Cement kötőanyagú alapréteg, CK _f -4	150			200			
Védőréteg*	100						
Betonburkolat, CP4/3	—			200	230	260	
Cement kötőanyagú alapréteg, C12/15				150		170	
Védőréteg*				100			

Betonutak típus pályaszerkezetei

Típus pályaszerkezetek bitumen kötőanyagú alapréteggel

Pályaszerkezeti réteg és védőréteg	A	B	C	D	E	K	R
	jelű forgalmi osztályban						
	$\leq 10^5$	$10^5-3 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5-10^6$	$10^6-3 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6-10^7$	$10^7-3 \cdot 10^7$	$> 3 \cdot 10^7$
	egységtengely áthaladása esetén a rétegvastagság, mm						
Betonburkolat, CP4/3 vagy CP3,5/2,5	150	160	180	200	230	260	
	160	180	200	—			
Bitumen kötőanyagú alapréteg (aszfaltréteg)	60	80	100	120			150
Védőréteg*	100						

Megjegyzés: C – R terhelési osztályok esetében a keresztthézagokat teherátadásra vasalni szükséges.

Kisforgalmú utak típus pályaszerkezetei

Forgalmi terhelési osztály jele	Tervezési forgalom	
	1.	2.
A1	$F100 < 20\ 000$	4 autóbuszjárat/nap és 8 db15 t össztömegű tgk/nap
A2	$20\ 000 < F100 < 30\ 000$	10 autóbuszjárat/nap és 10 db15 t össztömegű tgk/nap

F100	Kötőanyag nélküli alapréteg				
	ZM		FZKA		
A1	6 cm A 20 cm ZM	8 cm BK 23 cm ZM	4 cm A 20 cm FZKA	8 cm BK 20 cm FZKA	FB vagy HA 30 cm FZKA
A2	8 cm A 20 cm ZM	8 cm BK 30 cm ZM	6 cm A 20 cm FZKA	8 cm BK 23 cm FZKA	FB vagy HA 35 cm FZKA

Kisforgalmú utak típus pályaszerkezetei

F100	Hidraulikus kötőanyagú alapréteg			
	CK _t vagy PK _t		C12	
A1	4 cm A	8 cm BK	4 cm A	8 cm BK
	15 cm CK _t vagy PK _t		15 cm C12	
A2	6 cm A	8 cm BK	4 cm A	8 cm BK
	15 cm CK _t vagy PK _t		15 cm C12	



Kisforgalmú utak típus pályaszerkezetei

FZKA – Zúzottkő vagy kohósalakkő

**ZM – mechanikai stabilizáció iszapos kavics,
murva, bontott aszfalt, bontott beton**

**C_{kt}, P_{kt} – cementtel vagy pernyével stabilizált
szemcsés anyag**

C10 vagy C 12 – beton burkolatalap

A – Hengerelt aszfalt keverékek

BK – betonkő

FB – felületi bevonat

HA – hideg aszfalt kationaktív kötőanyaggal

Útügyi műszaki előírások

- e-UT 02.01.31 (ÚT 2-1.118:2005) Közutak távlati forgalmának meghatározása előrevetítő módszerrel
- e-UT 06.03.13 (ÚT 2-1.202:2005) Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése
- e-UT 06.03.15 (ÚT 2-3.211:2006) Betonburkolatú és kompozitburkolatú útpályaszerkezetek méretezése
- e-UT 06.03.12 (ÚT 2-1.503:2009) Kisforgalmú utak pályaszerkezetének méretezése
- e-UT 06.02.11 Utak és autópályák létesítésének általános geotechnikai szabályai (ÚT 2-1.222:2007)

Összefoglalás

- Az érvényes méretezési utasítás szerint előre összeállított típus pályaszerkezetek katalógusából választhat a tervező a konkrét feladat megoldására.
- Az új útpályaszerkezet méretezésének lépései: tervezési forgalom számítása, földmű és javítóréteg méretezés, katalógusból megfelelő típus pályaszerkezet kiválasztása, rétegvastagságok meghatározása.
- Az egyes pályaszerkezeti rétegek tervezhető és beépíthető legkisebb, valamint egy rétegben építhető legnagyobb vastagságát figyelembe kell venni.
- Betonutakra és kisforgalmú utakra sajátos típus pályaszerkezeti megoldások léteznek.

Köszönöm figyelmüket!

Dr. Gulyás András

e-mail: gulyasandras@hotmail.com