



59. ÉVFOLYAM
7. SZÁM

KÖZLEKEDÉSÉPÍTÉSI SZEMLE

2009. JÚLIUS

FELELŐS KIADÓ:
Kerékgyártó Attila főigazgató

FELELŐS SZERKESZTŐ:
Dr. Koren Csaba

SZERKESZTŐK:
Fischer Szabolcs
Dr. Gulyás András
Dr. Petőcz Mária
Rétháti András

CÍMLAPON
ÉS A BORÍTÓ 2. OLDALÁN:
Képek az M1 autópályáról

KÖZLEKEDÉSEPÍTÉSI SZEMLE
Alapította a Közlekedéstudományi
Egyesület.
A közlekedésepítési szakterület
mérnöki és tudományos havi lapja.

HUNGARIAN REVUE OF
TRANSPORT INFRASTRUCTURE
INDEX: 163/832/1/2008
HU ISSN 5060-6222

KIADJA:
Közlekedésfejlesztési
Koordinációs Központ
1024 Budapest, Lövház u. 39.

SZERKESZTŐSÉG:
Széchenyi István Egyetem,
UNIVERSITAS-Győr Nonprofit Kft.
9026 Győr, Egyetem tér 1.
Telefon: 96 503 452
Fax: 96 503 451
E-mail: koren@sze.hu, petocz@sze.hu

DESIGN, NYOMDAI MUNKA,
HIRDETÉSEK, ELŐFIZETÉS:

Press GT Kft.
1134 Budapest, Üteg u. 49.
Telefon: 349-6135
Fax: 452-0270;
E-mail: info@pressgt.hu
Internet: www.pressgt.hu
Lapigazgató: Hollauer Tibor
Hirdetési igazgató: Mező Gizi

A cikkekben szereplő megállapítások és adatok a szerzők véleményét és ismereteit fejezik ki és nem feltétlenül azonosak a szerkesztők véleményével és ismereteivel.



TARTALOM

DR. AMBRUS KÁLMÁN – GALUSKA JÁNOS – DR. HABIL. GÁSPÁR LÁSZLÓ
– DR. KELETI IMRE – DR. PALLÓS IMRE – DR. TÖRÖK KÁLMÁN

Aszfaltburkolatú autópályák minőségbiztosítási rendszeréhez
történő hozzájárulás

1

DR. ADORJÁNYI KÁLMÁN

Bemenő paraméterek bővítése az aszfaltburkolatú
pályaszerkezetek méretezésénél

11

DEVECSERI GABRIELLA

Aszfaltkeverékek kővázainak változása az égetéssel történő
kötőanyagtartalom-meghatározás során

18

SUBERT ISTVÁN

A tömörségi fok átszámítása az egyszerűsített és módosított
Proctor-vizsgálatok között

23

A MAÚT ASZFALTUTAK MUNKABIZOTTSÁGA

Válasz dr. Rigó Mihály: „Javíthatnánk-e az új aszfaltos előírásainkat?”
című cikkére

29

DR. KELETI IMRE

A Nemzetközi Alagútépítő Egyesület 35. Világkongresszusa

33

A Bécsi Műszaki Egyetem Közlekedéstudományi Intézete

38

ASZFALTBURKOLATÚ AUTÓPÁLYÁK MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSI RENDSZERÉHEZ TÖRTÉNŐ HOZZÁJÁRULÁS

DR. AMBRUS KÁLMÁN¹ – GALUSKA JÁNOS² – DR. HABIL. GÁSPÁR LÁSZLÓ³ – DR. KELETI IMRE⁴ – DR. PALLÓS IMRE⁵ – DR. TÖRÖK KÁLMÁN⁶

1. ELŐZMÉNYEK

Az 1998 óta forgalomba helyezett autópályák és autópályák félme-rev pályaszerkezeteinek egyes szakaszain az üzemeltetők (ÁAK Zrt., AKA Zrt.) már a garanciális időszak lejártát megelőzően jelentős mértékű hibák megjelenését tapasztalták. A Nemzeti Infrastruktúra Fejlesztő Zrt. (NIF Zrt.) megbízta a Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft.-t (KTI) a hibák természetének meghatározásával és olyan javaslatok kidolgozásával, amelyeknek az aszfaltburkolatú autópályák minőségbiztosítási rendszerébe történő bevezetése érdemben hozzájárulhat a jövőben a hasonló hibák kiküszöböléséhez.

A megbízás szerinti K+F munka végrehajtásához a KTI munkacsoportot szervezett.⁷ A NIF Zrt. (megrendelő) Szilasi Lászlót jelölte ki konzulensnek, aki az ÁAK Zrt. kezelésében lévő gyorsforgalmi utakon tapasztalt burkolathibákról részletes adatokat szolgáltatott (1. táblázat). A következőkben a kutatás-fejlesztési munka menetéről és eredményeiről számolunk be.

2. A TÉMA CÉLKITŰZÉSEI

A K+F munka célja az ÁAK Zrt. kezelésében lévő aszfaltburkolatú autópályaszakaszok főpályaburkolatainak

- a garanciális időszakban keletkezett hibák rendszerezése, okainak felderítése,
- a hibák javítására tett közútkezelői intézkedések megfelelőségének megítélése,
- azon építési, fenntartási, műszaki szabályozási és minőségbiztosítási intézkedések meghatározása, amelyeknek végrehajtásával a korai burkolathibák a jövőben elkerülhetővé válhatnak.

3. A BURKOLATHIBÁK AZONOSÍTÁSA, A VIZSGÁLATI HELYEK KIJELÖLÉSE, MINTAVÉTELEK

A megrendelő adatszolgáltatása szerint az

- M1-es (Budapest–Hegyeshalom),
- M3-as (Budapest–Nyíregyháza),
- M30-as (Emőd–Miskolc),
- M35-ös (Polgár–Debrecen) és
- M7-es (Budapest–Balatonkeresztúr)

autópályán és az M9-es autópályán szakszárdi hídján jelentkeztek akár az új építés, akár pedig az ott végzett burkolatfelújítás után a garanciális időn belül vizsgálatra okot adó hibák.

A jellemző burkolathibákat és a szükséges mintavételeket a közútkezelő képviselője kíséretében végrehajtott részletes bejárás alapján határoztuk meg (2–4. táblázat). Összesen tíz autópályaszakaszt választottunk ki helyszíni mérésekre és vizsgálatokra.

1. táblázat: Az ÁAK Zrt. kezelésében lévő gyorsforgalmi úthálózat 2002-től forgalomba helyezett autópályaszakaszainak főpályaburkolatainak garanciális időn belül keletkezett hibák helyei

Gyorsforgalmi út	Garanciális időszakban kialakult hibák	
	Szakasz km-szelvény	Pálya
M3-as autópályá	92–95	Bal
	86–87	Jobb
	84–86	Bal
	114–130	Jobb/Bal
	145–174	Jobb/Bal
	182–183	Bal
M30-as autópályá	1–5	Jobb/Bal
M7-es autópályá	19–22	Jobb
	28–35	Jobb
	45–70	Jobb
	73–82	Jobb
	88–92	Jobb
	92–110	Jobb
	60–68	Bal
	75–90	Bal
	92–105	Bal
	125–128	Jobb
	132–134	Jobb/Bal
	138–140	Jobb
	153–166	Jobb
	160–161	Bal
M70-es autópályá	12–17	Jobb
M9-es autópályá	10–20	Jobb/Bal

¹ Okleveles mérnök, egyetemi adjunktus, egyetemi doktor, BME Út és Vasútépítési Tanszék; e-mail: ambrus@lab.uvt.bme.hu

² Okleveles mérnök, igazgató, NIF Zrt.; e-mail: galuska.janos@nif.hu

³ Okleveles mérnök, okleveles gazdasági mérnök, kutató professzor, Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft., egyetemi tanár, Széchenyi István Egyetem; e-mail: gaspar@kti.hu

⁴ Okleveles mérnök, okleveles gazdasági mérnök, egyetemi doktor, az ORKA Mérnöki Tanácsadó Kft. ügyvezetője; e-mail: drkiorka@t-online.hu

⁵ Okleveles vegyészmérnök, egyetemi doktor, címzetes egyetemi docens, BME Út és Vasútépítési Tanszék; e-mail: pallos@lab.uvt.bme.hu

⁶ Okleveles mérnök, egyetemi doktor, BME Út és Vasútépítési Tanszék; e-mail: torok@lab.uvt.bme.hu

⁷ A munkacsoport: KTI Nonprofit Kft., BME Út és Vasútépítési Tanszék, ORKA Mérnöki Tanácsadó Kft.

2. táblázat: Az M1-es autópálya bejárat szakaszai

AP	Mérnökiség	Mintavételre érdemes hiba		
		helye		jellege
		pálya	km-szelvény	
M1	Bicske	Bal	25+200–25+300	Roskadásos deformáció
			27+800	Deformáció, repedezettség
			41+900	Megcsúszásos gyűrődés
	Komárom	Jobb	97+500	Keréknyomokban fáradásos repedések
		Bal	92+000	Újabb bomlások javított felületeken
	Lébény	Bal	136+800	Kötőréteg szétesésére utaló hibák
			138+100	Javított felületek újabb tönkremenetele

4. A VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÓ ÉRTÉKELÉSE

4.1. A VIZSGÁLT AUTÓPÁLYA-SZAKASZOK PÁLYASZERKEZETÉNEK, FÖLDMŰVÉNEK ÉS VÍZELVEZETÉSÉNEK FŐ JELLEMZŐI

Mind a tíz autópálya-szakasz kopórétege mZMA-12 típusú aszfalt; a kötőrétegek már különbözőek (hat helyen K-20/F, ebből kettő modifikált bitumennel gyártott).

Három javított szakasznál építettek be valamilyen műanyag rácsot, fóliát; két esetben a kötőréteg, egyszer pedig a kopóréteg

alatt. Egy esetben a régi ÉHA-burkolatra SAMI-t és arra VA-8 jelű kopóréteget építettek, majd nyolc év múltán került erre a mai kopóréteg.

A vizsgált autópálya-szakaszok fele 1–3 m-es mélységű bevágásban fekszik, négy szakasz 1-1,5 m-es magasságú töltésen, míg egy közülük a terepszinten halad. A bevágásban és a terepen kialakított szakasz esetében a mély talpárok miatt 2-3 m-es magasságú áltöltés látszik.

A bevágásokban a vízelvezetést sekély burkolt oldalárokkal oldották meg. A terepen vagy az alacsony töltésen épített szakaszokon a terepről és a burkolatról lefolyó csapadékvizet a terepbe mélyített, többnyire burkolatlan talpárokkal vezetik el.

3. táblázat: Az M3-as, az M30-as és az M35-ös autópálya bejárat szakaszai

AP	Mérnök-ség	Mintavételre érdemes hiba	
		helye, km-szelvény	jellege
M3	Gödöllő	jobb pálya, haladósáv	37+400–39+000 Gyűrődött, horpadt repedezett
		jobb pálya, haladósáv	41+300–42+600 Teknős deformáció és kezdődő nyomvályú
		jobb pálya, haladósáv	45+100–48+000 2006-ban készült kopórétegen kipergés, kátyúsodás, teknős horpadás, víz- és talajfelszívargással
		jobb pálya, haladósáv	48+600–50+200 Javított kátyúk egymás után, két kikátyúzott felület között jön a harmadik. Kipergés
		bal pálya, haladósáv	59+350 Nyomvályú, javítva, kátyúsodik
		bal pálya, haladósáv	52+300 Teknős deformáció, kátyú, vízfeltörés
		bal pálya, haladósáv	21+300–19+400 Ütőkátyúk, keresztrepedésekből kialakuló ütőkátyúk, repedéskorbácsok a jobbszélen, a haladósáv és a leállósáv határán
	Kál	jobb pálya, haladósáv	84+720–844+800 Új nagyfelületű javításokon horpadások
		jobb pálya, haladósáv	100+300–100+700 Repedéskorbács jobbszélen és az előzősávban is
		jobb pálya, haladósáv	116+000–118+200 Repedéskorbács jobbszélen
		bal pálya, haladósáv	122+000 Előzősávon hosszrepedés
		bal pálya, haladósáv	121+000–122+000 Haladósáv deformáció
		bal pálya, haladósáv	91+000–92+000 Hosszrepedések és kátyúk mindkét sávban
		bal pálya, haladósáv	84+000–86+000 Garanciális javítás kátyúsodik, vízfeltörés, horpadásos deformáció, kipergés, ritkulás
M30	Emőd	Nem volt hiba az aszfaltburkolaton	
M35	Hajdúböszörmény	Nem volt hiba az aszfaltburkolaton. A burkolat nagy modulusú aszfalt kötő- és alaprétegből, alatta SAM-hálóval épült 2004 után. A kopóréteg építése gondot okozott a kivitelezők közül az egyiknek, mert bitumen-dúsult felületek keletkeztek. Ezeket felületi marással eltávolították, ami a felületen hibákat, lokális mélyedéseket eredményezett. Két felüljárón vízfeltörés tapasztalható. Ez burkolatvíztelenítési probléma és az nem aszfalt hibája.	

4. táblázat: Az M7-es autópálya bejárat szakaszai

AP	Mérnökség	Mintavételre érdemes hiba	
		helye	jellege
M7	Martonvásár	17+000–12+000, bal pálya	2004-ben készült új kopó- és kötőréteg kátyúsodik és nyomvályús, főleg az M0/M7-es csomópontnál a haladósávban
		Érdi lejtőben jobb pálya	Hosszrepedés a haladó sávban
		51+100 körül, jobb pálya	Ritkuló kopóréteg, javítva, ismét ritkul, vízfelszívargás
		55+430, Császár-víz, felüljáró	Repedés a haladósávban
	Balatonvilágos	A Mérnökség a 2008. áprilisi felmérése szerint 18 helyen beavatkozást javasol. Kettő csomóponti ághoz, illetve gyorsításávhoz tartozik, a többi zömében haladósávban.	Hálós repedezettségű felület. Esős időben néhány helyen a földmű anyaga is a pályára jut. A mintavételeket elsősorban ezeken a helyeken javasoljuk.
		66+820, bal haladó	Repedezett felület, földmű anyaga a pályára jut
		67+800, jobb haladó	Repedezett felület, deformáció, ritkulás
		73+600, jobb pálya	Hálós repedés
		74+200, jobb pálya	Repedezett felület, földmű anyaga a pályán megjelent
		80+556, jobb pálya	Repedezett homorú felszín, ritkulás, földmű anyaga a pályán megjelent
		89+900, gyorsításáv, bal pálya	Hálós repedezettség
		92+620, jobb pálya	Horpadás, hosszrepedés
		106+000, jobb pálya	Új, garanciában fektetett felületen nyomvályú
	Fonyód	A Mérnökséghez tartozó szakaszon (120–167 km-sz.) aszfaltburkolati hiba egyelőre nincs. A garanciális hibák háttöltéssüllyedés kiegyenlítésére vonatkoznak	

Az M1-as és az M3-as autópálya félmerev pályaszerkezetű, a cement-stabilizációs alaprétegen legalább 22 cm-nyi aszfaltburkolat található.

Az M7-es autópályán a 90 km szelvényig, mindkét oldalon, a repesztett betonburkolatra aszfaltrétegek épültek. A jobb pálya ezen a csomóponton túl félmerev pályaszerkezetű.

4.2. MINTAVÉTELEK, HELYSZÍNI ÉS LABORATÓRIUMI VIZSGÁLATOK

A kiválasztott helyeken az aszfaltkeverék és alkotórészei laboratóriumi vizsgálatához az aszfaltburkolatból magmintákat vettünk. Az aszfaltrétegek közötti együttdolgozást felszakítóvizsgálattal állapítottuk meg. Billenőkaros behajlásméréssel vizsgáltuk a teherbírást, illetve a földmű állapotát ejtőszúnyos verőszondás méréssel minősítettük. A pályaszerkezetben és a földmű felső 1 m vastagságú rétegében a vizek esetleges jelenlétét georadar-mérésekkel állapítottuk meg.

4.3. AZ ÉSZLELT BURKOLATHIBA-TÍPUSOK

Keresztrepedések, általában reflexiók jellegűek minden vizsgált szakaszon előfordultak.

A hosszrepedések is megjelentek több szakaszon, esetenként elágaztak, sőt mozaikos repedésekké fajultak.

Mozaikos repedezettség főleg a keréknyomokban, ott is a haladósávban fordult elő. A mozaikrepedésekkel rendszerint nyitott, hézagos kopóréteg járt együtt. Teherbírási elégtelenségből származó kismértékű pályasüllyedést a külső keréknyomokban csak egy helyen találtunk. Az M3-as és az M7-es autópálya egy-egy vizsgált szakaszán a mozaikosan repedezett felületen vízfeltörés volt észlelhető.

Kezdődő keréknyomvályút csupán egyetlen vizsgált szakaszon lehetett észlelni.

4.4. A VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK

A vizsgált pályaszerkezetek felépítését, az állapotjellemzőket, a tapasztalt hibákat, a vizsgálatok, mérések eredményeit az 5. táblázat foglalja össze.

A táblázat alapján jól látható összefüggés a szétágazó hosszrepedések, a mozaikos repedések és a feltépővizsgálat gyenge eredménye között. Ahol a mozaikrepedések is megjelennek, illetve a pálya nyitott, ott – a feltépővizsgálat eredményei szerint – a kopóréteg nem köt megfelelően össze az alatta levő réteggel. Nyilvánvalóan a repedezettség és a rétegek elválása okozza a georadar-vizsgálatokkal kimutatott elnedvesedést a felső 0,2 m vastagságú tartományban. Ilyen szakaszok: M1, jobb pálya, 97+500 km-sz.; M3, bal pálya, 20+000 km-sz.; M3, bal pálya, 86+050 km-sz.; M7, jobb pálya, 51+000 km-sz. Ezek közül ki kell emelni a M3-as autópálya bal pályáján, a 86+050 km-szelvény környezetében levő szakaszt, ahol a legsúlyosabb hibák találhatók. Ez a szakasz egyméteres magasságú töltésben fekszik. A teherbírást jellemző helyszíni mérések (behajlás, geoszonda) eredményei itt a legrosszabbak, és a georadar-mérés itt jelzi a legtöbb nedvességet 1,0 m-es mélységig. Súlyosbítja a hibákat a kopóréteg alá fektetett ismeretlen aszfaltháló, amely nem biztosít a K-20/F kötőréteggel összekötést, hanem elválasztja a rétegeket.

Jellemző hiba a haladósávban – többségében nem elágazó – hosszrepedések és néhány keresztrepedés jelentkezése. Ezek közül az egyik szakasz (M1, balpálya, 41+900 km-sz.) geoszondázása alapján a jelenség a földmű gyenge teherbírására vezethető vissza. A másik ilyen hibát mutató útszakaszon (M7, jobb pálya,

92+600 km-sz.) több helyen mozaikrepedés is előfordul. Itt a fel-tépővizsgálat eredménye volt gyenge, mivel a felújítás során az új K-20/F jelű kötőréteg alá aszfaltrácsot fektettek.

A legtöbb keresztrepedés az M1, balpálya 25+000 km-sz. és az M3, balpálya, 20+000 km-sz. szakaszon található. Ezek a CKT-alaprétegből indult reflexiós repedések. Az M1-es autópályán levő szakaszon a nagy merevségűvé vált HAK-20 hajlamos hidegben a repedésképződésre. Az M3-as autópályán levő szakaszon az akkor már 22 éves, és nyilván repedezett ÉHA-20 jelű kopórétegre terített SAMI nem volt képes teljes mértékben teljesíteni a feladatát, és a két lépcsőben ráépített viszonylag vékony aszfaltrétegek átrepedtek. Egyébként ez a szakasz hosszrepedéses, mozaikrepedések is előfordulnak, a kopóréteg nyitott felületű. Gyenge a rétegek közötti összekötés – nyilván a repedezettség miatt – a burkolat felső 20 cm-es vastagságú része sok nedveséget tartalmaz.

A második legáltalánosabb hiba az mZMA-12 típusú kopóréteg felületének nyitottsága (néhány helyen szinte „drénaszfalt jellegű” megjelenése), amely az ismert veszélyeket rejt magában. A hiba eredeti oka ma már felderíthetetlen. Valószínű, hogy a keverégyártás és a beépítés során elkövetett hibák összegeződése, a hőszegregáció jelenségéből következő tömörítetlenség áll a háttérben.



1. ábra: Holland jellegzetes burkolathiba (Fotó: A.A.A. Molenaar)



2. ábra: Tömörítetlen kopóréteg az M3-as autópálya 85+500 és 86+050 km-szelvényei között

5. KÜLFÖLDI TAPASZTALATOK, A NEMZETKÖZI GYAKORLAT ELEMZÉSE

A vizsgálat alá vett autópálya-szakaszok burkolatain három olyan romlási jelenség volt tapasztalható, amelyeknek okai nem voltak egyértelműen visszavezethetők a pályaszerkezetbe beépített anyagok mért tulajdonságaira vagy a pályaszerkezet felépítésére, illetve annak a vizsgálatok és a mérések időpontjában tapasztalt állapotára. A pályaszakaszokon szemrevételezés során észlelt hibajelenségek okainak és „kifejlődésüknek” teljes körű feltáráshoz egyelőre nem állnak megfelelő roncsolásmentes vizsgálati módszerek rendelkezésre. A kutatóórákkal való feltárás viszont az ilyen módon kapható anyagállapot-mutatók értékével arányban nem álló költségfordítást igényelt volna.

Ezek a hibajelenségek:

- vezetékkorbácsolhoz hasonlítható alakban kialakult repedések a főpálya és a leállósáv határán, különösen az M3-as autópálya Gyöngyös és Füzesabony közötti szakaszán,
- ritkult, hézagos felületek az mZMA típusú aszfalt kopórétegen, mindegyik vizsgált szakaszon,
- a pályán tapasztalható vízfeltörések az M3-as és az M7-es autópálya egyes vizsgált szakaszain,
- a tervezett élettartamához mérten fiatal ZMA (angol rövidítés: SMA) típusú kopórétegeken mutatózó, szerteágazó mikrorepedések.

Célszerűnek tartottuk ezeket a jelenségeket a nemzetközi tapasztalatokkal összevetni annak megítélésére, vajon azok külföldön is előfordulnak-e, pályaszerkezet-tervezési és vagy -építési hibákra visszavezethetően, avagy azok kifejezetten a hazai gyakorlat nem megfelelőségéből származnak.

5.1. REPEDÉSKORBÁCSOK A FŐPÁLYA HALADÓ-ÉS LEÁLLÓSÁVJA KÖZÖTTI TALÁLKOZÁSI VONALBAN

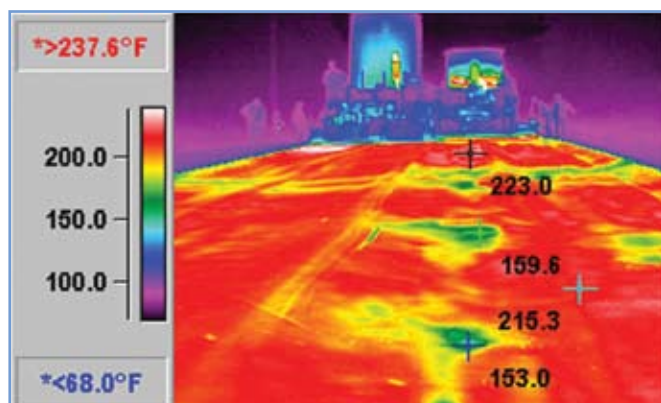
Ilyen jelenséget az M3-as autópálya 19+400–21+300, 84+000–86+000, 100+300–100+700, illetve 115+000–118+200 km-szelvények közötti szakaszán találtunk. Ez a hiba egyébként az autópálya 1998-ban átadott, a 70. és a 114. km-szelvény közötti szakaszán a garanciális idő lejártá előtt tömegesen jelentkezett. Ma már a nagy hosszúságban végzett garanciális pályaszerkezet-erősítés következtében a szakasz teljes hosszában általában nem láthatók ezek a hibák, viszont ahol még észlelhetők, ott markánsan mutatkoznak meg (1. ábra).

A jelenséggel a nemzetközi szakirodalom is foglalkozik. Például a holland Molenaar szerint [1] létezik az a típusú klasszikus fáradási károsodás, amely az aszfaltrétegek alján indul meg, és innen terjed tovább felfelé, és az aszfaltburkolat felületén egymáshoz közeli hosszirányú repedésekként jelentkezik (1. ábra).

5.2. RITKULT FELÜLETŰ FOLTOK A KOPÓRÉTEGEN

Minden vizsgálat alá vett szakaszon jellemző volt a tömörítetlenségre utaló lokálisan ritkult felület mind a főpályán, mind pedig a leállósávon, akár a még nem javított, akár a nagyfelületű kátyúzással a közelmúltban már javított kopórétegen. Az M3-as autópálya 85+500–86+050 km közötti szakaszáról jellemző esetet mutat be a 2. ábra. Az ilyen jelenség tömörítetlenségre utal, ami az aszfaltréteg elterítése során nem tűnik azonnal fel, vagy pedig olyan kis felületre korlátozódik, hogy a kivitelező, de a műszaki

* A BME Út és Vasútéptézési Tanszékének laboratóriumában korábban végzett számos vizsgálat egyértelműen igazolta, hogy a ZMA-típusú aszfaltok hasító-húzószilárdsága +5 °C-os vizsgálati hőmérsékleten mintegy 20-25%-kal kisebb, mint az AB-típusú aszfaltbeton kopórétegeké.



3. ábra: Frissen terített aszfalttréteg hőképe (A Washingtoni Állami Egyetem kutatásai nyomán)

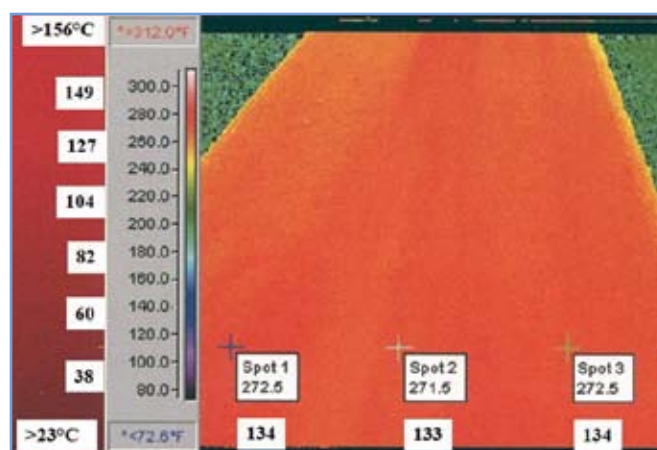


4. ábra: Aszfaltkomp a beépítő gépláncban (a Roadtec Co. felvétele)

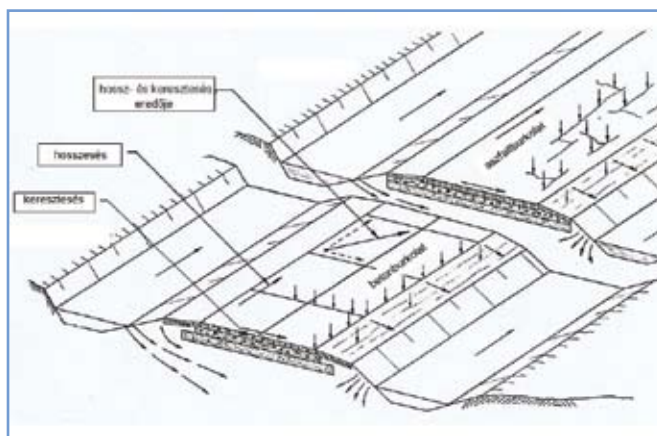
ellenőr is szemet huny felette, hiszen a hiba az aszfaltozás során gyakorlatilag javíthatatlan.

A jelenség okát az Egyesült Államokban, a Washingtoni Állami Egyetemen 1999-ben elvégzett kutatásokban az aszfaltkeverék beépítés közbeni ún. hőmérsékleti osztályozódására (temperature segregation of Hot Mix Asphalt) vezették vissza [2]. A jelenség vizsgálatában áttörést az infravörös tartományban működő kamerák és a mért értékeket hőképek formájában megjelenítő számítógépes feldolgozása hozott (3. ábra). A laboratóriumi vizsgálatok kiterjedtek az aszfaltkeverékek tömörítési hőmérsékletének és tömörségének, szabadhézag-tartalmának és nyomvályú-érzékenységének összefüggéseire. A gyakorlatban alkalmazott aszfaltkompok közül a kutatás azt találta legalkalmasabbnak, amely a tehergépkocsik által beléjük ürtett aszfaltkeveréket teljesen átkeverte, majd úgy továbbította a finiserbe (4. ábra), egyenletes terítési hőmérsékletet érve el ezzel (5. ábra).

A téma a 2000. évi tihanyi Útügyi Napokon is szerepelt [3]. Az útügyi napok előadója ebben a tárgykörben a hazai és a német szakirodalomban is publikált [4] [5]. Ennek hatására szereztek be a hazai aszfaltútépítő nagyvállalatok Vögele gyártmányú aszfaltkompokat. Ez a gép ugyan nem a legjobban homogenizáló típus, mert nem keveri át a bele ürtett aszfaltkeveréket, használata mégis eredményesnek volt mondható a 2004 után épült aszfalt kopórétegeken, hiszen azokon hőszegregációra visszavezethető tömörítetlen foltok csak kis mértékben voltak a szemléken érzékelhetők. (Lásd az 3. táblázat M30-as és M35-ös autópályára vonatkozó megállapításait.



5. ábra: Aszfalttréteg hőmérséklet-eloszlása az utánkeverővel el-látott aszfaltkomppal etetett finiser után (A Washingtoni Állami Egyetem kutatása nyomán)



6. ábra: A csapadékvíz behatolási sémája az útpályaszerkezetbe és a földműbe [6]

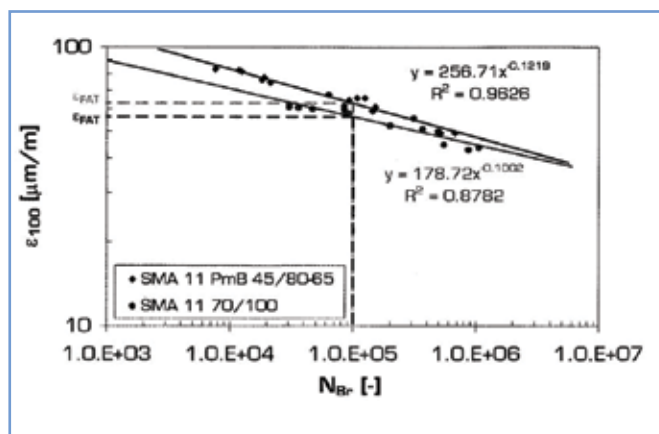
5.3. VÍZFELTÖRÉS A KOPÓRÉTEGEN

Az M7-es autópálya – amelynek 17 és 92 km-szelvény közötti szakaszát 2000 és 2002 között építették át betonburkolatúból aszfaltburkolatúvá – jobb pályájának 51+500 km-szelvényében a vizsgálatsorozatot előkészítő, a mintavételeket kijelölő szemle ismételtén javított és ismételtén ritkuló kopóréteget talált, jól látható vízfelszivárgással, ami talajjal szennyezett vizet is felhozott. Ez a szakasz áltöltésben fekszik, a bal pálya mély árkában pangó vizek voltak az említett szemle idején. Az 1998-as forgalomba helyezést követően az M3-as autópályán, Gyöngyös és Füzesabony között nagy hosszakban, a terepszinten és így áltöltésekben vezetett szakaszokon hasonló problémák merültek fel.

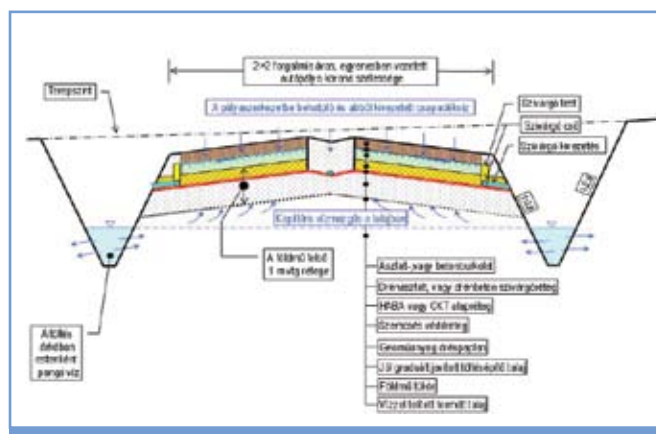
Az áltöltésekben vezetett síkvidéki autópályák vízháztartási problémáinak lényegét a 6. ábra [6] szemlélteti. Az ábra jól rámutat arra a közismert tényre, hogy a csapadékvíz és a talajban lévő vizek gravitációs módon vagy pedig kapillaris emelkedés következtében a pályaszerkezetbe, illetve az alá jutnak, és ott különböző káros hatásokat fejtenek ki. Ilyen veszéllyel kell számolni, ha a pályaszerkezet hatékony víztelenítését nem építették meg, vagy ha megépítették ugyan, de nem tartják azt karban. A nemzetközi tervezési, építési és fenntartási gyakorlat e problémakörnek különös fontosságot tulajdonít, ezért tervezési szabályzatokban és fenntartási előírásokban a kötelezően követendő szerkezeti megoldásokról és eljárásokról hangsúlyosan rendelkezik [6, 7].

5. táblázat: Összefoglaló információk a tíz vizsgált szakaszról

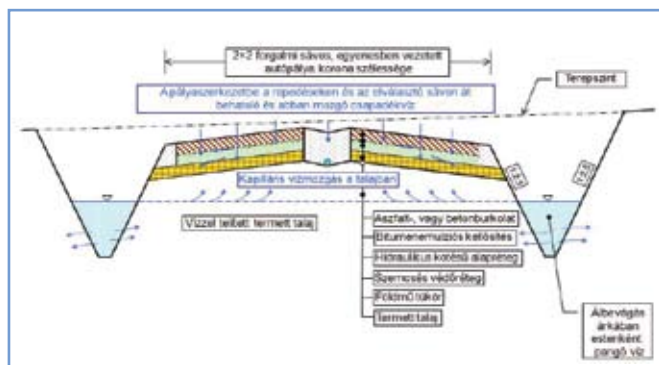
Szakasz helye, km	Burkolati rétegek a kopóréteg alatt	HIBÁK					MÉRÉSEK			VIZSGÁLATOK			Megjegyzés
		Kereszt-repedés	Hossz-repedés	Elágazó hossz-repedés	Mozaik-repedés	Nyitott felület	Átlagos behajlás mm	Geoszonda ütésszáma	Georadar Víz, m	Réteg-tapadás	Nyomvályú mélység	Merevség	
										1. réteg/2. réteg			
M1, bal, 25+000–25+500	HAK-20 JU-35 JU-35	Sok (19 m-enként)	–	–	–	–	0,06	169	0,0–0,2 0,5–1,0	Nincs vizsgálat	Jó	Közép Nagy	1 m bevágás
M1, bal, 41+900–42+400	HAK-20 JU-35 JU-35	Kevés	Sok, a külső nyomóban	Kevés	–	–	Nincs vizsgálat	69 66	Nincs vizsgálat	Jó	Gyenge Jó	Közép Nagy	1 m töltés
M1, jobb, 97+500–98+000	K-20/F HAK-12 KNZ	–	–	Sok, főként a külső nyomóban	Sok a külső nyomban	Sok	Nincs vizsgálat	268 201	0,0–0,2	Rossz	Rossz Gyenge	Közép Közép	1 m töltés
M3, bal, 20+000–20+500	VA-8 SAMI ÉHA-20	Sok	–	Sok, kereszt-repedések is	Kevés	Sok	0,15	162 148	0,0–0,2 0,5–1,0	Gyenge	Gyenge Gyenge	Közép Közép	2 m bevágás
M3, jobb, 45+950–46+450	mK-20/F AB-16/F K-20	–	–	Sok, főként a külső nyomban	–	–	0,11	130 120	0,0–0,5	Jó >2	Jó Jó	Közép Nagy	1,5 m töltés, majd terepszint
M3, bal, 86+050–85+500	GRB-100 fólia K-20/F JU-35/F	–	Sok	Sok, főként a külső nyomban	Kevés	Kevés	0,24 0,61 max. 1,01	67 58	0,0–1,0	Rossz Levált	Nincs vizsgálat	Közép Nagy	Enyhe nyomvályúképződés, 1 m töltés
M7, jobb, 51+000–51+500	mJU-35/F AB-16/F Tört beton	1	–	Sok, főként a külső nyomban	Sok, főként a külső nyomban	sok	0,08	91 193	0,0–0,2	Rossz	Jó Jó	Közép Közép	Terepszint
M7, bal, 89+400–89+900	mK-20/F AB-16/F Tört beton	–	–	kevés	–	–	0,06	Nincs vizsgálat	Nincs vizsgálat	Jó >2	Nincs vizsgálat	Közép Közép	2 m bevágás
M7, jobb, 92+600–93+100	K-20/F UH101 műa. JU-35	Kevés	Sok, a külső nyomóban	–	Több helyen	–	0,15	Nincs vizsgálat	Nincs vizsgálat	Gyenge	Jó Gyenge	Kicsi Kicsi	3 m bevágás
M7, jobb, 106+000–106+500	K-20/F UH101 műa. mK-20/F	1	–	–	Kevés	–	0,16	Nincs vizsgálat	Nincs vizsgálat	Rossz	Gyenge Jó	Kicsi Kicsi	Enyhe nyomvályúképződés, 1 m bevágás



7. ábra: A normál és a modifikált bitumennel gyártott SMA-11 típusú aszfaltkeverék fáradási egyenesei [8]



9. ábra: A pályaszerkezet víztelenítésének elvi javaslata áltöltésben vezetett autópálya esetén



8. ábra: Vízmozgások sémája a pályaszerkezetben, sekély bevágásban kialakított áltöltésben vezetett autópálya esetén

5.4. AZ MZMA TÍPUSÚ KOPÓRÉTEG KORAI REPEDEZETTSÉGE

A vizsgált szakaszokon egyöntetű jelenségment tapasztaltuk az mZMA-típusú kopórétegen már néhány év használat után megjelenő, rendszertelenül szerteágazó mikrorepedés-hálózatot.

A gyorsforgalmi úthálózat kezelői részéről mindig is igény volt arra, hogy a teljes hálózaton ugyanolyan típusú aszfalt kopóréteg épüljön. Ez az 1975. és 1995. között az ÉHA-20 típusú réteg volt, 1995-től pedig a zúzalékvasas masztixaszfalt (ZMA). Az ÉHA-20-ról ZMA-ra történt váltás alapvető indoka az utóbbinak nyomvályúképződéssel szembeni vélt jobb ellenállása volt, kisebb görődülzájszinttel és az ÉHA-20-éét megközelítő csúszásellenállással. Sok külföldi és hazai publikáció mutatta be, hogy a nyomvályúképződési ellenállás szempontjából minden más kopórétegnél (így az aszfaltbeton kopórétegnél is) jobb teljesítményű a ZMA kopóréteg (7. ábra), annak is a modifikált bitumenes változata, amelynek 10 millió teherismétlődésig a normál bitumennel készült keveréknél jobb a fáradási ellenállása [8].

A ZMA kopórétteg melletti döntést annak az aszfaltbetonokkal megegyező felkészültséget igénylő beépítési és javítási módja is alátámasztotta. A döntés meghozatalakor az sem volt mellékes körülmény, hogy a ZMA kopórétegek építése ekkorra már világ-szerűen kezdett elterjedni, főleg módifikált bitumenes változatban.

A ZMA kopóréteget hazai autópálya-építésben 1995-96-ban normál útéptési bitumennel, 1997-től már modifikált bitumennel készítik. Az első ilyen alkalmazás az M3-as autópálya Gyöngyös és Füzesabony közötti szakaszán

(71–115 km) plasztomerrel modifikált bitumennel gyártott keverék volt, ami aztán az üzemeltetés közben repedésérzékenynek bizonyult.

A nemzetközi irodalomban kevesebb szó esik arról, hogy a ZMA-típusú aszfaltok húzószilárdsága gyengébb a 0,7–1,0%-kal kisebb bitumen-tartalmú aszfaltbetonokénál, vagy éppen a majdnem 8%-os bitumen-tartalmú öntöttaszfaltokénál.⁸ Ennek a tulajdonságnak pedig az aszfaltok téli viselkedésében döntő szerepe van. Lehülés során ugyanis az aszfalt kopórétegben δT termikus feszültségek ébrednek, és halmazódnak fel. Ez a feszültség az aszfalt δa húzószilárdsága ellenében hat. Így az aszfaltnak a forgalmi igénybevétel felvételére csupán a maradó $\delta a - \delta T = \Delta \delta$ tartalékszilárdság áll rendelkezésre. Az olvasztósó hatására a kopórétegben ébredő lehülési (kirogné) feszültségek hatására a gyenge húzószilárdságú kopórétegben, a keréknyommal párhuzamosan, felülről induló hajszálrepedések alakulhatnak ki [9].

6. ÚTMUTATÓ AZ AUTÓPÁLYA-ÉPÍTÉS MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSI RENDSZERÉHEZ VALÓ HOZZÁJÁRULÁSKÉNT

A fentiekben összefoglalóan bemutatott vizsgálat eredményeiből levont következtetések, korábbi tapasztalatok és a rendelkezésre álló külföldi eredmények alapján a munkacsoport olyan útmutatót állított össze, amely ahhoz kíván hozzájárulni, hogy az autópályák építésére, felújítására megfelelő színvonalon, így hosszú távon is hatékonyan kerüljön sor.

Bár a könnyebb kezelhetőség és követhetőség érdekében az útmutató a javaslatait alcímek alatt csoportosította, fontos annak hangsúlyozása, hogy a létesítményeket (gyorsforgalmi utakat) egységes egészként, egyetlen „termékként” célszerű kezelni, amelynek minőségét – a PMS-szemléletnek megfelelően – az egymáshoz kapcsolódó résztevékenységek (geometriai tervezés, pályaszerkezet-méretezés, építés, fenntartás, üzemeltetés, rendszeres állapotvizsgálat stb.) megfelelősége együttesen határozza meg. Hasonlóképpen az egyes pályaszerkezeti rétegeket és a földmű felső, mintegy 1 m-es vastagságú részét is célszerű egységként kezelni abban az értelemben, hogy bármelyik elemnek a nem megfelelő minősége az egész pályaszerkezet teljesítőképességének érdemleges csökkenéséhez vezet(het). Ez a komplex – a tényezők egymásra hatását figyelembe vevő – közelítési mód lehet a kulcsa annak, hogy az egyes gyorsforgalmi utak minden szakasza hosszú távon is megfelelő minőségűnek bizonyuljon; ezzel pedig a komoly nemzetgazdasági károkat okozó és megnövekedett üthaszóllói költségeket kiváltó, idő előtti állapotromlás elkerülhető legyen.

Mindezek előrebocsátásával a következő csoportosításban következnek a hazai autópályák hosszú távon megfelelő minőségét elő-

segíteni kívánó javaslatok, esetenként a hazánkban érvényes szabályozások hangsúlyozottan fontosnak ítélt elemei, esetenként pedig hazánkban többé-kevésbé, „újdonságnak” számító ajánlások:

- geometriai tervezés,
- víztelenítés,
- pályaszerkezet-típus kiválasztása,
- alapanyagok,
- pályaszerkezet-tervezés,
- keveréktervezés,
- építés (keverés, bedolgozás),
- minőség-ellenőrzési rendszer,
- rendszeres állapotmegfigyelés,
- fenntartás,
- felújítás (tervezés, kivitelezés),
- üzemeltetés.

6.1. GEOMETRIAI TERVEZÉS

A gyorsforgalmi utak magassági vonalvezetésének tervezésekor el kell kerülni a terepközelben vezetett, ún. áltöltéses szakaszok alkalmazását. Ez utóbbiak ugyanis potenciális vízelvezetési problémákat okozhatnak, illetve az út mentén lefolyástalan területek, pangó vizek megjelenéséhez vezethetnek (8. ábra). Emellett az autópályák melletti befogadó vízfolyások hatékony karbantartására is koncentrált erőfeszítéseket célszerű tenni.

6.2. VÍZTELENÍTÉS

A folyamatosan hatékonyan működő vízelvezetési rendszer biztosítása érdekében szükséges a víztelenítő rendszernek

- az alapos megtervezése, gondolva az egyes pályaszerkezeti rétegek határfelületein bekövetkező, esetleges szabályozatlan vízmozgások (8. ábra) megakadályozására, illetve az ott megjelenő vizek pályaszerkezetbe történő kivezetésére;
 - a kapilláris megszakító szemcsés rétegekkel együtt történő tervezése a talajfajta és a mértékadó talajvízszint függvényében;
 - az építési folyamat alatti folyamatos funkcióképességének biztosítása (egyebek mellett a téli munkaszüneteltetés alatt is),
 - hatékony működését a közútkezelő által folyamatosan ellenőrizni, és szükség esetén, a javító beavatkozásokat megtenni,
 - a rendszeres állapotvizsgálatok során tapasztalt (váratlanul gyors) leromlásra gyakorolt esetleges hatását megvizsgálni.
- Mindezekre azért van szükség, hogy a pályaszerkezet-méretezés-kor alapul vett földmű-teherbírás ne csökkenjen a pályaszerkezet élettartama során, és így ne váljék a fáradás jelenségét megelőzően kritikus paraméterré. A 9. ábra elvi javaslatot ad a földmű felső egyméteres vastagságú rétegével együtt értelmezett pályaszerkezetben megoldandó víztelenítési problémák kezelésére.

6.3. PÁLYASZERKEZET-TÍPUS KIVÁLASZTÁSA

A tervezés alatt álló gyorsforgalmi útszakaszokhoz a pályaszerkezet-típus kiválasztását számos tényező komplex vizsgálata előzze meg. A választást minden esetben életciklus-elemzés és hatékonysági elemzés alapozza meg. A különösen nagy nehéz forgalmi terhelés esetén egyértelműen előtérbe kerülnek a hézagolt vagy folytonosan vasalt betonburkolatú merev pályaszerkezetek, ill. a vékonyaszfalt kopórétteggel készülő, folytonosan vasalt betonburkolatból álló kompozit pályaszerkezetek.

Fontos, hogy a pályaszerkezet tervezése során a hazai gyakorlat szerint hagyományosan figyelembe vett fáradási tönkremenetelen kívül (amelyet a teherbírási értékek felgyorsult időbeli romlása jellemez), nem szabad figyelmen kívül hagyni olyan tönkremeneteli módokat sem, mint a hossz- vagy a keresztirányú hullámosodás, a pálya elsíkosodása, a kopórétteg anyagainak szétesése stb.

Ez az aszfaltburkolatú pályaszerkezetek esetén, egyebek mellett, az egyes aszfaltrétegek tervezendő összetétele és vastagsága szempontjából is fontos figyelembe veendő körülmény.

A hazánkban elterjedten alkalmazott félig merev pályaszerkezet-típus közismert hátrányát az aszfaltrétegeken áttükröződő ún. reflexiós repedések megjelenése jelenti. A különböző technológiai megoldásokkal legfeljebb némileg elodázní lehet ennek a hibatípusnak a pályán történő megjelenését. A repedések folyamatos karbantartása különleges odafigyelést és sok költségráfordítást igénylő feladat.

Tervbe kell venni olyan próbaszakaszok építését és rendszeres megfigyelését, amelyek a hosszabb ciklusidejű, kedvezőbb viselkedésű aszfaltkeverék-változatok – pl. továbbfejlesztett aszfaltbetonok – hosszú távú megfigyelésére szolgálnak. (Általában is javasolható a hazai gyorsforgalmi utak aszfaltburkolatainak azonos alapelvű rendszerek állapotmegfigyelése révén az „optimális” pályaszerkezet-választáshoz hasznos információk gyűjtése és hasznosítása).

6.4. ALAPANYAGOK

Az épülő autópálya-szakasz várható forgalmi és környezeti terhelése (mikroklíma, talajviszonyok stb.) a földmű és az egyes pályaszerkezeti rétegek alapanyagának kiválasztásakor fontos szempontként veendő figyelembe. Főleg a kötőanyag (bitumen, cement) tekintetében nagy gazdasági jelentőségű a hosszú távon is kielégítő teljesítményű anyag beépítése. A termoplasztikus kötőanyag kiválasztásakor annak hideg- és melegviselkedését egyaránt figyelembe kell venni.

A hazai éghajlati viszonyok között elengedhetetlen téli olvasztósó-szórás (vagy más fagymentesítő anyagok alkalmazása) ugyanis a nem megfelelő hidegviselkedésű bitumennel készített aszfalt kopórétegek felületén vízbehatolást lehetővé tevő mikrorepedések kialakulásához vezethet. A bonyolult jelenség elleni védelmet nehezíti az a tény, hogy a hazánkban általánosan választott zúzalékos masztixaszfalt gyártásához felhasznált, a bitumen lefolyását gátló adalékszerek anyagviselkedésre gyakorolt hatásmechanizmusa egyelőre ismeretlen. Ezeknek a keverékeknek bizonyítottan kisebb a húzószilárdsága, mint a kisebb bitumentartalmú aszfaltbetonoké. Olyan műszaki szabályozásra van tehát szükség, amely az alkalmazandó bitumenek hidegtűrő képességének határértékeit tartalmazza, valamint az anyag hidegtűrő képességének reprodukálható módon történő vizsgálatához módszert ismertet.

Különös figyelmet kell fordítani arra, hogy melyek azok az aszfaltanyagú pályaszerkezeti rétegek, amelyekben a drágább módifikált bitumen alkalmazása a szerkezet lassabb leromlása, meg növekedett élettartama, illetve a csökkent úthasználoi költségek következtében megtérül.

6.5. PÁLYASZERKEZET-TERVEZÉS

A pályaszerkezetet nem célszerű csupán a várható terheléismétlés által kiváltott fáradásra (teherbírásra) elkülönítetten méretezni, hanem a földműre és a pályaszerkezet többi tönkremeneteli módjára (deformálódás, kipergés-kátyúsodás, elsíkosodás stb.) egyaránt figyelemmel kell lenni. Ajánlatos az ún. egyenkapacitás elvét követni, amely szerint az egyes tönkremeneteli módok esetében a túlzott „tartalékot” – gazdaságossági okok miatt – indokolt elkerülni. Ne legyen tehát olyan leromlástípus, amely a többiek jelentős mértékben megelőzve válik – állapotjavító beavatkozást igénylően – mértékadóvá, kritikussá.

Az útpályaszerkezet – azok között is az aszfaltburkolatú pályaszerkezetek – méretezését újszerű szemlélettel célszerű felváltani, amely szerint a teljes pályaszerkezetet és a földmű felső 1,0 m-es vastagságú rétegét egységes szerkezeti egésznek kell tekinteni. Alapvető feladat annak biztosítása, hogy a földmű teljes tervezési élettartama alatt tartsa meg azokat a teherbírási értékeket, amelyeket a méretezés-tervezés során alapul vettek.

Ezt a célt kívánja elérni az a tervezett, PMS-szemléletű „Közüti pályaszerkezetek tervezési szabályzata” című utógyműi mőszaki előírás, amely a tárgykör korábban készült, a földmővekkkel, a víztelenítéssel, a pályaszerkezet-méretezéssel és a felújítás tervezésével foglalkozó mőszaki előírásai itt szándékozik összefogni, illetve közöttük kapcsolatot teremteni.

6.5.1. KEVERÉKTERVEZÉS

Az útpályaszerkezetbe használni javasolt aszfalt-, illetve a betonkeverékek összetételét hasonlóképpen az összes fő igénybevételi mód és, ennek megfelelő, tőnkremeneteli forma alapján célszerű megtervezni. Aszfaltkeverékek esetében a hideg- és a melegviselkedés ellentétes követelményei, továbbá a jó fátadási ellenállás igénye között kompromisszumot kell találni, különös figyelmet fordítva a szóban forgó réteg pályaszerkezetben elfoglalt helyére, és ebből adódóan mechanikai és környezeti igénybevételére.

6.5.2. ÉPÍTÉS (KEVERÉKGYÁRTÁS, BEDOLGOZÁS)

A kivitelezés sikerességének egyik alapfeltétele, hogy a vállalkozó erőforrásai (munkaerő, gépek-berendezések stb.) a követelményeknek teljes mértékben megfeleljenek. Autópályaépítésben kellő tapasztalatot szerzett és felelősségteljes felső-, közép- és alsószintű vezetők alkalmazása mellett, hangsúlyozottan indokolt arra tekintettel lenni, hogy az egész létesítmény teljesítőképességében jelentős szerepet játszó elemek építése ne válják alvállalkozók feladatává, különösen, ha azok munkájának minősége a fővállalkozó által teljes mértékben nem ellenőrizhető.

A keverés-bedolgozás gépi eszközeinek egyrészt a kor legmagasabb minőségi színvonalán kell állniuk, másrészt pedig elengedhetetlen, hogy azok a tervezett kivitelezési ütem megvalósulását nem akadályozó és egymással is szinkronban levő kapacitással rendelkezzenek. A kulcsszerepben levő gépek váratlan meghibásodására számítva olyan tartalékokról is célszerű gondoskodni, amelyek esetleges alkalmazása minőségromláshoz nem vezet.

Kiemelt fontosságú, hogy nem szétosztályozódott, hossz- és keresztirányban egyaránt egyenletes tömörségő aszfalttréteget építsenek. (Ha ezt a feltételt nem sikeröl teljesíteni, akkor súlyos, lokális burkolathibák korai megjelenésére kell számítani). Ezért a vonatkozó utógyműi mőszaki előírásokban szabályozni kell az aszfaltkeveréket gyártó, szállító és bedolgozó gépek mindazon minimális mőszaki paramétereit (hasonlóképpen a betonburkolatok építését szabályozó utógyműi mőszaki előíráshoz), amelyeknek teljesülésével a szemcse- és a hőszegregáció okozta burkolathibák elkerölhetőkkelé válnak.

Egyes hazai autópálya-szakaszok állapotromlásának megfigyelése azt igazolta, hogy a haladásáv és a leállóság mentén jelentkező, korbácsolakú, hosszirányú repedések a szóban forgó sáv tömörítetlenségére és így a szerkezet teherbírásának csökkent voltára utalnak. Szükséges ezért a jelenség pontos nyomon követésére megfelelő mérési eljárás kifejlesztése, valamint a vonatkozó mőszaki előírás megfelelő továbbfejlesztése.

Ez utóbbinak célszerű iránya a burkolatépítési berendezések azon paraméter-követelményeinek megadása lehet, amelyeknek teljesülése esetén az említett határfelületsávok tömörsége nem lesz a szomszédos részekénél kisebb.

A földmő és az alsó pályaszerkezeti rétegek megfelelő minőségére is fokozott hangsúlyt kell helyezni, mivel nagyon gyakran a teljes szerkezet nagy nemzetgazdasági kárt okozó, idő előtti tőnkremenetelét az itt elkövetett technológiai fegyelmezetlenségek váltják ki.

A valamely építési fázis szempontjából kedvezőtlen időjárás (túlságosan hideg vagy túlságosan meleg időjárás, heves eső, köd stb.) mellett a határidők szorításában sem megengedett dolgozni.

6.6. MINŐSÉG-ELLENŐRZÉSI RENDSZER

Az autópályák építésére (és felújítására) hazánkban már hosszabb ideje alkalmazott minőség-ellenőrzési rendszer akkor képes érdemlegesen hozzájárulni a létesítmény hosszú távú jó minőségéhez, ha

- a vállalkozó számára is nyilvánvaló, hogy a gondos és részletes saját minőség-ellenőrzés – az esetleges negatív eredményekre történő azonnali reagálással – sokkal kisebb hosszú távú anyagi (és erkölcsi!) veszteséget jelent számára, mint a gyors burkolatromlás hátrányos pénzügyi következménye (ez az érdek különösen a hosszú távú, ún. teljesítményelvő szerződéseken alapuló kivitelezések esetében válik a vállalkozó számára nyilvánvalóvá),
- a vállalkozó olyan ellenőrző laboratóriumot választ, amely megfelelő szakmai tudással és vizsgálókapacitással az esetleges építés közbeni minőségi hiányokat még időben, maradéktalanul feltárja,
- a vállalkozó saját jól felfogott érdekének tekinti a Mérnökkel (mőszaki ellenőrökkel) és az állami ellenőrző laboratóriummal történő együttműködést, lehetőség szerint, elkerölve a döntő vizsgálatok igénylését,
- az állami ellenőrző laboratórium kiemelkedő szakmai tapasztalattal, korszerű mérőberendezésekkel, valamint a felmerölő feladatok időben történő végrehajtásához elegendő kapacitással rendelkezik,
- a kisebb minőségi hibával készített pályaszerkezeti rétegek felbontása és a megemelt szavatossági idő közül történő választás a nemzetgazdasági szempontok előtérbe helyezésével történik,
- az esetleges döntő vizsgálatokat minden fél által elfogadott, országosan elismert és független laboratórium hajtja végre.

6.7. RENDSZERES ÁLLAPOTMEGFIGYELÉS

Az autópálya-hálózat egyes elemeinek rendszeres (1-2 évenkénti) – és lehetőleg ugyanazzal a mérési technikával történő – állapotfelméréle elengedhetetlen. Az itt kapott állapotinformációk és idősorok birtokában – állapotparaméterenként és ezek kombinációját is alapul véve – az egyes szakaszok teljesítményéről, esetleges állapotjavítási igényéről, illetve egyes építési és/vagy felújítási technológiák megfelelőségéről lehet adatokhoz jutni. Az állapotmegfigyelési információkat mind az utak kezelői, mind pedig a tárgyban készölő, országos körű szabályozások kezdeményezői, illetve kidolgozói hasznosítani tudják.

6.8. FENNTARTÁS

Az autópálya-burkolatokon jelentkező meghibásodásokat azok megjelenése után azonnal, rutinszerű fenntartási munka keretében

ben, ki kell javítani. Ez a hatékony eljárás, amely az úthasználók szempontjait is messzemenően figyelembe veszi. Különösen igaz ez a megállapítás a pályaszerkezet vízzáróságát veszélyeztető burkolathibák kijavítására.

Komoly hangsúlyt kell fektetni a víztelenítési rendszer folyamatos fenntartására, mint rendkívül hatékony ráfordítással járó tevékenységre.

Gondoskodni kell az útpályáról lefolyó felszíni vizeket befogadóba elvezető nyílt árkok, esetleg zárt csatornák vízelvezető képességének folyamatos biztosításáról. (A közútkezelőnek jól fel-fogott érdeke – szükség esetében – ezeknek a nem tulajdonában levő létesítményeknek a finanszírozásában történő részvétel, mivel ezzel jelentős későbbi többletkiadásoktól mentesülhet.)

Az előzetes várakozásnál jóval hamarabb jelentkező meghibásodások okát komplex vizsgálattal fel kell tárni, és ha ez lehetséges, a hiba kiváltó okát (okait) meg kell szüntetni.

6.9. FELÚJÍTÁS TERVEZÉSE ÉS KIVITELEZÉSE

A felújítás tervezése a leromlást okozó tényezők feltárása és azok messzemenő figyelembevétele mellett történik. Így biztosítható csupán a felújított burkolat elegendő hosszúságú ciklusideje, illetve kedvező teljesítőképessége. Többek között, a javított felület makroérdességének nem szabad érdemlegesen eltérnie a környezetében mérhetőtől.

Ha az autópálya-szakasz általános állapota felújítást tesz szükségessé, akkor azt úgy kell végrehajtani, hogy a munkák során az úthasználókat zavaró hatás, illetve a balesetveszély minimális legyen. Hasonlóképpen célkitűzés, hogy a felújított szakasz ciklusideje minél nagyobb legyen.

6.10. ÜZEMELTETÉS

A téli üzemeltetést (jégtelenítést és hóeltakarítást), lehetőség szerint, a megelőző jelleg uralja. A reakció típusú tevékenység csak végső esetben, de akkor is koncentráltan, nagy erővel történik, hogy a nagy sebességű járművek folyamatosan biztonságosan közlekedhessenek. Mindemellett a nagy lehűlési gradienst (hő-sokkot) kiváltó olvasztószerek túladagolását, a burkolat hosszú távú teljesítményének megőrzése érdekében is, hangsúlyozottan kerülni kell.

6.11. JAVASLAT ÚJ SZABÁLYOZÁSRA VAGY A MEGLEVŐ SZABÁLYOZÁS TOVÁBBFEJLESZTÉSÉRE

- Közúti pályaszerkezet-tervezési szabályzat (az egész pályaszerkezetnek és a földmű felső – legalább 1 m-es vastagságú – rétegének egységes előírásai a tervezett teljesítmény hosszú távon történő biztosítása érdekében),
- az ÚT 2-1.215:2004 Közutak víztelenítésének tervezése tárgyú ütiügyi műszaki előírás továbbfejlesztése a pályaszerkezetbe és

- a földmű felső, 1 m-es vastagságú rétegébe bejutó csapadékvíz kezelési módjának szabályozásával; a pályaszerkezet és a földmű határfelületén szivárgó membránok előírásával,
- az ÚT 2-3.302:2008 Út-pályaszerkezeti aszfalttrétegek. Építési feltételek és minőségi követelmények ütiügyi műszaki előírás ki-egészítése az egyes pályaszerkezeti rétegek beépítési rendjének és eszközeinek olyan értelmű szabályozásával, amely a réteg hossz- és keresztirányban egyenletes tömörségének biztosítását is célozza.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1.] A.A.A. Molenaar: Alulról felfelé induló, fáradás miatti repe-dezés. Mítosz vagy valóság? Delft, Hollandia
- [2.] Washington State, Department of Transportation: Temperature Differentials and the Related Density Differentials in Asphalt Concrete Pavement Construction. September 2001.
- [3.] Dr. Keleti I.: Az aszfaltkeverékek hőmérsékleti osztályozódásának következményei. A probléma megoldására adott amerikai válasz. Előadás az Ütiügyi Napokon. Tihany, 2000.
- [4.] Dr. Keleti I.: Az aszfaltkeverékek hőmérsékleti szétszétályozódása. A probléma megoldására adott amerikai válasz. Az Aszfalt. 2000/4.
- [5.] Dr. I., Keleti: Thermische Entmischung von Asphaltgemischen. Die amerikanische Antwort auf die Lösung des Problems. Das Asphalt, 2001/2.
- [6.] U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration: Highway Subdrainage Design No. FHWA-TS-80-224 August 1980 (Reprinted: July 1990).
- [7.] T. F. Fwa: The Handbook of Highway Engineering. CRC Press, 2006.
- [8.] M. Spiegl: Tieftemperaturverhalten von bituminösen Baustoffen (Aszfaltok hidegviselkedési tulajdonságai). TU, Wien, Mitteilungen 19. 2008
- [9.] W. Arand: Zur prüftechnische Ansprache der Ermüdungsbeständigkeiten von Asphalten. Teil 2. (Az aszfaltok fáradási ellenállásának vizsgálattechnikai megfeleltetésihez. 2. rész). Bitumen, 2/2004.

SUMMARY

CONTRIBUTION TO THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF MOTORWAYS WITH ASPHALT PAVEMENT

The authors summarize the results of the research work which has investigated the reasons of unexpectedly quick deterioration of some asphalt pavements in our motorway network. Based on the results of this experiment, guidelines were compiled which also utilizes the long-term national experience and expertise, as well as some relevant foreign publications. In order to attain a quality improvement in the future, new specifications and the revision of some existing ones are also needed.

BEMENŐ PARAMÉTEREK BŐVÍTÉSE AZ ASZFALTBURKOLATÚ PÁLYASZERKEZETEK MÉRETEZÉSÉNél

ADORJÁNYI KÁLMÁN¹

BEVEZETÉS

Az aszfaltburkolatú pályaszerkezetek méretezése során a gyakorlati alkalmazásoknál régebb óta több oldalról jelentkezett igény a bemenő adatok szélesebb körű figyelembevételének lehetőségére. Jelen cikkben újabb tényezők felvétele, egyes méretezési paraméterek pontosabb megközelítése, a szélesebb értéktartomány bemutatása és statisztikai megalapozása mellett példát mutatunk be a betonlapú pályaszerkezet gazdaságosabb méretezésére.

1. A TERVEZÉSI FORGALOM

A TF (F100) tervezési forgalom számítása t (év) tervezési élettartamra például az összevont nehéz járműosztályok (egy autóbussz, csuklós autóbussz, egyes nehéz tehergépkocsik (össztömeg nagyobb, mint 7,5 tonna), pótkocsi tehergépkocsik és nyerges szerelvények) $\dot{E}ANF_i$ évi átlagos napi forgalma, e_i járműátszámítási szorzója, valamint az összes nehézgépjármű – az élettartam középső évére vett – f_N forgalomfejlődési szorzója alapján az ismert r iránysszorító és s sávsszorító mellett, ($i=1 \dots k$)

$$TF = M \cdot 365 \cdot t \cdot r \cdot s \cdot w \cdot f_N \cdot \sum_i^k \dot{E}ANF_i \cdot e_i \quad \dots(1)$$

ahol:

M – a megbízhatósági szorzó, az 1. és 2. táblázat szerint;
 w – a forgalmi sávon belüli keresztirányú kerékvándorlást figyelembe vevő – a sáv szélességtől függő szorzó, a 3. és 4. táblázat szerint;

A pályaszerkezet teljesítményének megbízhatóságát *Irick P., Hudson W.R., McCulloch B.F.* (1987) a tervezett és a tényleges egységtengetelyáthaladási számok valószínűségi eloszlása alapján értelmezték [2].

1. táblázat: A megbízhatósági (M) szorzó értékei külterületi utaknál

Az út tervezési osztálya	Megbízhatósági szorzó, M	Megbízhatósági szint, %
Gyorsforgalmi utak: autópálya, autótűt	1,76	95
Főutak: I. rendű és II. rendű főút	1,56	90
Mellékutak		
Összekötő út	1,34	80
Bekötőút, állomási hozzáfárá út	1,20	70
Egyéb közút	1,10	60

2. táblázat: A megbízhatósági szorzó (M) értékei belterületi utaknál

Az út tervezési osztálya	Megbízhatósági szorzó, M	Megbízhatósági szint, %
Gyorsforgalmi utak: autópálya, autótűt	2,04	98
Főutak: I. rendű és II. rendű főút	1,76	95
Mellékutak		
Gyűjtőút	1,56	90
Kiszolgálóút	1,34	80

3. táblázat: A forgalmi sávon belüli kerékvándorlást figyelembe vevő w szorzó értéke a forgalmi sáv szélességtől függően

Forgalmi sáv szélessége, m	2,50	2,75	3,0	3,25	3,50	3,75
w szorzó értéke	1,0	1,0	0,95	0,86	0,82	0,76

4. táblázat: A forgalmi sávon belüli kerékvándorlást figyelembe vevő w szorzó értéke a forgalmi sáv szélességtől függően keskeny pályákon

Pályaszélesség, m	3,0	3,50	4,0	4,50	5,0
w szorzó értéke	1,0	0,85	0,65	0,55	0,50

Az 1. ábrán a tervezett teljesítmény (hatás, igénybevétel: A gyakorisági görbe) és a tényleges teljesítmény (ellenállás: B gyakorisági görbe) várható értékei közötti F_R távolság nem más, mint a megbízhatósági szorzó. A két gyakorisági görbe által átfedett terület nagysága (u – alultervezés valószínűsége, v – túltervezés valószínűsége) függ a megbízhatósági szorzótól és a két változó szórásától. A megbízhatósági szorzó a várható értékek távolsága, a szerzők eredeti jelöléseit alkalmazva [2]:

$$F_R = 10^{-Z_R \cdot S_0} \quad \dots(2)$$

ahol:

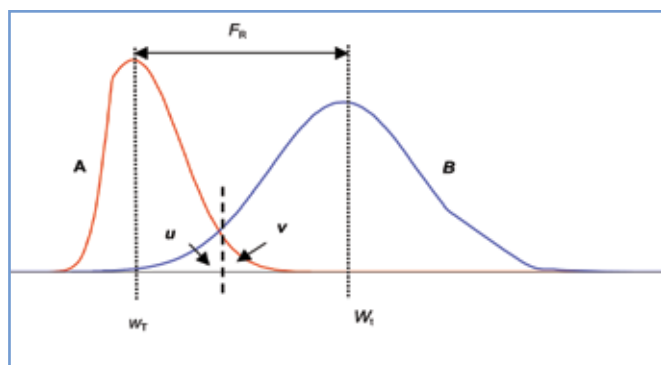
Z_R – a megbízhatósági szinttől függő szorzó;

S_0 – a tervezési folyamatból adódó szórás;

R – a megbízhatósági szint;

Például egy összekötő út esetén a tervezési folyamat szórásának óvatosan felvett $S_0 = 0,15$ értéke mellett (lásd az 1. táblázatban), 80%-os megbízhatósági szinten $Z_R = 0,84$, $F_R = 1,34$.

¹ Egyetemi docens, Széchenyi István Egyetem; E-mail: adoryany@sze.hu



1. ábra: A pályaszerkezet megbízhatóságának elvi ábrája (F_R – megbízhatósági tényező, A – a tervezett teljesítmény (hatás) sűrűségfüggvénye és w_T várható értéke, B – a tényleges teljesítmény (ellenállás) sűrűségfüggvénye és W_T várható értéke, u – alultervezés valószínűsége, v – túltervezés valószínűsége)

2. EGYENÉRTÉKŰ MÉRETEZÉSI BURKOLAT-HŐMÉRSÉKLET

A francia pályaszerkezet-méretezési útmutató hangsúlyozza, hogy az alkalmazott hőmérsékleti értéket az országuk középső részére (Île-de-France) érvényes klimatikus viszonyokból vezették le, ez a mediterrán partvidéken, vagy a hegyvidéki régiókban más lehet, ezért külön mellékletben adták meg a konkrét körülményektől

függő egyenértékű méretezési burkolat-hőmérséklet számításának módszerét [5]. Az egyenértékű méretezési burkolat-hőmérséklet a francia méretezési útmutató meghatározása szerint az a Θ_{eq} hőmérséklet, amelyen a forgalom fárasztó hatása azonos az egy év folyamán a tényleges hőmérséklet-eloszlás alatt bekövetkező fárasztóhatással. Az egyenértékű méretezési burkolat-hőmérséklet meghatározásához egyes hazai településekre az OMSZ adatai alapján először a Shell-SPDM szerint számítottuk az $s\acute{E}ÁLH$ súlyozott évi átlagos léghőmérsékleteket. Korábban ezt már az 1901–1950 közötti adatokból meghatározták (Kaszás, 1984), most ezeket frissítve, a 1982–2006 közötti adatokból is számítottuk. A két időszak adataiból számított $s\acute{E}ÁLH$ értékek között jelentéktelen eltérés mutatkozott, megállapítható, hogy a súlyozott évi átlagos léghőmérséklet $+12...+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ között van (lásd az 5. táblázatot).

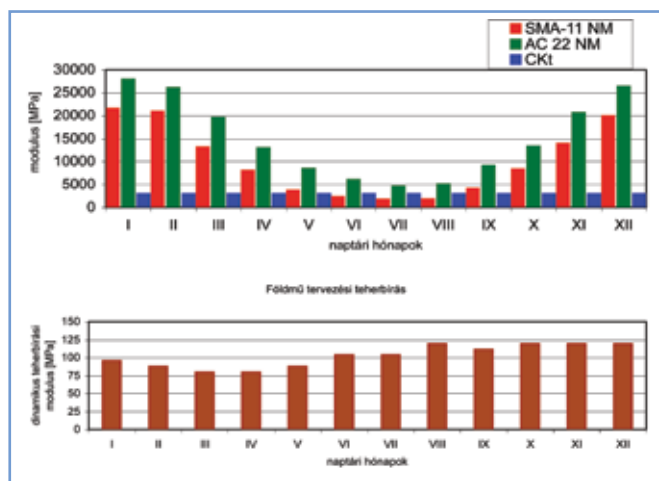
Hangsúlyozni kell, ez a $(+12\text{ }^{\circ}\text{C}...+15\text{ }^{\circ}\text{C})$ léghőmérséklet értéke, ebből kiindulva az aszfaltretegben, adott mélységben határozzuk meg az egyenértékű méretezési burkolat-hőmérsékletet.

Az egyenértékű méretezési burkolat-hőmérséklet meghatározását a cca. 60 km/h sebességnek megfelelő 10 Hz terhelési frekvencián a 6. táblázatban megadott pályaszerkezetre végeztük el a következő sorrendben:

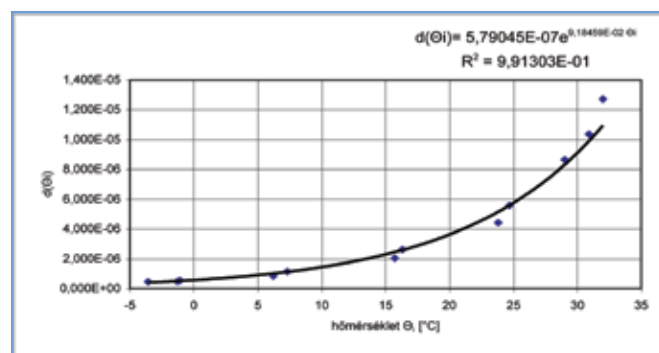
- burkolat-hőmérséklet számítása a Shell-SPDM segítségével a kopóréteg (mélység=40 mm) és a kötőréteg alsó szálában (mélység=140 mm) Kecskemét léghőmérsékleti adataiból;

5. táblázat. Hazai települések hőmérsékletadatai (OMSZ) [3]

Hely	Havi sokévi középhőmérséklet, °C, 1982–2006 között													sÉÁLH °C (1901–1950)
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	sÉÁLH °C (1982–2006)	
Békéscsaba	-1,2	0,2	5,3	11,2	16,6	19,4	21,4	20,9	16,3	10,9	4,8	0,3	14,2	14,7
Budapest XVIII.	-0,5	1,1	5,8	11,5	16,8	19,6	21,9	21,4	16,7	11,2	4,8	0,6	14,6	14,7
Debrecen	-1,6	-0,2	5,0	11,1	16,5	19,1	21,2	20,7	15,9	10,6	4,4	-0,2	13,9	13,8
Eger	-1,7	-0,1	5,2	11,1	16,5	18,8	21,1	20,8	16,4	10,9	4,6	0,0	14,0	13,5
Tát	-1,2	0,9	5,4	11,4	16,5	19,2	21,1	20,5	16,1	11,3	5,9	0,,2	14,0	12,8
Győr	-0,4	1,2	5,5	10,9	16,0	18,8	21,0	20,4	15,9	10,8	4,9	0,8	13,8	13,8
Kaposvár	-0,2	1,1	5,7	10,8	16,0	18,9	20,9	20,6	16,1	10,9	5,0	1,0	13,9	13,5
Kecskemét	-0,8	0,4	5,2	11,1	16,7	19,7	21,9	21,1	16,1	10,7	4,5	0,3	14,4	14,0
Miskolc	-2,1	-0,5	4,6	10,7	15,8	18,6	20,7	20,2	15,5	9,9	3,6	-1,0	13,4	13,3
Mohács	0,1	1,6	6,4	11,7	17,1	20,0	22,0	21,6	17,3	12,1	5,6	1,4	14,9	14,0
Nyíregyháza	-2,0	-0,4	4,7	10,9	16,2	18,8	20,8	20,1	15,4	10,1	4,0	-0,6	13,5	13,4
Pápa	-0,4	1,1	5,6	10,7	15,7	18,4	20,7	20,3	16,0	10,9	5,2	0,9	13,6	13,5
Pécs	-0,3	1,3	5,9	11,0	16,2	19,1	21,4	21,1	16,7	11,6	5,1	0,9	14,3	14,7
Salgótarján	-1,8	-0,1	4,4	9,9	15,2	17,9	20,1	19,8	15,3	9,8	3,5	-0,7	13,0	12,7
Sopron	-0,4	1,2	5,4	10,4	15,5	18,4	20,7	20,3	15,7	10,5	4,6	-0,7	13,5	12,6
Szeged	-0,8	0,5	5,5	11,3	16,8	19,6	21,6	21,2	16,6	11,6	4,9	0,5	14,4	14,9
Székesfehérvár	-0,5	0,4	5,2	10,8	16,1	18,8	21,4	20,4	16,1	10,4	4,3	0,7	13,9	14,1
Szolnok	-1,1	0,4	5,4	11,4	16,8	19,7	21,9	21,3	16,6	11,1	4,6	0,2	14,5	14,3
Szombathely	-1,0	0,7	5,0	10,1	15,1	18,0	20,3	19,9	15,4	10,2	4,3	0,2	13,1	12,7
Veszprém	-1,1	0,5	4,7	10,4	15,7	18,6	20,8	20,5	15,8	10,5	4,3	0,2	13,6	12,8
Zalaegerszeg	-0,8	0,8	5,2	10,3	15,3	18,2	20,2	19,9	15,5	10,4	4,6	0,4	13,2	13,3
Zirc	-1,0	-0,4	4,1	9,3	14,3	17,1	19,2	18,5	14,2	9,3	3,6	0,1	12,1	12,0
Vác	-1,1	0,3	5,0	10,8	16,0	18,9	20,9	20,2	15,4	9,9	4,0	0,0	13,6	13,9



2. ábra: A földmű és a pályaszerkezeti rétegek tervezési modulusainak havi eloszlása



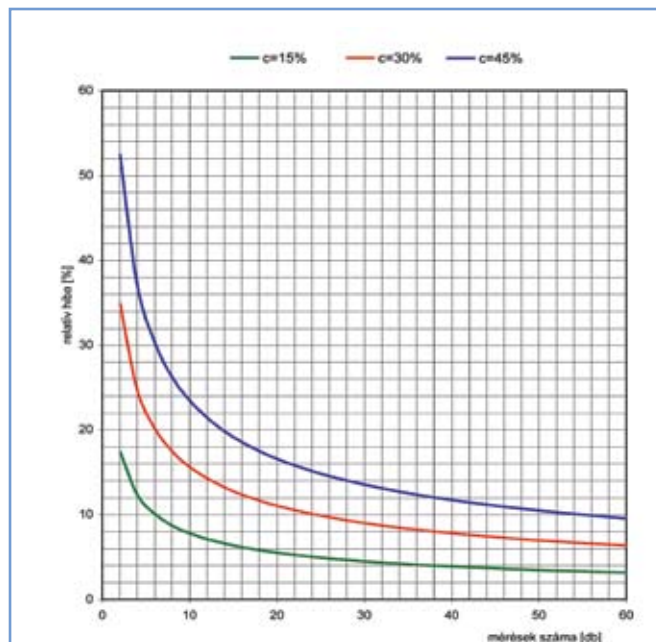
3. ábra: Elemi fáradás alakulása a hőmérséklet függvényében

- a kopóréteg és a kötőréteg aszfaltmodulusainak számítása a Shell-BANDS módszerével, a bitumenpenetráció, lágyuláspont, és az aszfaltkeverék térfogat-összetétele alapján (lásd a 2. ábrát);
- nyúlások és összenyomódások számítása a Shell-BISAR segítségével az I–XII. hónapra;
- aszfaltfáradási egyenlet levezetése a Shell-Grand Couronne-összefüggés alapján, [19];
- az elemi fáradás-hőmérséklet-összefüggés görbéjének előállítás;
- az egyenértékű méretezési burkolat-hőmérséklet számítása;

Az elemi fáradás és a hőmérséklet közötti összefüggés görbéjének előállítását több szakirodalmi forrás lényegében a Miner-féle fáradási törvény alapján közelíti meg, különbségek a fáradási egyenlet formájában, a hőmérséklet-eloszlás kezelésében mutatkoznak. A francia méretezési útmutató [5], a Shell (Claessen et al.) [7], a Exxon-Moebius-módszer [24] alapján, és Nemesdy E. által alkalmazott módszerrel [19] a számításokat elvégezve közel azonos egyenértékű méretezési burkolat-hőmérsékletet kaptunk.

$$\frac{1}{N(\Theta_{eq})} = \sum_i \left[\frac{n_i(\Theta_i)}{\sum_i n_i(\Theta_i)} d(\Theta_i) \right] \quad \dots(3)$$

$$d(\Theta_i) = \left(\frac{\varepsilon_6(\Theta_i)}{\varepsilon(\Theta_i)} \right)^{1/b} \times 10^{-6} \quad \dots(4)$$



4. ábra: Összefüggés a relatív hiba, a mérések száma és a variációs tényező között 95%-os megbízhatósági szinten (A. Molenaar, 1991) alapján szerkesztett ábra [8], [9]

ahol:

- az elemi fáradás értéke;
- $n_i(\Theta_i)$ – egységtengelyek áthaladási száma Θ_i hőmérsékleten;
- $N(\Theta_{eq})$ – az egyenértékű méretezési burkolat-hőmérséklethez tartozó fáradási szám;
- $\varepsilon(\Theta_i)$ – az egységtengely által keltett aszfaltnyúlás Θ_i hőmérsékleten;
- $\varepsilon(\Theta)$ – 10^6 egységtengely-áthaladási számhoz tartozó aszfaltnyúlás Θ_i hőmérsékleten;

A francia méretezési útmutató szerint számított elemi fáradás alakulását a hőmérséklet függvényében a 3. ábra mutatja be, ezen az $1/N_{eq} = 4,4 \cdot 10^{-6}$ -nál az egyenértékű méretezési hőmérséklet $+22^\circ\text{C}$. Az előzőekben említett többi módszer alkalmazásával kapott hőmérsékleti értékek $+22 \dots +24^\circ\text{C}$ között alakultak (Shell, Moebius, Nemesdy E.)

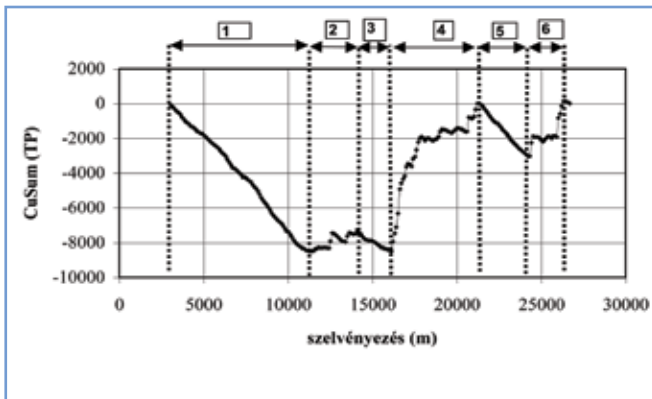
Több pályaszerkezeti változat kiértékelésével részletes mérési adatok alapján Pethő az egyenértékű méretezési burkolat-hőmérsékletet $+24,3 \dots +24,5^\circ\text{C}$ között határozta meg [20]. Figyelembe véve az alkalmazott modellekben használt változók ingadozásait, és a rugalmas modellben nem kezelt viskoelasztikus viselkedést, és a korrelációk pontatlanságait, a hazai egyenértékű méretezési burkolat-hőmérséklet értékére $+20^\circ\text{C}$ javasolható.

3. BEHAJLÁSMÉRÉS

3.1. MÉRÉSEK DARABSZÁMA

Az ejtősúlyos behajlásmérés alkalmazásának holland tapasztalatait A. Molenaar professzor 1994-ben a Széchenyi István Főiskolán a TEMPUS-TREP projekt keretében tartott előadásán ismertette [8], [9]. Az előadás részletesen foglalkozott a mérési pontok szükséges számának számításával, a homogén szakaszok meghatározásával. A mérési pontok szükséges számát az AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1986 alapján határozta meg [8]. E szerint n mérési adat esetén, adott megbízhatósági szinten a várható érték intervallumának félszélessége:

$$q = u \cdot \sigma / \sqrt{n}; \Delta e = q / \sqrt{x}$$



5. ábra: Halmazott differenciák diagramja (CuSum) a behajlási teknő területindexe (TP) alapján a homogén szakaszok meghatározására

Adott c variációs tényező mellett a relatív hiba alakulását a mérések számának függvényében 95%-os megbízhatósági szinten, az A. Molenaar által megadott módszer alapján a 4. ábra mutatja be.

3.2. A BEHAJLÁSI TEKNŐ TERÜLETINDEXE

A behajlási teknő egészének jellemzésére Newcomb javasolta TP területindexet, amely nem más, mint a behajlási teknő területével megegyező téglalap magassága, alkalmazására jó eredményekkel pl. a Washington DOT-nál (USA) került sor. [10]. A behajlási teknő területe arányos az erőimpulzus által végzett munkával. A hazai KUAB-berendezésre alkalmazva a területindexet korábbi kutatásainkban a következőképpen számítottuk [13].

$$TP = \frac{1}{12} \cdot [D_0 + 1,25 \cdot D_2 + 2,25 \cdot D_4 + 1,5 \cdot (D_1 + D_3 + 2 \cdot D_5 + D_6)] \quad \dots(5)$$

3.3. HOMOGEN SZAKASZOK

A homogén szakaszok meghatározásának egyik módszere a középértéktől számított eltérések halmazott összegét használja fel (CuSum módszer), amelyet a fent idézett hazai előadásán A. Molenaar ismertetett [8]. Az $(x_i - \bar{x})$ középértéktől való eltérést mérési pontonként (i) számítják, melyek S_i halmazott összegét diagramon ábrázolják a szelvényezés függvényében. A halmazott összegek görbéjét célszerű egyenes vonallal kiegyenlíteni, ahol a kiegyenlítő vonal iránytangensének előjelváltozása jelzi a homogén szakaszok határát.

$$S_1 = x_1 - \bar{x} \quad \dots(6)$$

$$S_2 = x_2 - \bar{x} + S_1 \quad \dots(7)$$

$$S_i = x_i - \bar{x} + S_{i-1} \quad \dots(8)$$

Az 5. ábrán bemutatott CuSum diagram a behajlási teknő mérési pontonként számított területindexe ($x=TP$) alapján készült, ezzel nagyszámú feldolgozás tapasztalatai szerint könnyebben meghatározhatók a homogén szakaszok, mint pl. az $x=SCI$ index alapján.

3.4. MÉRÉSI SZAKASZOK ÖSSZEVONÁSA

Az egyes mérési szakaszokon (párhuzamos vagy ellentétes forgalmi irányú, – egymás után hosszirányban következő sávokban) kapott mérési eredmények összevonásának lehetőségét statisztikai próbákkal lehet meghatározni. Például az F-próbával normál eloszlású változók szórásának egyezése kimutatható, de ferde

eloszlás esetén már nem, ezen kívül az F-próba csak a szórások egyezését mutatja. Ugyanakkor két azonos szórású normál eloszlású változó középértékei egészen különbözők is lehetnek, amiről az F-próba semmit nem mond. Ezért a statisztikai próbának ki kell terjednie a várható értékek és a szórások összehasonlítására is. A statisztikai próba kiválasztásához a két mérési adatsornak függetlennek kell lennie, és ismernünk kell a behajlások eloszlásának típusát. A nem megfelelő statisztikai próba alkalmazása helytelen következtetésekhez vezethet. Két normál eloszlású mérési adatsor összehasonlítása esetén alkalmazható a Welch-próba, ahol a várható értékek egyezése ($n \geq 40$) eléggé nagyszámú mérés esetén kétmintás t -próbával vizsgálható.

3.5. AJÁNLOTT STATISZTIKAI PRÓBÁK

Ha, – mint sok gyakorlati mérés mutatja – a behajlások nem normál eloszlásúak akkor két egyforma, de nem normál eloszlású behajláshalmaz várható értékének egyezésére a Pitman-próba, vagy a nemparaméteres próbák közül a Mann–Whitney–Wilcoxon-próba szintén alkalmazható. A hallgatóknak kiadott behajlásmérési adatsorok feldolgozásánál e két utóbbi módszerrel kedvező tapasztalatokat kaptunk. Ezek részletes ismertetésre nem szorulnak, mivel bármely statisztikai alapműben megtalálhatók.

3.6. A KIUGRÓ ÉRTÉKEK MEGHATÁROZÁSA

Ha egy homogén szakaszon a forrásadatok, vagy a képzett adatok statisztikai elemzésére van szükség, előtte meg kell határozni a kiugró értékeket, és minden esetben célszerű feltárni a kiugró értékek okát, eredetét. A kiugró értékek kiszűrésére normál eloszlások esetén több módszer létezik (pl. Grubbs), de ezek a módszerek az adatok nem normál eloszlása miatt nem használhatók, ezen kívül a behajlások ferde eloszlást is mutatnak. A kiugró értékek meghatározása a dobozdiagram egyszerű módszerével az alsó és felső kvartilisek és az IQR segítségével könnyen elvégezhető (Tukey, 1977)[15]. A teherbírás elemzésénél a kedvezőbb tapasztalatokat szereztünk az eloszlás ferdeségét jobban figyelembe vevő módosított dobozdiagram módszerével (Vandervieren, Hubert, 2004) [16].

A módosított dobozdiagramhoz a harmadik momentum klasszikus mérőszáma helyett a ferdeség egy másik jellemzőjét az MC (medcouple) paramétert használják fel (Brys et al, 2004) [17]. Ha egy $X_n \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ adatsort $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n$ alapján sorba állítunk, amelynek mediánja med_k , akkor $MC = med\ h(x_i, x_j)$, ahol a h magfüggvény az $x_i \leq med_k \leq x_j$ és $x_i \neq x_j$ feltételek teljesülése mellett nem más, mint

$$h(x_i, x_j) = \frac{(x_j - med_k) - (med_k - x_i)}{x_j - x_i} \quad \dots(9)$$

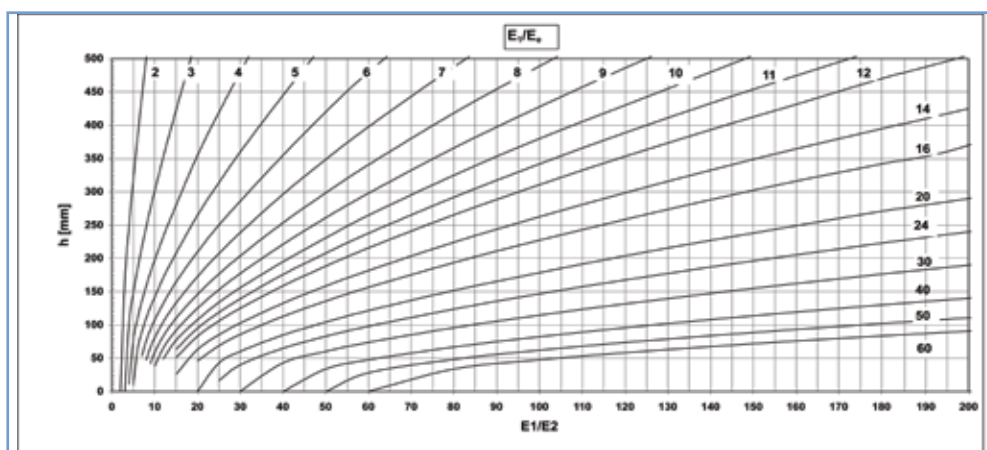
A dobozdiagram belső $[L]$ és külső $[U]$ határainak számítása (Brys et al, 2005)

$MC \geq 0$ esetén: $[L, U] = [Q_1 - 1,5 \cdot \exp(-3,5 MC) \cdot IQR, Q_3 + 1,5 \cdot \exp(4 MC) \cdot IQR]$ illetve

$MC \leq 0$ esetén: $[L, U] = [Q_1 - 1,5 \cdot \exp(-4 MC) \cdot IQR, Q_3 + 1,5 \cdot \exp(3,5 MC) \cdot IQR]$ egyenlettel történhet. [18]

4. A FÖLDMŰ JAVÍTÓRÉTEGE VASTAGSÁGÁNAK MEGHATÁROZÁSA

A földmű tükörszintjén a legkisebb elérendő teherbírás a méretezésnél $E_m = 40$ MPa, ennél kisebb teherbírás modulus esetén javítórétteggel növelik a földmű teherbírását. Egyedi esetekben,

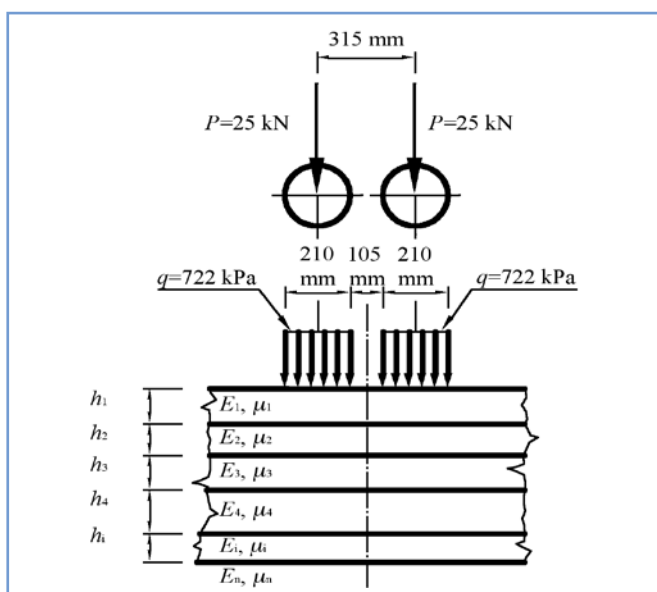


6. ábra: A földmű javító rétege vastagságának meghatározása (E_1 – a javító réteg modulusa, E_2 – a javítandó földmű modulusa, E_e – a javító réteg tetején elérendő egyenértékű teherbírási modulus)

jó minőségű szemcsés anyagok vagy hidraulikus kötőanyagú keverékek alkalmazásával $E_m=40$ MPa-nál kedvezőbb teherbírás elérésére törekszenek, javítva ezzel a pályaszerkezet teljesítményének megbízhatóságát. Az általunk szerkesztett 6. ábra az Odemark-féle egyenérték-vastagság alapján végzett számítással a javítóréteg h vastagsága, és E_1 modulusa, a javítandó földmű E_2 modulusa, és a javítóréteg tetején mérhető E_e egyenértékű modulus közötti összefüggést mutatja be. Példa: a földmű $E_2=20$ MPa értékű modulusát $E_1=1200$ MPa modulusú helyszínen kevert hidraulikus kötőanyagú stabilizációval javítják a tükörszinten tervezett $E_e=80$ MPa egyenértékű teherbírási modulusra. A diagram vízszintes tengelyéről az $E_1/E_2=60$ arányt az $E_1/E_e=15$ interpolált görbére vetítve, a metszéspontot az ordináta tengelyre kivetítve kapjuk a javítóréteg ($h=170$ mm) vastagságát.

5. GAZDASÁGOSABB ASZFALTBURKOLATÚ PÁLYASZERKEZET BETONALAPPAL

Az ÚT 2-1.202:2005 útügyi műszaki előírás szerinti betonlappal készülő 4. számú típus-pályaszerkezetek méretezése



7. ábra: A terhelés elrendezése pályaszerkezet-méretezéshez 50 kN-os ikerkerékkel

kritériumaként a betonlapon megjelenő fáradási repedés kialakulását vették figyelembe, míg a betonlappal kerülő aszfalt fáradásával nem számoltak [1]. Így az A–B–C–D forgalmi terhelési osztályokban a betonlappal kerülő aszfaltvastagsága nagyobb volt, mint egy azonos vastagságú hidraulikus kötőanyagú alappal kerülő aszfaltvastagsága, és a kisebb aszfaltvastagságok csak az E–K–R forgalmi terhelési osztályokban jelentek meg. A félmerev pályaszerkezetek (merev beton, hajlékony aszfalt) eltérő anyagfáradási törvényt követő mindkét rétegének leromlását

a Francken, Didier által közölt újabb, gazdaságosabb belga méretezési módszernél két ütemben veszik figyelembe (betonlappal repedési tönkremenetel előtti fázis, és betonlappal repedés utáni fázis), az aszfalt fáradásának figyelembevétele mellett, így a szerkezet teljes élettartamát két pályaszerkezeti modellen számítják [21].

1. fázis: a betonlappal elfárad, összeropadozik, az aszfalt N_a teljes élettartamából N_{a1} rész felhasználódik ($N_{a1}/N_a < 1$). A betonlappal N_{b1} élettartamát az első (repedés előtti) fázisban a *Cauwelaert, Jasienski, Leonard* által közölt fáradási egyenlettel határozzák

$$\lg N = 14 \cdot \left(1 - \frac{\sigma_t}{\sigma_f} \right) \quad \dots(10)$$

ahol:

- N – a fáradási szám,
- σ_t – húzófeszültség a betonlappal alsó szélén;
- σ_f – a beton hajlító-húzó húzószilárdsága = 2,3 MPa;

A következőkben példát mutatunk be egy hazai alkalmazásra. Egy normál bitumennel készülő hazai AC típusú aszfalt fáradási egyenlete ($\lg N = 1444 \cdot N^{-0.20}$) alapján számítottuk az egyes fázisokban bekövetkező fáradási számot. A pályaszerkezetre adódó 50 kN-os kerékterhelés elrendezését a 7. ábra mutatja be.

6. táblázat: Pályaszerkezet a tervezési burkolat-hőmérséklet számításához

Megnevezés	vastagság	Modulus MPa	Poisson-tényező	Rétegkapcsolat
Kopóréteg SMA 11 NM	40	Havi eloszlású	0,35	50% csúszás
Kötőréteg AC 22 NM	100	Havi eloszlású	0,35	Teljes csúszás
Alapréteg CKt	200	3000	0,25	Teljes csúszás
Földmű		Havi eloszlású	0,40	

7. táblázat: Betonlapú ($h=200$ mm vtg.) pályaszerkezet paramétere

A réteg anyagjel- lemezője	A réteg megnevezése					
	Aszfaltréteg (AC) ($h=$ változó)		Betonalap ($h= 200$ mm)		Földmű	
	1. fázis	2. fázis	1. fázis	2. fázis	1. fázis	2. fázis
Modulus [MPa]	6000	6000	15 000	3000	55	55
Poisson- tényező	0,35	0,35	0,15	0,40	0,40	0,40

8. táblázat: Pályaszerkezet méretezési paramétere hidraulikus kötőanyagú burkolatalappal

Válto- zat	Anyag megnevezése	Modulusok [MPa]			Poisson- tényező
1.	Aszfalt (változó vtg.)	6000			0,35
	Hidraulikus kötő- anyagú alsó alap- réteg $h=150$ mm	4500			0,25
	Földmű*	55	140	213	0,40
2.	Aszfalt (változó vtg.)	6000			0,35
	Hidraulikus kötő- anyagú alsó alap- réteg $h=200$ mm vtg.	4500			0,25
	Földmű*	55	140	213	0,40

*) a földmű $E_{din} = 55-140-231$ MPa dinamikai modulusa $E_2 = 40-80-120$ MPa statikus modulusnak felel meg.

2. fázis: az összeropedt betonlap már lecsökkent modulusal működik, az aszfalt még hátramaradó N_{a2} fáradási élettartama mellett.

Az aszfalt teljes élettartama:

$$N_a = (1 - N_{b1} / N_{a1}) \cdot N_{a2} \quad \dots(11)$$

A két fázisban elért fáradási számok összegeként kapjuk a szerkezet teljes élettartamát:

$$N_f = N_{b1} + N_a \quad \dots(12)$$

Az általunk felvett példában a betonlap az első fázisban $E=15\,000$ MPa, a 2. fázisban az összeropedezett állapotban $E=3000$ MPa modulusú (7. táblázat). A terhelés elrendezését a méretezéshez a 7. ábra mutatja be. A 8. ábrán a Shell-Bisar segítségével ellenőrzött aszfaltvastagság alakulása látható az ÚT 2-1.202:2005 és javasolt számítási módszer szerint a tervezési forgalom függvényében, betonlapú pályaszerkezet-típusra. Az $F100 < 10^6$ tartományban az aszfalt rétegvastagsága a technológiailag megengedett értékre vehető. A számításokat $h=150$ mm vastagságú betonlappal összehasonlítva, a fáradási élettartamokra a $h=200$ mm vastagságú betonlapok esetén a teljes szerkezetre kedvezőbb élettartamokat kaptunk.

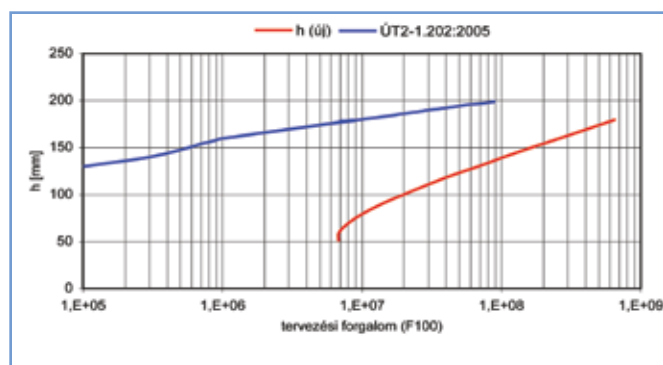
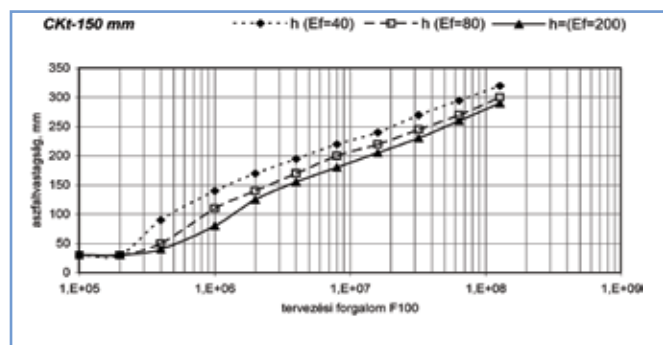
6. ASZFALTBURKOLATÚ PÁLYASZERKEZET HIDRAULIKUS KÖTŐANYAGÚ ALAPRÉTEGGEL

A hidraulikus kötőanyagú alsó alaprétegekkel számított változa-

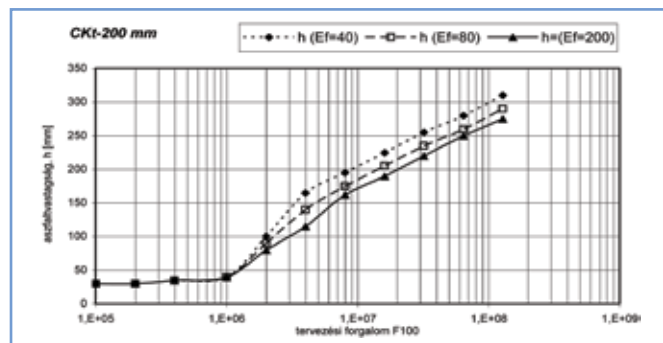
tok bemenő paramétereit a 8. táblázatban találhatjuk meg. A földmű teherbírását három – ($E_{din} = 55-140-213$ MPa), az alapréteg vastagságát két ($h=150$ mm, $h=200$ mm) változattal vettük figyelembe. Megjegyezzük, hogy korábbi kutatásainkban több száz KUAB-mérés feldolgozásával a földmű teherbírasi dinamikai modulusa $E_{din} = 120$ MPa-ra adódott, ez az alkalmazott tartományba esik [12], [13]. Az egyes változatoknál számított aszfaltvastagság alakulását a 8–10. ábrák mutatják be.

ÖSSZEFOGLALÁS

A pályaszerkezet-tervezési forgalom meghatározásánál a korábbi (1,25) megbízhatósági szorzót az útkategóriától függően vesszük figyelembe, és bevezetjük az oldalirányú kerékvándorlást figyelembe vevő szorzót is. Az egyenértékű méretezési burkolathőmérséklet $+20$ °C-ra, a terhelési frekvencia 10 Hz-re vehető fel. A teherbírás-

8. ábra: Aszfaltvastagság alakulása betonlapú pályaszerkezetnél a tervezési forgalom ($F100$) függvényében

9. ábra: Az aszfaltvastagság függése a tervezési forgalomtól 150 mm vastagságú hidraulikus kötőanyagú stabilizációs alapréteg és háromféle földműteherbírás esetén



10. ábra: Az aszfaltvastagság függése a tervezési forgalomtól 200 mm vastagságú hidraulikus kötőanyagú stabilizációs alapréteg és háromféle földműteherbírás esetén

mérésnél a mérések darabszámát a relatív hiba és a variációs tényező függvényében, 95%-os valószínűségi szinten, $c=15\text{--}45\%$ variációs tényező tartományában határozhatjuk meg. A homogén teherbírás szakaszok a behajlási teknő területindexe alapján a CuSum módszer segítségével határozhatók meg. Az egyes mérési szakaszok összevonásánál a téves következtetések elkerülésének érdekében ismerni kell az eloszlás típusát, és annak megfelelően lehet kiválasztani a megfelelő statisztikai próbákat. A kiugró mérési adatokat a módosított dobozdiagram alkalmazásával szűrhetjük ki. A földmű javítórétegének vastagságát többváltozós seprűdiagram segítségével szélesebb tartományban – a pályaszerkezet teljesítménye megbízhatóságának növelési irányában – tervezhetjük. A beton alapú pályaszerkezet méretezése kétfázisú leromlási modell figyelembevételével gazdaságosabb aszfaltvastagságokat eredményez. A különböző pályaszerkezeti változatoknál a földmű dinamikai modulusát három értékkel vesszük figyelembe, ilyen példát a hidraulikus kötőanyagú stabilizációs alsó alaprétegű változatokra mutattunk be.

IRODALOM

- [1] Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése. *ÚT 2-1.202:2005, MAÚT, Budapest, 2005.*
- [2] Irick P., Hudson W.R., McCulloch B.F., Application of reliability concepts to pavement design, *Proc. ISAP Conference 1987, pp. 163–179.*
- [3] Havi sokévi (1982–2006) középhőmérsékletek ($^{\circ}\text{C}$), *Országos Meteorológiai Szolgálat. Ikt. sz.: ÉÉFO-1433/3/706/07-4/363., Budapest, 2007.*
- [4] Kaszás Béla: A Shell pályaszerkezet-tervezési módszer és a HUMU összehasonlítása. Szakdolgozat. *Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskola, Győr, 19/1984.*
- [5] Conception et dimensionnement des structures de chaussée–Guide technique, *LCPC-SETRA, 1997*
- [6] Witzak M.W., Design of Full Depth Asphalt Concrete Airfield Pavements. *Proc. Vol. I. 3rd Int. Conf. on the structural design of asphalt pavements, London, 1972, pp. 550–567.*
- [7] Claessen A.I.M., Edwards J.M., Sommer P., Ugé P., Asphalt Pavement Design. The Shell Method, *Proc. 4th Int. Conf. on the structural design of asphalt pavements, Ann Arbor, 1977, pp. 39–74.*
- [8] Molenaar A., Deflection measurements on project level and overlay design calculations, *TU Delft, 1991.*
- [9] Molenaar A., Basic principles of structural evaluation on network and project level, with emphasis on deflection testing, *TU Delft, February, 1991.*
- [10] Newcomb D.E., Development and evaluation of regression methods to interpret dynamic pavement deflections. *PhD Diss. of Civil Eng., University of Washington, Seattle, 1986.*
- [11] Adorjányi K.: Aszfaltok hasítási-fáradási anyagjellemzői és dinamikai modulusai közötti összefüggések vizsgálata, *Kutatási zárójelentés, Győr, SZE, Kutatási zárójelentés, 2002.*
- [12] Adorjányi K.: Pályaszerkezet analízise többretegű modellekkel. *Kutatási zárójelentés, Győr, SZE, 2000.*
- [13] Adorjányi K.: Pályaszerkezeti modellek verifikálása és a dinamikus teherbírás állapotparamétereinek kiterjesztése, *Kutatási zárójelentés, Győr, SZE, 2000.*
- [14] Adorjányi K.: Aszfalt fáradási modulus meghatározása és pályaszerkezet-erősítési-méretezési felhasználása, *Kutatási zárójelentés, Győr, SZE, 2003.*
- [15] Tukey J. W., Exploratory data analysis. *Addison–Wesely, 1977.*
- [16] Vandervieren E., Huber M. An adjusted boxplot for skewed distributions. (In J. Antoch Ed.) *Proc. Compstat, 2004, pp. 1933–1940.*
- [17] Brys G., Hubert M., Struyf A., A robust measure of skewness. *Journal of Computational and Graphical Statistics, 2004, 13, pp. 996–1017.*
- [18] Brys G., Hubert M., Rousseeuw P.J. A robustification on independent component analysis. *Journal of Chemometrics, 2005.*
- [19] Nemesdy E.: Az új magyar típus-pályaszerkezetek mechanikai méretezésének háttere. *Közlekedésépítés- és Mélyépítéstudományi Szemle. XLII. évf., 199/8. pp. 293–306.*
- [20] Pethő L.: Aszfaltburkolatok pályaszerkezet-hőmérsékletének változása. *Közúti és Mélyépítési Szemle. 58. évf., 12. pp. 12–15.*
- [21] Didier L., Francken L., An improved tool for structural design of flexible, composite and rigid structures. *Proc. ISAP Conf. Vol I, 10-2, Copenhagen, 2002.*
- [22] Dimensionering voor betonwegen, *CROW, 2001.*
- [23] Van Cauwelart, Jasienski, Leonard, Pavement design. How to put research into practice? *2nd European road research conference, June, 1999.*
- [24] Eckmann B., Exxon research in pavement design-Moebius software, a case study reduction of creep through polymer modification. *Proc. Journ. AAPT. Vol. 58. 1989. pp. 337–361.*

SUMMARY

DEVELOPING INPUT PARAMETERS FOR ASPHALT PAVEMENT DESIGN

The paper presents the necessity and background of the introduction of a reliability factor and factor of wheel wander of loads in the wheel path for cumulative ESAL calculation. The equivalent pavement design temperature determined by the French pavement Design Guide is 20°C . Experiences with FWD – data analysis are given such as detection of homogeneous sub-sections using AREA factor, CuSum method, statistical tests for detecting outliers for skewed deflection distribution and for joining adjacent test sections. The thickness of capping layer for improving subgrade bearing capacity is determined by a diagram for wide range of moduli. Local example is shown for the design of more effective composite pavements with lean concrete using two-stage Belgian design model.

SUMMARY

CHANGES OF ASPHALT AGGREGATES DURING HEATING FOR BINDER ANALYSIS (P. 18.)

Gabriella Devecseri

Asphalt is defined as a mixture of inert mineral matter, such as aggregate, mineral filler and bituminous binder in predetermined portions. One of the most important properties of asphalt mixtures is the bitumen content. The most preferred way of asphalt binder analysis is extraction. Because of environmental reasons extraction should be replaced with more environmental friendly solution, this could be heating. But high temperatures can cause changes in the physical properties of mineral contents that are commonly used in asphalt mixtures causing faults in the results of the binder analysis. Eleven different types of Hungarian rocks have been tested in laboratory conditions to analyse the effect of heat on asphalt aggregates.

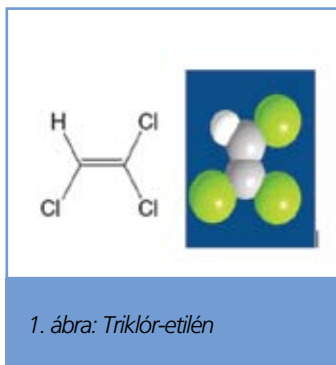
ASZFALTKEVERÉKEK KÖVÁZAINAK VÁLTOZÁSA AZ ÉGETÉSSSEL TÖRTÉNŐ KÖTŐANYAGTARTALOM-MEGHATÁROZÁS SORÁN

DEVECSERI GABRIELLA¹

1. BEVEZETÉS

Az útépítésben használt aszfaltkeverékek egyik fontos tulajdonsága a keverékek kötőanyag-tartalma, mivel jelentős mértékben befolyásolja aszfalt minőségét és árát. Számos módszer létezik az aszfaltkeverékek bitumentartalmának meghatározására, ezek közül a jelenlegi minőség-ellenőrzési gyakorlat legelterjedtebb módszerei:

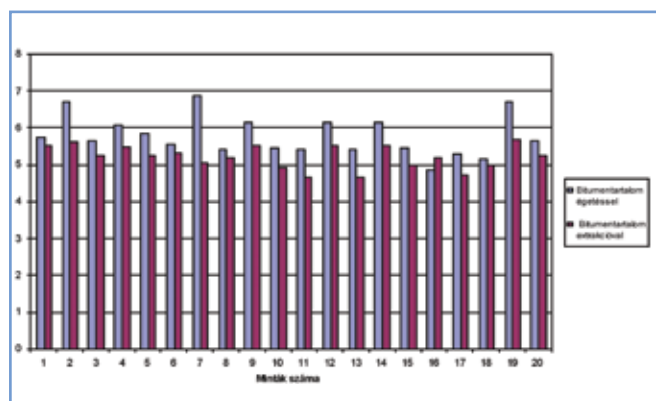
- az extrahálás és
- az égetés.



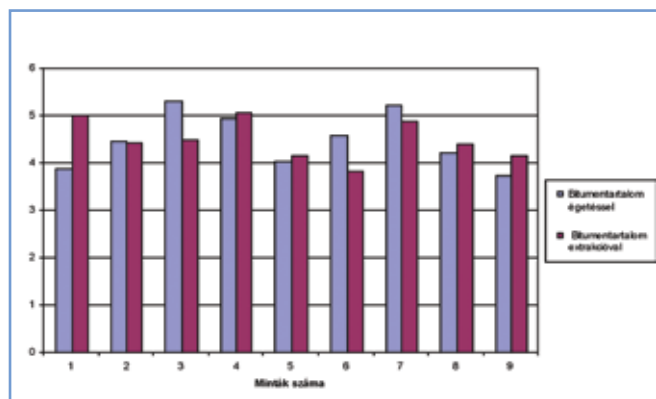
Sajnálatos módon e két eljárás egyike sem nevezhető tökéletes megoldásnak. Habár extrahálással az aszfalt két fontos tulajdonsága, a bitumentartalom és a szemmegoszlás meghatározható, általában szénhidrogén alapú vegyületeket használnak az eljáráshoz. Magyarországon, a legtöbb országhoz hasonlóan ez szénhidrogén-vegyület a triklór-etilén (C_2HCl_3) (1. ábra).

Az USA Környezeti Programjában megállapították, hogy az olyan vegyületek, mint a triklór-etilén erősen rákkeltők és az ózonrétegre is káros hatással vannak. Ezeknek a vegyületeknek a tárolása nehézkes, néhány országban nem megoldott. (Mérésenként 150–250 ml kerül felhasználásra, ami a vizsgálatot követően hulladékká válik.). Az Amerikai Egyesült Államok Környezetvédelmi Hivatalának utolsó határozata szerint az 1990-es Tiszta Levegő Határozat Módosításának 909-es Paragrafusa kimondta, hogy legkésőbb 1995. december 31-ig a triklór-etilén gyártását abba kell hagyni [1]. Ennek köszönhetően jelent meg az elmúlt évtizedben az égetéssel történő kötőanyag-tartalom-meghatározás mint az extrahálás egy alternatívája.

Az Út és Vasútépítési Tanszék laboratóriuma a 2005. év során mindkét eljárással meghatározta a beérkező aszfaltkeverékek bitumentartalmát. A 2. és 3. ábrán (az ÚT 2-3.301:2002-es utógépi műszaki előírás jelöléseit alkalmazva) AB 12/F és K-20/F jelű keverékek extrahálással és égetéssel mért bitumentartalmak láthatók. Összehasonlítva a két eljárás által meghatározott kötőanyag-tartalmakat, az AB-12/F típusú aszfaltkeverékek esetében a két eljárás eredményei között –6%-tól +40%-ig mutatkozott eltérés, míg a K-20/F jelű keverék esetében ez az eltérés –22%-tól +20%-ig terjedt. Az AB-12/F jelű aszfaltkeverékek vizsgálata során az esetek többségében (95%) az égetéssel történő eredmények mutattak nagyobb bitumentartalmat, míg a K20/F jelű aszfaltkeverékek vizsgálata során az esetek többségében (55%) az extrahálással történő bitumentartalom-meghatározás eredményei érték el magasabb értéket.



2. ábra: Bitumentartalmak égetéssel és extrahálással (AB-12/F)



3. ábra: Bitumentartalmak égetéssel és extrahálással (K-20/F)

Az égetéssel történő kötőanyag-tartalom-meghatározás ugyan a környezet számára kevésbé megterhelő megoldás, a mérési pontossága kevésbé megbízható, mint az oldószeres bitumentartalom-meghatározás. Az égetéssel történő eredményeket, az eredmények pontosságát a kötéanyagok égetésére vonatkozó szabvány (MSZ EN 12 697-39 Aszfaltkeverékek. Meleg aszfaltkeverék vizsgálati módszerei 39. rész: Kötőanyag-tartalom égetéssel történő meghatározása) szerint a következő körülmények befolyásolhatják:

1. bármely alkotóanyag származási helyének megváltozása (különösen újra felhasznált aszfaltburkolat esetén);
2. az alkotóanyagok arányának változása (kivéve a kötőanyagot, vagy visszanyert aszfaltot) az eredeti arányhoz képest 10%-kal, vagy ennél többel;

¹ Tanszéki mérnök, BME Út- és Vasútépítési Tanszék, e-mail: devecseri@uvt.bme.hu

3. a visszanyert aszfalt arányának változása az eredeti arányhoz képest 5%-kal, vagy ennél többel;
4. a tervezett kötőanyag-tartalom változása 0,5%-kal vagy ennél többel;
5. a keverékben lévő ásványi anyag típusa;
6. Az ásványi anyagok (és szerves szálak) származási helye (kőzettani összetétele)

Az égetéses eljárásnál további probléma, hogy égetés után nem lehet megbízható szemmegoszlást mérni a kiégett kövekből, mert az égetés során a legtöbb kőzet aprózódik (illetve keletkezik valamennyi égetéstermék).

Az égetéssel történő kötőanyagtartalom-meghatározás során a bitumen 450 fokon kiég. Ugyanezen a hőmérsékleten az aszfaltkeverékek kővázának fizikai tulajdonságaiban is változás történik. Jelen vizsgálatsorozat ezeket a fizikai változásokat kívánja bemutatni és összefoglalni. A mérési körülmények megegyeztek a bitumentartalom meghatározása során fennálló mérési körülményekkel.

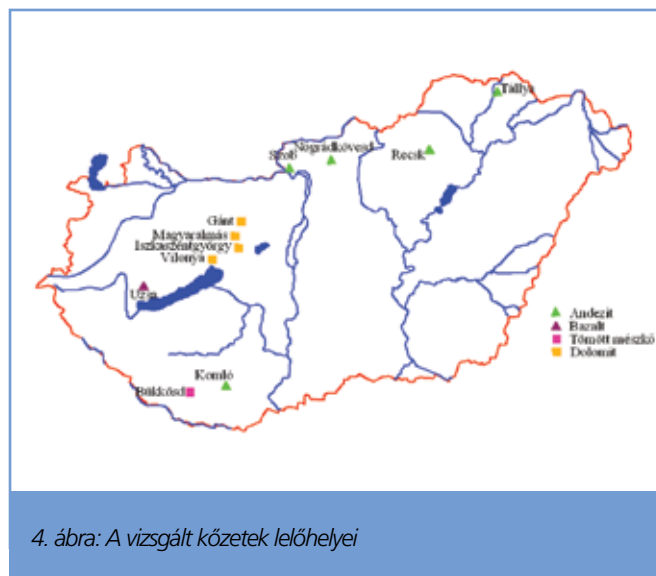
2. ALKALMAZOTT MÓDSZEREK ÉS ANYAGOK

Az elemzés során tizenegy különböző helyről származó (4. ábra) magyarországi kőzet 11/16 mm-es frakciójának magas hőmérsékleten való viselkedése került vizsgálatra. A 11/16 mm-es méret gyakran előfordul az aszfaltkeverékekben, illetve kellően nagy méret ahhoz, hogy a vizsgálat céljára alkalmas legyen. A kövekből 10×1000 g előkészítése után (mosás, tömegállandóságig való szárítás az MSZ EN 12 697-39:2005 szerint) a vizsgálati halmazok acél mérőkosárban kerültek a 480 °C-ra felmelegített speciális égetőkemencébe (ABA/75 Carbolite Asphalt Binder Analyser). Az égetőkemence egy égetőkamrából és egy belső mérlegből áll. A mérleg egy olyan szoftverrel van ellátva, amely a teszt során folyamatosan méri a vizsgált anyag tömegvesztését. Amikor a minta tömege állandósul, a mérés automatikusan leáll.

Az égetés után az égetett kövek a szemmegoszlás-vizsgálat (szítálás) megkezdése előtt, a kemencéből kivéve, szobahőmérsékleten hűltek ki. Az egyes mintahalmazok szítálása minden esetben 30 percig tartott (a szításor a következő lyukméretű szítákból állt: 0 mm; 0,063 mm; 0,125 mm; 0,250 mm; 1 mm; 2 mm; 4 mm; 5,6 mm; 8 mm; 11,2 mm). A vizsgálat befejezése után 11×10 szemmegoszlási diagram és tömegvesztés-adat állt rendelkezésre az elemzéshez.

2.1. A VIZSGÁLATI ANYAGOK LEÍRÁSA

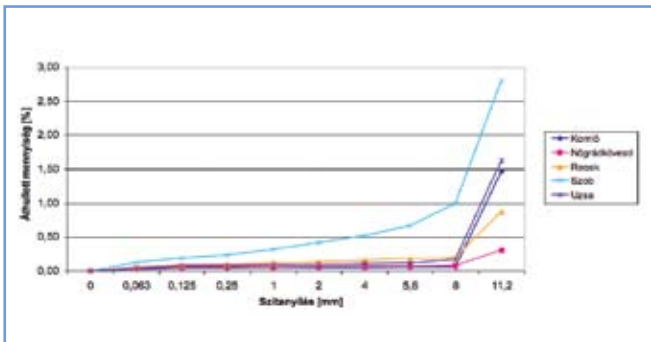
A vizsgálatok során tizenegy különböző hazai kőzet magas hőmérsékleten való viselkedése került elemzésre. A vizsgált minták többsége az aszfaltgyártás során gyakran alkalmazott kőzetek (tállyai, komló, ...)



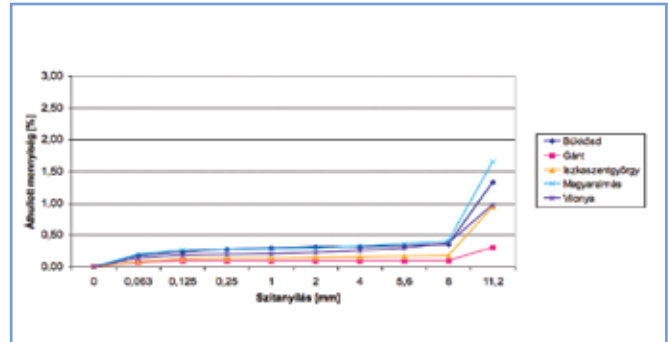
4. ábra: A vizsgált kőzetek lelőhelyei

1. táblázat: A vizsgált kőzetek legfontosabb tulajdonságai

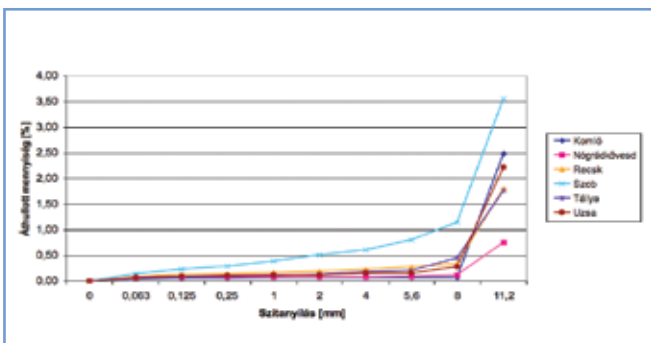
Sor-szám	Lelőhely	Kőzettípus	Szín 22 °C-on	Jellemző ásványok	Száraz térfogatsúly kg/m ³	Los Angeles-aprózódás m%
1.	Komló	Andezit	Szürkésfekete	Plagioklász, amfibol, piroxén, biotit	2650	14,25
2.	Nógrádkövesd	Andezit	Szürkésfekete	Plagioklász, amfibol, piroxén, biotit	2700	16,21
3.	Reck	Andezit	Szürkésfekete	Plagioklász, amfibol, piroxén, biotit		15,82
4.	Szob	Andezit	Szürkésfekete	Plagioklász, amfibol, piroxén, biotit	2550	14,39
5.	Tállya	Andezit	Szürkésfekete	Plagioklász, amfibol, piroxén, biotit	2650	19,07
6.	Uzsá	Bazalt	Szürkésfekete	Plagioklász, piroxén, olivin	2750	13,23
7.	Gánt	Dolomit	Fehér	Dolomit		16,00
8.	Iszka-szentgyörgy	Dolomit	Sárgásfehér	Dolomit		17,70
9.	Magyaralmás	Dolomit	Sárgásfehér	Dolomit	n.a.	
10.	Vilonya	Dolomit	Sárgásfehér	Dolomit		
11.	Bükksőd	Tömött mészkő	Szürke	Kalcit	2700	25,4



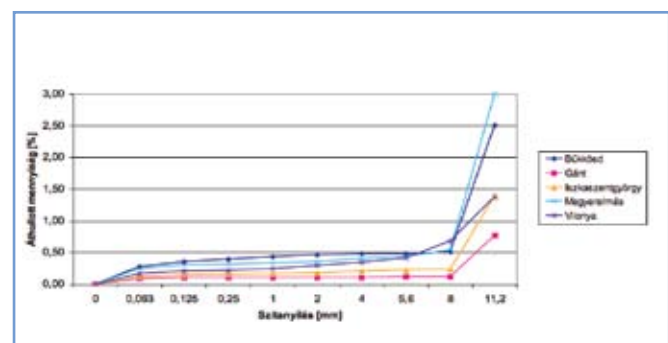
5. ábra: A kiömlési kőzetek átlagos szemmegoszlásai 480 °C-on történő égetés után



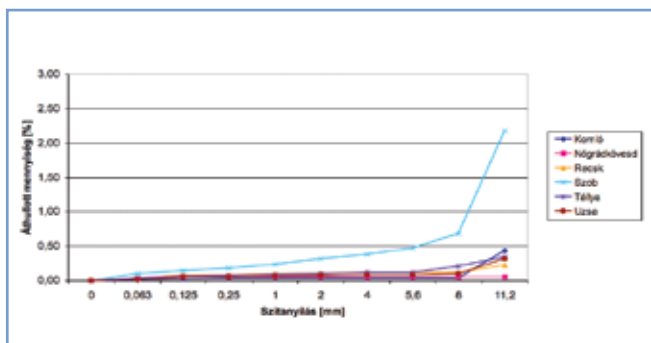
6. ábra: A üledékes kőzetek átlagos szemmegoszlásai 480 °C-on történő égetés után



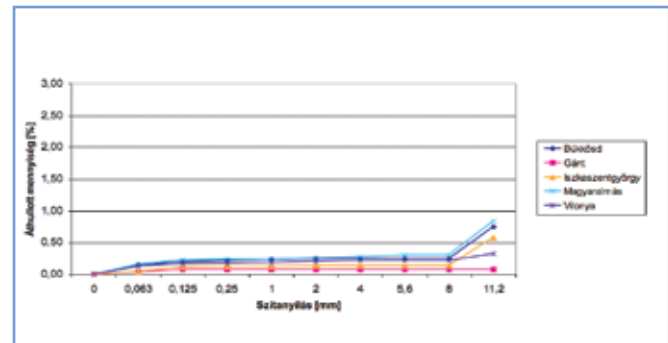
7. ábra: A kiömlési kőzetek maximális szemmegoszlásai 480 °C-on történő égetés után



8. ábra: Az üledékes kőzetek maximális szemmegoszlásai 480 °C-on történő égetés után



9. ábra: A kiömlési kőzetek minimális szemmegoszlásai 480 °C-on történő égetés után



10. ábra: Az üledékes kőzetek minimális szemmegoszlásai 480 °C-on történő égetés után

szobi, recski, nógrádkővesdi andezitek, uzsai bazalt, iszakszentgyörgyi, gánti dolomitok), melyek legfontosabb paraméterei az 1. táblázatban láthatók.

A hazai gyakorlatban az esetek többségében andezit illetve bazalt alkotja az aszfaltkeverék kővázát. Azonban, mivel Magyarország dolomitkészletei jelentősek, van arra törekvés, hogy valamilyen módon az üledékes kőzetek, elsősorban a dolomitok teret kapjanak az aszfaltgyártásban.

Jelen adatbázis lehetővé teszi az aszfaltok kővázának jobb megismerését, magas hőmérséklettel szemben való viselkedését.

3. EREDMÉNYEK

A magas hőmérsékleten való égetés hatására három jellemző változás

történt a vizsgált kőhalmazokban, melyek az alábbiak:

- szemmegoszlásban történő változás,
- tömegben történő változás,
- színváltozás.

3.1 SZEMMEGOSZLÁSBAN TÖRTÉNŐ VÁLTOZÁS

A laboratóriumi vizsgálatok szerint megállapítható, hogy a kővek szemmegoszlása 480 °C-on való égetés hatására változik. Az 5–10. ábra szemmegoszlási diagramjain jól követhető ez a változás (a szemmegoszlási diagramok 11,28 mm fölötti része nem került ábrázolásra, mert a soron következő 16 mm lyukméretű szitán áthullott anyag mennyisége minden egyes kőzet esetében eléri a 100%-ot.). Az 5–10. ábrák szemmegoszlásai a 480°C-on égetett 11/16 mm-es frakciók égetés után mért minimális, maximális és átlagos szemmegoszlását ábrázolják.

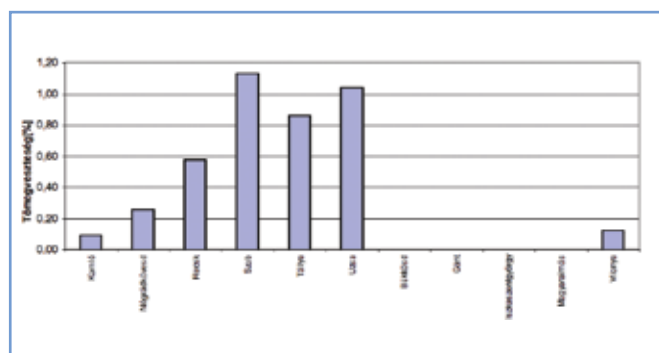
A szemmegoszlási diagramok alapján megállapítható, hogy az aprózódás mértéke legalább 0,05% és kevesebb, mint 4%. Átlagosan a bemért mennyiség kevesebb, mint 3%-a töredez le az égetés során.

Szemmel is megállapítható volt és az eredményekben is megmutatkozott, hogy a vizsgált kövek közül a szobi andezit aprózódott a leginkább. A letöredezett szemcsék mennyisége 2,18–3,58% közötti értéket vett fel. A legkisebb mértékű aprózódás a kiömlési kőzetek esetében, illetve az összes kőzettípust tekintve a nógrádkövesdi andezit esetében volt mérhető (0,05–0,75%).

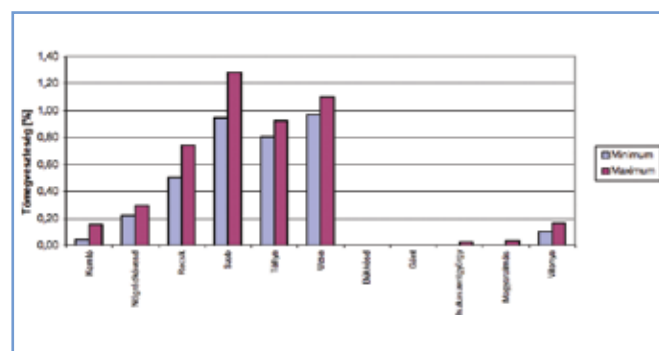
A gánti dolomit esetében szintén szemmel is megállapítható volt, hogy ez a kőzet kevésbé mállékony. Az üledékes kőzetek között ennek a kőzettípusnak volt a legkisebb mértékű az aprózódása (0,08–0,77%). Az üledékes kőzetek közül a Magyaralmásról származó dolomit volt a magas hőmérséklettel szemben legkevésbé toleráns. Az aprózódás mértéke ennek a kőzetnek az esetében 0,84–3% között változott.

3.2. TÖMEGVESZTESÉGEK

A laboratóriumi vizsgálatok azt mutatták, hogy a kőzetek tömegében változás áll be 480 °C-on való égetés hatására. Az eredmények szerint (11–12. ábra és 2. táblázat) a kiömlési kőzetek tömegvesztése 0,04% – 1,28% között változott, míg az üledékes kőzeteknek a legtöbb esetben (a vilonyai dolomitot kivéve) nem volt mérhető tömegvesztése, sőt az esetek többségében, csekély (<0,10%) mértékben ugyan, de az üledékes kőzetek tömege az égetés hatására inkább növekedett. A legnagyobb mértékben (1,28%) a szobi andezit tömege csökkent, de az uzsai bazalt is magasabb (1,10%) volt a tömegvesztése. Az andezitek közül a komlóai andezit tömege csökkent a legkevésbé (0,04%).



11. ábra: A kőzetek 480 °C-on történő égetés során bekövetkező átlagos tömegvesztése



12. ábra: A kőzetek 480 °C-on történő égetés során bekövetkező minimális és maximális tömegvesztése

3.2. SZÍNVÁLTOZÁS

A laboratóriumi vizsgálat nem várt eredménye volt az ásványi kővázak színváltozása (3. táblázat, 1.-5. kép). A kővázak mindegyike szabad szemmel is jól látható színváltozáson ment keresztül. A dolomitok fehéres, sárgásfehér színe rózsaszínes árnyalatot, míg a kiömlési kőzetek szürkés, fekete színe barnás, zöldes árnyalatot vett fel. A színváltozásnak ásványi okai vannak.



4. KÖVETKEZTETÉSEK

Ásványi vázak 480 °C-on való égetése az – aprózódásnak köszönhetően – megváltoztatja a kővázak eredeti szemmegoszlását.

Az aprózódás mértéke nem függ a kőzet típusától, még az azonos kőzefajták sem mutatnak egységes viselkedést. A szemmegoszlásokat összehasonlítva a Los Angeles-értékekkel nem állapítható meg határozott összefüggés a kőzetek mechanikai és termofizikai viselkedése között.

A kísérletek során nem csak a magas hőmérsékleten való égetés hatására bekövetkező aprózódások eredményei kerültek rögzítésre, hanem a kőzetek tömegében történő változások is. Az égetés során a kiömlési kövek tömege csökkent, míg az üledékes kőzetek tömege csekély mértékben változott, inkább növekedett. E jelenség valószínű oka az, hogy az üledékes kőzetek ezen a hőmérsékleten képesek vizet felvenni a levegőből, míg a kiömlési kőzetekből ezen a hőmérsékleten az organikus illetve ásványi részek kiégnek.

Az eredmények (szemmegoszlás, tömegváltozás) szerint a magas hőmérséklet a gánti dolomit fizikai tulajdonságaiban nem okoz számottevő változást, azonban mérhető változást eredményez a szobi andezit fizikai tulajdonságaiban.

A vizsgálatok nem várt eredménye a kőzetek makroszkópikus színváltozása, mely mind a kiömlési, mind az üledékes kőzetek esetében megfigyelhető volt. A kőzetek ásványi összetételétől függ az, hogy végbemegy-e színváltozás az adott kőzeten, vagy sem. A leggyakoribb jelenség, hogy a kőzet eredeti színe az égetés hatására vöröses árnyalatot vesz fel. Ez a változás a vas-oxidoknak köszönhető, de a mangán és organikus részek is eredményezhetnek színváltozást. Ami-

2. táblázat: A kőzetek tömegvesztése

Lelőhely	Kőzettípus	Minták száma db	Tömegvesztés m%			
			Átlag	Szórás	Minimum	Maximum
Komló	Andezit	10	0,09	0,04	0,04	0,15
Nógrádkövesd	Andezit	10	0,25	0,02	0,22	0,29
Recsk	Andezit	11	0,57	0,07	0,50	0,74
Szob	Andezit e	10	1,13	0,09	0,94	1,28
Tállya	Andezit	10	0,86	0,04	0,80	0,92
Uzsa	Bazalt	10	1,04	0,04	0,97	1,10
Gánt	Dolomit	10	-0,03	0,02	-0,07	0,00
Iszkaszentgyörgy	Dolomit	10	-0,01	0,02	-0,04	0,02
Magyaralmás	Dolomit	10	-0,01	0,02	-0,03	0,03
Vilonya	Dolomit	11	0,12	0,02	0,10	0,16
Bükkösd	Tömött mészkő	10	-0,08	0,01	-0,10	-0,07

kor vas van jelen vas-oxi-hidroxid (goethite) formájában, gyakran átalakul vas-oxidá (hematite), miközben a víz eltávozik. Ez a változás 200–300 °C-on kezdődik, míg az organikus részek szénné való átalakulása 500 °C körül veszi kezdetét. [3], [4]

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A legfontosabb megállapítások az aszfaltok kővázának magas hőmérsékleten való viselkedésével kapcsolatban a következők:

1. A magas hőmérséklet (480 °C) az ásványi vázakban fizikai és ásványi átalakulásokat eredményez.
2. 480 °C-on való égetés hatására a kőzetek aprózódnak. Az aprózódás mértéke a vizsgált kőzetek 11/16 mm-es frakciója esetében kevesebb, mint 4%.
3. Az égetés hatására a kiömlési kőzetek tömegében csökkenés tapasztalható, mert az organikus illetve ásványi részek kiégnek a kőzetekből, miközben hasonló körülmények között az üledékes kőzeteknek a tömege stabil marad.
5. Nincsen összefüggés az egyes kőzetek Los Angeles-százalékai (mechanikai tulajdonságai) és magas hőmérsékleten való viselkedése között.
6. Közvetve az útburkolatok időállósága az útburkolatot alkotó kőváz termofizikai tulajdonságaitól is függ.
7. A vizsgálatok mellékes eredménye, hogy magas hőmérséklet hatására a kővázak színe megváltozik, amely a kővázak ásványi összetételével van összefüggésben.

FORRÁSOK

- [1] Ambrus K. (2006): Aszfaltok bitumentartalmának összehasonlító vizsgálata, oldószeres és égetési eljárás, Budapest, pp. 4–5.
- [2] Balázs Gy., Buda Gy., Borján J., Kertész P., Kovács M., Liptay A., Zimony Gy. (1975): Építőköveink vizsgálata útépítési alkalmasság szempontjából, Tudományos Közlemények 20. Közlekedési Dokumentációs Vállalat, Budapest, pp. 8–9; 184.
- [3] Hajpál M. and Török Á. (2004): Mineralogical and colour changes of quartz sandstones by heat. Environmental Geology 46, pp. 311–322.
- [4] Hajpál M. (2008): Hévítés indukálta színváltozás természetes kőanyagoknál, építőköveknél, Mérnökgeológia, Kőzetmechanika 2008, Műegyetemi Kiadó, Budapest, pp. 145–157.
- [5] Kertész P. (1970): Kőzetfizika, Tankönyvkiadó, Budapest, pp. 140–143
- [6] Papp F., Kertész P. (1975): Geológia, Tankönyvkiadó, Budapest, pp. 78–82; 114
- [7] Shell UK Oil Products Limited (2003): The Shell Bitumen handbook, Fifth Edition, Thomas Telford Publishing, London
- [8] Török Á. (2007): Geológia mérnököknek, Műegyetemi Kiadó, Budapest, pp. 81; 199–200; 294–295; 297–298.
- [9] The National Academy of Science, Report in Brief (2006): Assessing the Human Health Risk of Trichloroethylene, pp. 1.

3. táblázat: A kőzetek makroszkópos színváltozása

Lelőhely	Kőzettípus	Szín	
		22 °C-on	480 °C-on
Komló	Andezit	Szürkésfekete	Sárgásszürke
Nógrádkövesd			Barnás
Recsk			Rozsdabarna
Szob			Vörösszürke
Tállya			Barnás
Uzsa	Bazalt	Fehér	Rózsaszínes
Gánt	Dolomit	Sárgásfehér	Narancssárgás
Iszkaszentgyörgy			Rózsaszínesszürke
Magyaralmás			
Vilonya			
Bükkösd	Tömött mészkő	Szürke	Rózsaszínesszürke

A TÖMÖRSÉGI FOK ÁTSZÁMÍTÁSA AZ EGYSZERŰSÍTETT ÉS A MÓDOSÍTOTT PROCTOR-VIZSGÁLATOK KÖZÖTT

SUBERT ISTVÁN¹

1. BEVEZETŐ, ELŐZMÉNYEK

A tömörség a legfontosabb minőségi jellemző a teherbírás mellett a mélyépítésben. A tömörség meghatározásához hagyományosan a mért helyi nedves sűrűségből a víztartalom ismeretében számítjuk a száraz sűrűséget, majd ezt viszonyítjuk egy kiválasztott viszonyítási sűrűséghez, százalékban megadva. A viszonyítási sűrűséget (ρ_{dmax}) Magyarországon a módosított Proctor-vizsgálatból, néhány országban az egyszerűsített Proctor-vizsgálatból veszik. Az alkalmazott tömörségmérések általában közvetett módon, a sűrűség mérésén alapulnak, mint amilyen a homokkitöltéses, a víztérfogat-méréses, vagy az izotópos sűrűségmérés. Újabban más viszonyítási sűrűségek is ismeretesek és szabványosak lettek mint a vibrosajtólasos, vibrokalapácsos, vagy vibroasztalos európai vizsgálati módszerek.

A dinamikus tömörségmérés elmélete a viszonyítási sűrűséget nem használja, hanem a Proctor-görbe normalizált (ρ_{dmax} -szal elosztott) változatát alkalmazza mint nedvesség korrekciós együtthatót. Csak a görbület által adódó vízerzékenység dominál, emiatt a dinamikus tömörségmérés gyakorlati előnye kiemelkedő.

A dinamikus tömörségmérés a süllyedési amplitúdókkal jellemzett, a térfogatváltozás mérésén alapuló vizsgálati módszer, melynél a Proctor-tömörítési munkának megfelelő ütéssorozattal hajtja végre – a helyszíni víztartalom mellett – a tömörítést. A dinamikus tömörségi fok a helyszíni relatív tömörség (T_r) és a nedvességgörbe tényező (T_{nw}) szorzata, mely az adott nedvességtartalmú réteg helyszíni relatív tömörségi fokát az optimális víztartalom mellett létrehozható legnagyobb tömörségre átszámítva adja meg.

Magyarországon a hatályos ÚT 2-1.222 Utak és autópályák létesítésének általános geotechnikai szabályai műszaki előírás 4.5. pontja szabályozza a földművek minőség-ellenőrzését. Az alkalmazható tömörségmérési módszerek (4.5.1.2. pont) kiszűrőhengeres, üregkitöltéses, izotópos, a BC dinamikus ejtő súlyos, penetrométeres, statikus tárcsás dinamikus modulus, FDVK vagy CCC teljes felületű gyorsulásmérő, valamint a beépítési technológiát ellenőrző módszerek lehetnek. Ezek közül összefüggések alapján lehet következtetni a tömörségi fokra a penetrométeres, statikus tárcsás dinamikus modulus, FDVK vagy CCC teljes felületű gyorsulásmérő módszerekkel. Viszonyítási sűrűséget kell alkalmazni a kiszűrőhengeres, üregkitöltéses, izotópos módszerrel meghatározott terepi száraz sűrűségek értékeléséhez. A viszonyítási sűrűség Magyarországon a töltéstezt tömörségi követelményeinek értékeléséhez az ÚT 2-1.222 szerint az MSZ-EN 13 286-2 szerinti, módosított Proctor-vizsgálattal meghatározott legnagyobb száraz térfogatsűrűség. Ha a tervező előírja, lehetséges a viszonyítási sűrűség meghatározása az MSZ EN 13 286-3 és

MSZ EN 13 286-4, MSZ EN 13 286-5 szerinti dinamikus módszerekkel, ehhez azonban a követelményeket (határértékeket) külön kell meghatározni.

Fentiekből következik, hogy a magyar ÚT 2-2.124 útügyi műszaki előírás (illetve az ezen alapuló CEN-WA 15 846) dinamikus tömörség- és teherbírás-vizsgálat az egyetlen, mely nem viszonyítással ad tömörségfok-eredményt, hanem a Proctor-vizsgálat elméletéből levezethető a süllyedési amplitúdó-tömörségi fok összefüggése alapján. A tömörségi fokkal való ilyen összefüggés a többi módszerrel nem lehetséges.

Jelen cikk bemutatja a B&C SP-LFWD (kistárcsás dinamikus tömörség- és teherbírás-mérő) berendezéssel mért eredmények átszámításának módját, lehetőségeit, a német területen használatos egyszerűsített Proctor-vizsgálatnak megfelelő tömörségi fok értékeléshez.

2. TÖMÖRÍTHETŐSÉGI VIZSGÁLATOK

2.1. MÓDOSÍTOTT PROCTOR-VIZSGÁLAT

A módosított Proctor-vizsgálat (EN 13 286-2 7.4.) lényege, hogy egy 10 cm átmérőjű, 12 cm (+5 cm feltét) magasságú hengerbe öt rétegben 25–25 ütéssel talajmintát tömörítünk, 4,5 kg tömegű, 45 cm magasságból leejtett, 50 mm fejtérőjű döngölőrúddal. A feltétgyűrűt levéve a felületet lehúzzuk, majd a minta ismert térfogatából és tömegéből a nedves térfogatsűrűséget (ρ_n) meghatározzuk. A tömörített anyagból vett minták kiszáritása után a víztartalmat meghatározzuk, majd számítjuk a tömörítéssel elért száraz térfogatsűrűséget:

$$\rho_d = \frac{1}{1 + \frac{w\%}{100}} \cdot \rho_n$$

Ezt a műveletet legalább öt különböző víztartalmú mintával megismételve, a kapott száraz térfogatsűrűség-víztartalom pontokat ábrázoljuk. A görbe maximuma a legnagyobb száraz térfogatsűrűség. Célszerű számítani a telítési vonalakat, hogy a helyszínen mért víztartalmat, a réteg telítettségét és tömöríthetőségét majd e szempontból is értékelni lehessen. A módosított Proctor-görbe maximuma és az ehhez tartozó optimális víztartalom (w_{opt-m} , ρ_{dmax-m}) az anyag laboratóriumi alkalmassági vizsgálatának része. A munkavégzés mennyiségének számításakor a döngölő felületét kell figyelembe venni. A döngölés száma a kokilla területe és a döngölő területének hányadosa ($F_1/F_2=4$) miatt átlagosan (5 réteg $\times$ 5 ütés)/4=125/4=31,25 átlagos tömörítő ütésszám/cilinder, a teljes edényfelületre vetítve. A munkavégzés értéke a fenti adatokkal számolva módosított a Proctor-vizsgálatnál:

$$W_{mPr} = 4,5 \cdot 0,45 \cdot 9,81 \cdot 31,25 = 621J$$

¹ Okl. építőmérnök, okl. közlekedésgazdasági mérnök, útépitési-talajmechanikai és víztelenítési szakértő, útpályaszerkezet-építési szakértő, üzemeltetési és ütfenntartási szakértő, közúti minőségvizsgálati és minősítési szakértő, ügyvezető igazgató, Andreas Kft.

2.2. EGYSZERŰSÍTETT PROCTOR-VIZSGÁLAT

Az egyszerűsített Proctor-vizsgálat során (EN 13 286-2, 7.3. pont) 10 cm átmérőjű, 12 cm magasságú hengerbe három rétegben 25–25 ütéssel tömörítjük a talajmintát, 2,5 kg tömegű, 30,5 cm magasságból leejtett, 50 mm fejmérőjű döngölővel. A feltétgyűrűt levéve a felületet lehúzzuk, majd a minta ismert térfogatból és tömegéből a nedves térfogatsűrűséget meghatározzuk. A talajminta kiszáritása után számított víztartalom ismeretében meghatározzuk a száraz térfogatsűrűségeket, ugyanúgy, mint a módosított Proctor-vizsgálatnál (w_{opt-s} , ρ_{dmax-s}). A döngölés száma, a kokillaterület/döngölőterület=4 miatt, átlagosan 75/4=18,75 átlagos tömörítőütés/cilinder. A munkavégzés az egyszerűsített Proctor-vizsgálatnál (ha a döngölt felületet vesszük figyelembe):

$$W_{mPr} = 4,5 \cdot 0,45 \cdot 9,81 \cdot 31,25 = 621J$$

A módosított és az egyszerűsített Proctor-vizsgálat legnagyobb száraz térfogatsűrűségének aránya jellemzően 1,03–1,15 közötti, a tömörítési munkavégzés aránya pedig 4,4, azaz a módosított Proctornál lényegesen nagyobb a tömörítési munkavégzés.

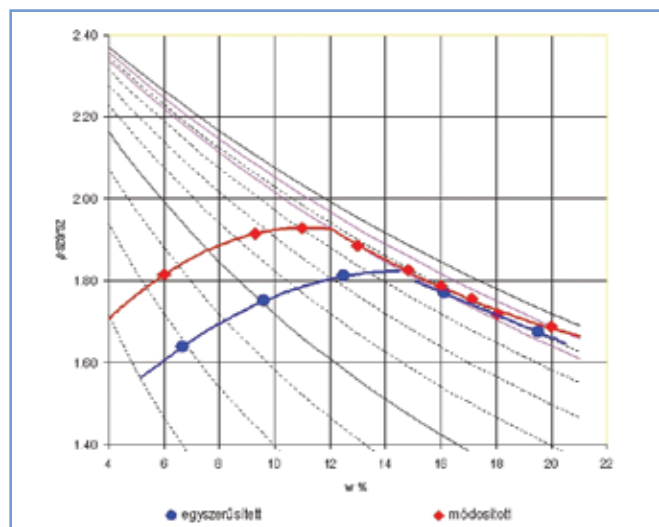
2.3. EGYÉB TÖMÖRÍTHETŐSÉGI VIZSGÁLATOK

Újabb már nem csak a döngölős Proctor-vizsgálatok, hanem más, vibrációs tömörítési modellt alkalmazó vizsgálati módszerek alkalmazása is megengedett Európában, a viszonyítási sűrűség meghatározására. Ezek előnyei a szemcseaprózódás elkerülésében jelentkeznek, másrészt a valós modellhatáshoz közelebb állnak. Ilyen vizsgálati lehetőségek:

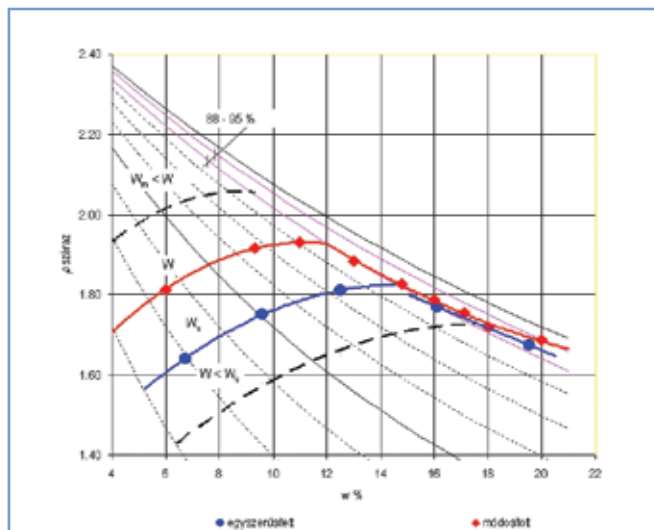
- EN 13 286-3 Kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú keverékek. 3. rész: A laboratóriumi viszonyítási térfogatsűrűség és a víztartalom vizsgálati módszerei. Vibrosajtolás szabályozott paraméterekkel
- EN 13 286-4 4. rész: A laboratóriumi viszonyítási térfogatsűrűség és a víztartalom vizsgálati módszerei. Vibrokalapács
- EN 13 286-5 5. rész: A laboratóriumi viszonyítási térfogatsűrűség és a víztartalom vizsgálati módszerei. Vibroasztal

3. VÁLASZTOTT KIINDULÁSI ADATOK

Tanulmányunkban egy korábban vizsgált iszapos homokliszt talaj vizsgálati eredményeit választottuk, melyre mind a módosított, mind az egyszerűsített Proctor-vizsgálat egy időben készült el, a



1. ábra: Az egyszerűsített és módosított Proctor-vizsgálat eredményei



2. ábra: Az optimális víztartalom és tömörítési munkavégzés összefüggése

1. táblázat: A módosított Proctor-vizsgálat eredményei

Megnevezés	Víztartalom, w_m , %				
	6	9,3	13	14,8	17,1
γ_{d-m} , g/cm ³	1,814	1,912	1,885	1,803	1,722
T_{rg-m} , %	94	99,1	97,7	93,4	89,2
T_{rw-m}	0,94	0,99	0,977	0,934	0,892

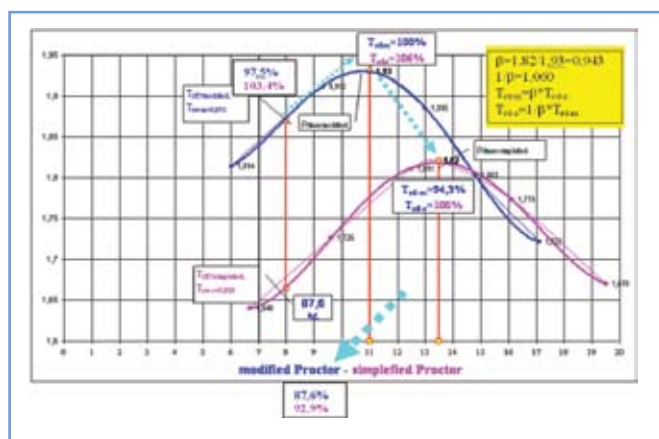
2. táblázat: Az egyszerűsített Proctor-vizsgálat eredményei

Megnevezés	Víztartalom, w_s , %				
	6,7	9,6	12,5	16,1	19,5
γ_{d-s} , g/cm ³	1,64	1,726	1,811	1,773	1,67
T_{rg-s} , %	90,1	94,8	99,5	97,4	91,8
T_{rw-s}	0,901	0,948	0,995	0,974	0,918

Széchenyi István Egyetem Geotechnikai laboratóriumában (1–2. táblázat, 1–2. ábra).

A módosított Proctor-vizsgálat eredményei: $w_{opt-m}=11,0\%$, $\rho_{dmax-m}=1,93$ g/cm³, míg az egyszerűsített Proctor-vizsgálat eredményei: $w_{opt-s}=13,5\%$, $\rho_{dmax-s}=1,82$ g/cm³. A munkavégzés nagyságának hatása jól látható a Proctor-görbék elhelyezkedéséből. A száraz ágak közel párhuzamosak, a nedves ágak a telítési vonalba illeszkednek. Az ábrából következik, hogy az intenzívebb tömörítés esetén a szükséges (optimális) víztartalom csökken.

A víztartalom növelésével, a nedves ágon jól láthatóan egyre kisebb tömörítési munka kell, mellyel egyre kisebb tömörség érhető el. A 3. ábra szerinti jelleg a Kézdi professzor szerint elemzett és leírt anyagviselkedés, melyből az is következik, hogy a jelenlegi két szint (egyszerűsített–módosított), bármikor tovább bővíthető.



3. ábra: Módosított és egyszerűsített Proctor-eredmények átszámítása

tő, annak csak a tömörítőgépek technikai fejlődése szab határt. Ha tehát a laboratóriumi tömöríthetőségi vizsgálatnál nagyobb munkavégzéssel tömörítünk, akkor a laboratóriumban megállapított optimális víztartalomnál kisebb lesz a valós helyszíni optimális víztartalom. A jelenleg alkalmazott, egyszerűsítettnek, módosítottnak nevezett tömöríthetőségi munkavégzés tehát egy választás, egy megállapodás.

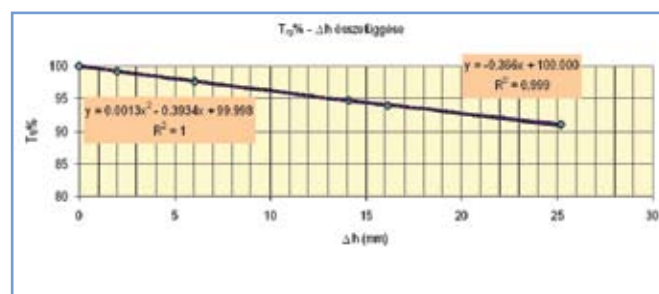
4. ÁTSZÁMÍTÁS AZ EGYSZERŰSÍTETT ÉS MÓDOSÍTOTT PROCTOR SZERINTI TÖMÖRSÉGI FOKOK KÖZÖTT

A B&C dinamikus tömörség- és teherbírásmérő berendezés a módosított Proctornak megfelelő munkavégzést alkalmaz, ezért az egyszerűsített Proctor-vizsgálathoz szokott, az azt alkalmazó országokban való alkalmazása az átszámítás nélkül korlátozott. Nincs azonban akadálya annak, hogy ezt a számítást elvégezzük, így a B&C berendezés alkalmazását lehetővé tegyük. Az adott talaj, szemcsés réteg anyagából az alkalmassági vizsgálat során mindkét Proctor-vizsgálatot elvégezzük. A szokásos jellemzőket és a nedvességhorrekciós görbét mindkettőre meghatározzuk. Az ábrákon és képletekben az egyszerűsített Proctor-jellemzőkét az „s” (simplified), míg a módosítottnál az „m” (modified) indexet alkalmaztuk.

Az átszámítási szorzót a két Proctor-vizsgálatból kapott legnagyobb száraz sűrűségek aránya adja:

$$\beta = \frac{\rho_{d \max-s}}{\rho_{d \max-m}}$$

Az egyszerűsített Proctor munkavégzésének megfelelő tömörségi fok átszámításához (4. ábra) a módosított Proctor munkavég-



4. ábra: A tömörségi fok és az összenyomódás összefüggése a módosított Proctor-vizsgálat esetén

zéssel mért helyszíni relatív tömörségből számítjuk a módosított tömörségi fokot, majd a β tényezővel az egyszerűsített tömörségi fokra transzformáljuk azt. (Ezt oda-vissza is számíthatjuk, az ábrán külön színekkel jelöltük).

A példa szerint egyszerűsített Proctor szerinti 100% tömörségfok csak 94,3%-ot jelent a módosított Proctor szerinti skálán. Mivel a hengerlési munka megfelelőségének elbírálására a T_{RE} helyszíni relatív tömörségi fokot alkalmazzuk, azt is számítani kell. Ezt az egyszerűsített Proctor görbéből, T_{nw-s} nedvességhorrekciós együtthatóval vesszük figyelembe.

4.1. ALAKVÁLTOZÁS-TÖMÖRSÉGI FOK ÖSSZEFÜGGÉS AZ EGYSZERŰSÍTETT PROCTOR-VIZSGÁLATNÁL

A dinamikus tömörségmérés elmélete a Proctor-vizsgálatból elméleti úton levezethető. A $G_{száraz} = \text{constans}$ modellből számítjuk a tömörségi fok és az alakváltozás $T_{rd}\% - \Delta h$ összefüggését, a merekséget jellemző Φ értékeit, mind a módosított (Φ_m), mind az egyszerűsített (Φ_s) Proctor-vizsgálat adataiból. Azt tapasztaltuk, hogy a Φ -értékek megegyezők:

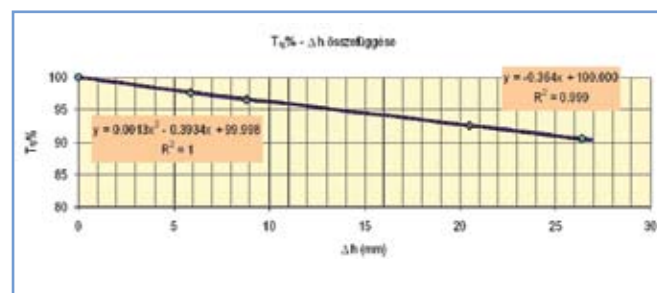
- a módosított Proctor-vizsgálat esetén: $\Phi_m = 0,366$ adódott (5. ábra).
- az egyszerűsített Proctor-vizsgálat esetében $\Phi_s = 0,364$ adódott (6. ábra).

A módosított és egyszerűsített Proctor $T_{rd}\% - \Delta h$ egyenese az azonos Φ -érték miatt párhuzamosak egymással és egymásba átszámíthatók. A tömörségi fok és az összenyomódás értékéből átlagolt összefüggése:

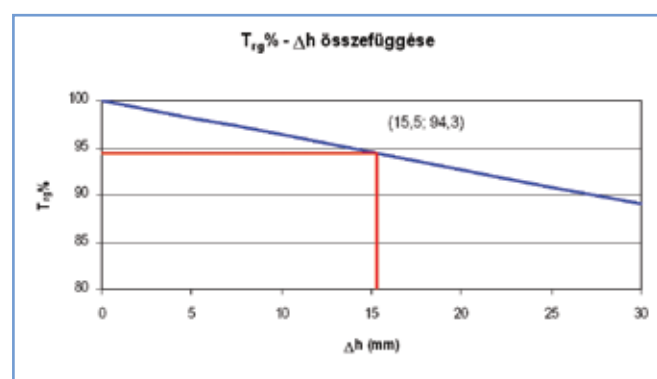
$$T_{RE}\% = -0,366\Delta h + 100$$

amely a 7. ábrán látható.

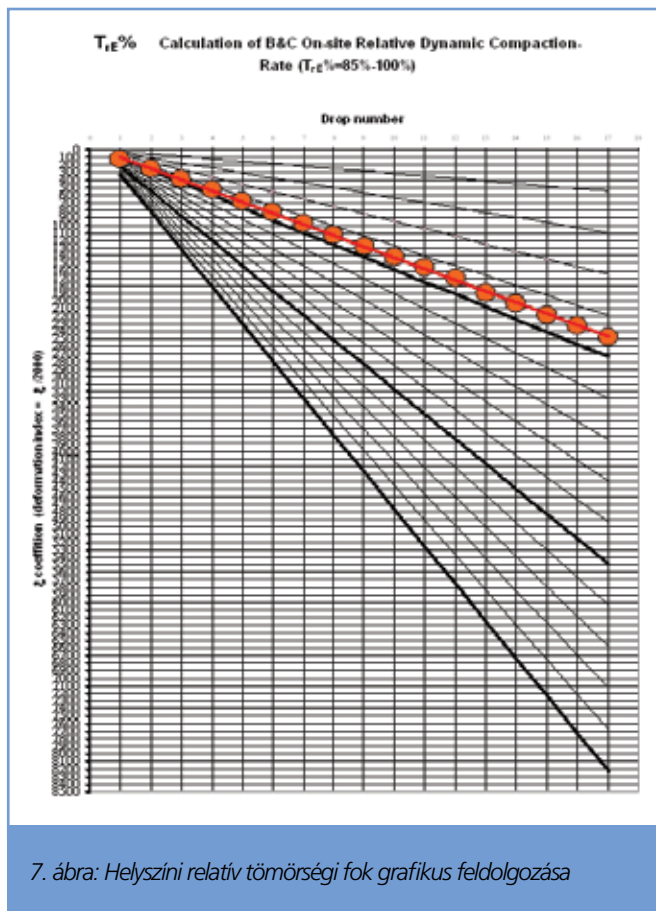
Az egyszerűsített Proctor-vizsgálatnál, a legnagyobb száraz sűrűségnél ($T_{rd-s}\% = 100\%$, $T_{nw-s} = 1$, $w_{opt-s} = 13,5\%$) a módosított Proctor



5. ábra: A tömörségi fok és az összenyomódás összefüggése az egyszerűsített Proctor-vizsgálat esetén



6. ábra: A tömörségi fok és az összenyomódás átlagos összefüggése



7. ábra: Helyszíni relatív tömörségi fok grafikus feldolgozása

szerinti tömörségi fokban kifejezve $T_{rd-m}\% = \beta \cdot 100$, azaz 94,3%. A $G_{sz} = \text{constans}$ modellből meghatározott összefüggés szerint az ehhez tartozó alakváltozás számítható: $\Delta h = 1/\Phi \cdot \Delta T_{rd}\% = 1/0,366 \cdot 5,7 = 15,5 \text{ mm}$

Ez azt jelenti, hogy ha az egyszerűsített tömörségi fok 100%, akkor a módosított Proctor szerinti 100%-os tömörséghez a 25 cm vastag rétegen még 15,5 mm tömörödési alakváltozás szükséges. Emiatt a β szorzó kifejezhető a módosított Proctor így számított tömörségi fokából is (ha az egyszerűsített Proctor szerinti tömörségi fok 100%):

$$\beta = \frac{T_{rg-m}\%}{100\%}$$

4.2. MINTAPÉLDA

Helyszíni mérés eredménye

A jelen mintapélda szerint a helyszínen mért dinamikus tömörség értéke $T_{re-m}\% = 96,6\%$ a B&C-méréssel meghatározva, iszapos homok (siSa) esetében, $w_t = 9,6\%$ természetes víztartalom mellett, mely $T_{rw-m} = 0,996$ nedvességkorrekciós tényezőt jelent.

Módosított Proctornak megfelelő tömörségi fok számítása

Mérési eredmény a dinamikus tömörségi fokokhoz a alapképlet $T_{rd-m}\% = T_{re-m}\% \cdot T_{rw-m}$ alapján:

$$T_{rd-m}\% = 96,6\% \cdot 0,996 = 96,2\%$$

Egyszerűsített Proctornak megfelelő tömörségi fok számítása

Ekkor a $T_{rd-s}\% = 1/\beta \cdot T_{rd-m} = 1/0,943 \cdot 96,2\% = 102,0\%$ az egysze-

rűsített Proctornal számított tömörség. Az egyszerűsített Proctor optimális víztartalma $w_{opt-s} = 13,5\%$. A természetes víztartalom ugyanaz ($w_t = 9,6\%$), mely most $T_{rw-s} = 0,948$ nedvességkorrekciós tényezőt jelent.

Tudjuk, hogy a 100%-nak megfelelő módosított Proctor tömörítési munkához tartozó egyszerűsített Proctor-görbe legnagyobb lehetséges tömörsége 100%, a módosított Proctor szerinti értelmezésben 94,3%, az ennél nagyobb tömörségi fok érték a módosított Proctor szerinti skálán emiatt 100%-nál nagyobb egyszerűsített tömörségi fokot is eredményezhet. Ezért a német területen az előírásokban is gyakori a 100% feletti tömörségi fok előírása.

Egyszerűsített Proctornak megfelelő helyszíni relatív tömörségi fok számítása

Az egyszerűsített Proctornal számított tömörségből számíthatjuk az annak megfelelő helyszíni relatív egyszerűsített tömörségi fokot (On Site Simplified Relative Compaction Rate = OSSRCR), de természetesen a saját, egyszerűsített Proctorból meghatározott T_{rw-s} nedvességkorrekciós együtthatóval:

$$T_{re-s} = \frac{T_{rd-s}}{T_{rw-s}} = \text{OSSRCR}$$

A hengerlési munka megfelelőségét jellemző helyszíni relatív egyszerűsített tömörségi fok a mért $w_t = 9,6\%$ -nál az egyszerűsített Proctorból meghatározott T_{rw-s} görbe alapján $T_{rw-s} = 0,948$, azaz

$$T_{re-s} = \frac{102,0}{0,948} = 107,6\%$$

azaz az adott víztartalomnál alkalmazott helyszíni relatív egyszerűsített tömörségi fok $T_{re-s} = \text{OSSRCR} = 108\%$ az egyszerűsített Proctornak megfelelő munkavégzéssel értelmezett esetben.

5. HELYSZÍNI RELATÍV TÖMÖRSÉGI FOK SZÁMÍTÁSA KÜLÖNBÖZŐ MUNKAVÉGZÉSEL

A helyszínen, dinamikus módszerrel a *módosított Proctor munkavégzésnek megfelelő* helyszíni relatív tömörséget az adott természetes víztartalom mellett úgy határoztuk meg, hogy az első ütéssel mért tömörségi állapot és a 18 ütéssel tömörödési görbét hozunk létre, majd abból deformációs mutatót képezzünk. A helyszíni mérést jellemző maradó alakváltozásból számított tömörséget helyszíni relatív tömörségnek nevezzük és az adott víztartalom mellett elérhető tömörséget jellemző, legjobb esetben 100% érték. A relatív tömörségi fok a következő képlettel határozható meg:

$$T_{re-m} = 100 - \Phi D_{m-m}$$

ahol D_{m-m} a módosított Proctor munkavégzéssel számított deformációs együttható ($\Phi = 0,365 \pm 0,025$), a Proctor-vizsgálat $G_{sz} = \text{constans}$ modellből számított ΔV , mm- $T_{rp}\%$ egyenes meredeksége. A módosított Proctor szerinti munkavégzéskor a D_m értékét az alábbi súlyozott átlaggal, az összes maradó alakváltozásból számítjuk. A teljes alakváltozás h_i a rugalmas és maradó alakváltozások összege. Így a süllyedés negatív növekménye a következő módon számítható:

$$s_i = \frac{(h_i - h_{i+1})}{1}, \dots$$

(ahol $h_i - h_{i+1} \geq 0$, ha $h_i - h_{i+1} < 0$, akkor $s_i = 0$).

A rugalmas alakváltozás tehát kiesik a számításból. A süllyedés növekménye (s_i) az egyes ütéseknek egy numerikus derivált. Ezért ez a lépés értelmezhető úgy, hogy minden ejtésnél a numerikus derivált. Az ejtésszám alapján visszafelé becsüljük

az addigi teljes süllyedést. Ezt a súlyozott átlagot a deformációs együtthatónak (D_{m-m}) nevezzük, a következő, általánosított módon számítható:

$$D_{m-m} = \frac{S}{17} = \sum_{j=1}^{17} \left(j \times \left(\sum_{i=1}^{i=j} h_i - h_{i+1} \right) \right)$$

A h_i az ejtések közül létrejött rugalmas és maradó (teljes) alakváltozás, $i = 1 \dots 18$.

$$h_1 \geq h_2 \geq h_3 \dots h_{17} \geq h_{18}$$

$$S_1 = 1 \cdot (h_1 - h_2)$$

$$S_2 = 2 \cdot [(h_1 - h_2) + (h_2 - h_3)]$$

$$S_3 = 3 \cdot [(h_1 - h_2) + (h_2 - h_3) + (h_3 - h_4)]$$

...

$$S_{16} = 16 \cdot [(h_1 - h_2) + (h_2 - h_3) + \dots + (h_{16} - h_{17})]$$

$$S_{17} = 17 \cdot [(h_1 - h_2) + (h_2 - h_3) + (h_3 - h_4) + \dots + (h_{17} - h_{18})]$$

$$S = \sum_{j=1}^{17} j \cdot \sum_{i=1}^{i=j} (h_i - h_{i+1})$$

$$D_{m-m} = S / 17$$

Az egyszerűsített Proctor munkavégzésének megfelelő helyszíni relatív tömörséget az előbb bemutatott átszámítási módszerrel kívüli úgy is meghatározhatnánk, hogy csak az annak megfelelő munkavégzést (ejtésszámot) alkalmazzuk. A süllyedési amplitúdókból ekkor csak hat ütéssel kellene a tömörödési görbét létrehozni, a deformációs mutatót ebből számíthatjuk. A helyszíni „egyszerűsített Proctor-állapotot” létrehozó maradó alakváltozás görbéjét, a helyszíni relatív egyszerűsített tömörségnek nevezzük és az adott helyszíni víztartalom mellett elérhető legnagyobb tömörséget jellemző érték. Jelentős hátránya e módszernek, hogy ez esetben 100% feletti egyszerűsített Proctor-tömörséget nem lehet mérni, ezért az előző, átszámítási módszer alkalmazása várható.

Az elmélet azonban az egyszerűsített Proctornak megfelelő helyszíni relatív tömörségi fok számítására is adaptálható:

$$T_{rE-s} = 100 - \phi D_{m-s}$$

ahol D_{m-s} a deformációs együttható. A teljes alakváltozás (mint előbb) itt is h_i a rugalmas és maradó alakváltozások összege. Így a süllyedés növekménye a következő módon számítható:

$$s_i = \frac{(h_i - h_{i+1})}{1} j \dots$$

(ahol $h_i - h_{i+1} \geq 0$, ha $h_i - h_{i+1} < 0$, akkor $s_i = 0$).

A rugalmas részt kiküszöböltük a számításokban. A fenti súlyozott átlagot egyszerűsített Proctorhoz tartozó deformációs együtthatónak (D_{m-s}) nevezzük, a következő módon számítható:

$$D_{m-s} = \frac{S}{5} = \sum_{j=1}^6 (j \cdot \sum_{i=1}^{i=j} (h_i - h_{i+1}))$$

A ϕ_s értéke empirikus módon meghatározott tényező, az egyszerűsített Proctor-vizsgálat $G_{sz} = \text{constans}$ modellből számított ΔV , mm – T_p % egyenes lineáris együtthatója.

A h_i az ejtések közül létrejött rugalmas és maradó (teljes) alakváltozás, $i = 1 \dots 6$.

$$h_1 \geq h_2 \geq h_3 \dots h_{17} \geq h_{18}$$

$$S_1 = 1 \cdot (h_1 - h_2)$$

$$S_2 = 2 \cdot [(h_1 - h_2) + (h_2 - h_3)]$$

$$S_3 = 3 \cdot [(h_1 - h_2) + (h_2 - h_3) + (h_3 - h_4)]$$

...

$$S_6 = 6 \cdot [(h_1 - h_2) + (h_2 - h_3) + \dots + (h_6 - h_7)]$$

$$S = \sum_{j=1}^6 j \cdot \sum_{i=1}^{i=j} (h_i - h_{i+1})$$

$$D_{m-s} = S / 5$$

A dinamikus tömörségmérés elmélete tehát ugyanúgy alkalmas az egyszerűsített, mint a módosított Proctor munkavégzésének megfelelő tömörségi fok számítására. Azzal, hogy számos előírás az egyszerűsített Proctor alkalmazási területén nagyobb, mint 100%, értelemszerűen és célszerűen az általános módon kell mérni a módosított Proctor szerinti munkavégzéssel, majd ezt átszámítani az egyszerűsítettre. Így módon a 100% feletti tömörségi fokok is meghatározhatók. Ezek legnagyobb értéke legfeljebb $100 \cdot (1/\beta)$ lehet. A $\xi = 2000/D_m$ bevezetésével a méréseket grafikusán is fel lehet dolgozni (8. ábra)

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A tömörség a legfontosabb minőségi jellemző a mélyépítésben a teherbírás mellett. A tömörségméréseknél viszonyítási sűrűségként a módosított Proctor-vizsgálattal meghatározott legnagyobb száraz sűrűséget (ρ_{dmax}) használjuk, de német területeken még ma is alkalmazzák az egyszerűsített Proctorhoz történő viszonyítást. A módosított és az egyszerűsített Proctor legnagyobb száraz térfogatsűrűségének aránya jellemzően 1,03–1,15 közötti, a tömörítési munkavégzés aránya 4,4.

A különböző nagyságú munkavégzések jellegzetességei a Proctor-görbékben jól követhetők. A száraz ágak közel párhuzamosak, a nedves ágak a telítési vonalba illeszkednek. Egy kiválasztott munkavégzésnél intenzívebb tömörítés esetén tehát a szükséges víztartalom csökken, illetve a nedves ágon láthatóan a kisebb tömörítési munkával az optimális víztartalom növekedése törvényszerű, de kisebb tömörséget eredményez.

Kidolgoztuk azt a módszert, mellyel a B&C dinamikus SP-LFWD mérőberendezéssel az egyszerűsített Proctor szerinti helyszíni relatív tömörségi fok is mérhető. Ennek egyik lehetősége az átszámítás, a másik a kevesebb ejtésszám. A két módszer vizsgálata szerint előnyösebb annak választása, hogy a hagyományosan, a módosított Proctor szerinti munkavégzéssel meghatározott mérési eredményt átszámítjuk az egyszerűsített Proctorra, a β tényező alkalmazásával. A transzponálás mindig csak a T_{rd-m} %, w_{opt-m} értékénél a T_{rd-s} %, w_{opt-s} értékre történhet és az egyszerűsített Proctor helyszíni relatív tömörségét már a T_{rw-s} egyszerűsített Proctor nedvességkorrekciós együtthatójának figyelembevételével kell számítani, a mérésakor tapasztalt helyszíni víztartalomra.

A B&C dinamikus tömörség- és teherbírásmérő berendezés kis szoftvermódosítással alkalmassá tehető mindkét tömörségi fok szerinti eredmény megadására. A szükséges ejtésszámok azonban arra figyelmeztetnek, hogy az egyszerűsített Proctor és a

módosított Proctor szerinti munkavégzés közötti különbség igen nagy. A korszerű tömörítőgépek, hengerek teljesítményeit figyelembe véve a kivitelezés várható fejlődési iránya a magasabb tömörítési munkavégzés felé mutat.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1.] Dr. Kézdi Árpád: Talajmechanika I. TK, 1972
- [2.] D. Adam – F. Kopf: Operational devices for compaction optimization and quality control (Continuous Compaction Control & Light Falling Weight Device)
- [3.] EN 13 286-2 Kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú keverékek 2. Vizsgálati módszerek a laboratóriumi viszonyítási térfogatsűrűség és víztartalom meghatározására. Proctor-tömörítés
- [4.] CEN-WA 15 846 Measuring Method for Dynamic Compaction & Bearing Capacity with SP-LFWD
- [5.] EN 13 286-2 Kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú keverékek 2. Vizsgálati módszerek a laboratóriumi viszonyítási térfogatsűrűség és víztartalom meghatározására. Proctor-tömörítés
- [6.] EN 13 286-3 Kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú keverékek 3. A laboratóriumi viszonyítási térfogatsűrűség és víztartalom vizsgálati módszerei. Vibrosajtolás szabályozott paraméterekkel
- [7.] EN 13 286-4 Kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú keverékek 4. A laboratóriumi viszonyítási térfogatsűrűség és víztartalom vizsgálati módszerei. Vibrokalapács
- [8.] EN 13 286-5 Kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú keverékek 5. A laboratóriumi viszonyítási térfogatsűrűség és víztartalom vizsgálati módszerei. Vibroasztal
- [9.] MSZ 15 320 Földművek tömörségének meghatározása radioizotópos módszerrel
- [10.] ÚT 2-2.124 Dinamikus tömörség- és teherbírásmérés kistárcsás könnyűejtősúlyos berendezéssel
- [11.] Metróber: ER-TRG01 Ellenőrzési rendszer próbatömörítések végrehajtására és értékelésére az M7 Zamárdi–Balatonszárszó szakaszán. Mérnöki Eljárási Utasítás. p. 10.
- [12.] Report on usage of Andreas dynamic load bearing capacity and compactness deflectometer, University of Ljubljana, Katedra za mehaniko tal z laboratorijem
- [13.] Comparison of B&C LFWD and sand filling method – Ms. Panarat – Ramkhamhaeng University, Thailand
- [14.] Dr. Pusztai József – Dr. Imre Emőke – Dr. Lőrincz János – Subert István – Trang Quoc Phong: Nagyfelületű, dinamikus tömörségmérés kifejlesztése helyazonosítással és a tömörítőhengerek süllyedésének folyamatos helyszíni mérésével. COLAS jelentés. 2007.
- [15.] Dr. E. Imre – T.Q. Phong – I. Subert: The B&C in site compactness degree test – the basic method
- [16.] Dr. E. Imre: Modellillesztés és modelldiszkrimináció a B&C tömörödési görbe alakjának behatárolására
- [17.] Subert I. – Phong T.Q.: Az izotópos és dinamikus tömörségi fok szórásanalízise 2007–2008.
- [18.] Subert I. – Phong T.Q.: Proctor-vizsgálatok új értelmezési lehetőségei. Mélyépítéstudományi Szemle, 2007.
- [19.] Subert I. – Phong T.Q.: Sűrűségkorrekció alkalmazása dinamikus ejtősúlyos berendezéseknél, 2008.
- [20.] Király Á. – Morvay Z.: Földmunkák minősítő vizsgálatainak hatékonysági kérdései Magyarországon
- [21.] Subert: Method for measuring Compactness-rate with New Dynamic LFWD. XIII. Danube–European Conference on Geotechnical Engineering Ljubljana, Slovenia, 2006.
- [22.] Subert I.: Dinamikus tömörségmérés a hazai autópályákon és városi helyreállításokon. Geotechnika Konferencia, Ráckeve. (2006. október 17–18.)
- [23.] Fáy M. – Király Á. – Subert I.: Közúti forgalom igénybevételeinek modellezése új, dinamikus tömörség- és teherbírásméréssel. Városi Közlekedés, 2006.
- [24.] Fáy M. – Király Á. – Subert I.: Egy földmű-tömörségi anomália feltárása és megoldása. Mélyépítéstudományi Szemle, 2006.
- [25.] Subert I.: Dinamikus tömörségmérés aktuális kérdései. A dinamikus tömörségmérés újabb tapasztalatai, Geotechnika Konferencia, Ráckeve. (2005. október 18–20.)
- [26.] Subert I.: Új, környezetkímélő, gazdaságos mérőeszközök a közlekedésepítésben, Geotechnika Konferencia, Ráckeve. (2004. október 26–27.)
- [27.] Subert I.: A dinamikus tömörség- és teherbírásmérés újabb paraméterei és a modulusok átszámíthatósági kérdései, Közúti és Mélyépítési Szemle, 55. évf. 2005. 1. sz. p. 5.
- [28.] Subert I.: B&C dinamikus tömörségmérés Mélyépítés, 2004 október–december pp. 38–39.
- [29.] Subert I.: B&C – egy hasznos társ. Magyar Építő Fórum, 2004/25. szám p. 36.

SUMMARY

CONVERSION OF COMPACTNESS RATE BETWEEN SIMPLIFIED AND MODIFIED PROCTOR TESTS

In the civil engineering the compactness is the most important quality parameter, apart from bearing capacity. This article presents the conversion method and possibilities of B&C Small-plate Light Falling Weight Deflectometer (SP-LFWD) test results for the compactness rate analysis in accordance with the simplified Proctor test, which is in use e.g. in the German practice. (In Hungary the maximal dry bulk density is taken from the modified Proctor test.) In the presented case study the results of a muddy rock-flour were selected, for which both the simplified and modified Proctor tests were carried out simultaneously. The elaborated method enables the measuring of the on-site relative compactness rate by the B&C SP-LFWD also according to the simplified Proctor test. Considering the performance of the modern compacting machines and rollers, the expected development tendency will show towards the higher compacting work.

VÁLASZ DR. RIGÓ MIHÁLY „JAVÍTHATNÁNK-E AZ ÚJ ASZFALTOS ELŐÍRÁSAINKAT?” CÍMŰ CIKKÉRE

A MAÚT ASZFALTUTAK MUNKABIZOTTSÁGA

1. ELŐZMÉNYEK

A Közlekedéspérféti Szemle 59. évfolyam 4. számában megjelent dr. Rigó Mihály: „Javíthatnánk-e az új aszfaltos előírásainkat?” című cikke, és közvetlen utána „A MAÚT Aszfaltutak munkabizottságának állásfoglalása” c. anyag.

A két írásos anyag között nincs közvetlen kapcsolat. Az állásfoglalás dr. Rigó Mihálynak, a MAÚT vezetéséhez megküldött egy konkrét ügygel kapcsolatos felvetésére adott válasz. Ily módon az olvasó számára állásfoglalásunk félreérthető, sőt a megválaszolatlanság érzetét is keltheti.

Bizottságunk véleménye az, hogy szabályozásaink értelmezésének, javításának egyetlen helyes útja a nyílt szakmai vitákban való részvétel. Ennek megfelelően – valamivel több, mint másfél év óta – számos fórumon (Ütügyi Napok, HAPA-konferenciák, a nagy építőcégek által a közútkezelőknek szervezett szakmai workshopok stb.) igyekezett bizottságunk az európai szabályozásokkal való hazai harmonizációs munkát bemutatni, az új szabályozás filozófiáját és részleteit is ismertetni.

Az új aszfaltos előírások normaszövege 2007. év novemberétől a végleges jóváhagyás előtt széles szakmai körben ismertté vált, a beérkező véleményeket a bizottság megvitatta, a 2008. évi megjelentetésnél figyelembe vette. Különböző fórumokon jeleztük azt is, hogy a bevezetés tapasztalatait figyelembe fogjuk venni a szabályozások következő átdolgozásánál.

Megemlíthető még, hogy 2008. május 15. és ahogy a cikkíró fogalmaz a „2008. évi nagy téli útpérféti szezon” előtt az előírások mindenki számára rendelkezésre álltak, azaz elegendő idő volt az alkalmazásra való felkészüléshez, az esetlegesen fennmaradó kérdések megfogalmazásához.

Mindezek után bizottságunk sajátos helyzetbe került, mert ugyan nyilvánvalóan egyet kell értsen az alkotó kritikával (ezzel nincs is semmi gondja), de a cikk egyes megfogalmazásai, sejtetései, illetve állításai (pl. „az UME által okozott anyagi kár” stb.) lényegesen túlmennek a megengedhető mértéken, sőt személyiségi jogaink területét sértik. A cikk szerzőjének ezen legalábbis el kellene gondolkoznia.

A cikk szakmailag értelmezhető részei ugyanakkor tartalmazznak valós és méltányolható kérdéseket is, ezért úgy döntöttünk, hogy ezekre röviden válaszolunk.

2. MŰSZAKI SZABÁLYOZÁS ÉS MINŐSÉG

Mindenekelőtt tisztázni kell azt, hogy a műszaki szabályozás mennyiben képes a minőséget befolyásolni. Az építési-fenntar-

tási munkákon elért minőség a tényleges használat során mutatkozik meg, ebben a műszaki szabályozásnak jelentős a szerepe, de nem kevés egyéb tényező is befolyásolja ezt.

A bizottság tagjainak mély meggyőződése, hogy az elért minőség a Közútkezelő – Megrendelő – Tervező – Vállalkozó – Műszaki ellenőr (Mérnök) – Fenntartó együttes „teljesítménye”, amit nem egy projekten, hanem a projektek sorozatán keresztül tanúsított következetes, szakmailag és jogilag korrekt együttműködéssel lehet csak elérni.

A bizottság tagjainak személyes tapasztalata az, hogy a ténylegesen jelentkező hibák – amelynek mennyiségét véleményünk szerint indokolatlanul felnagyítják – alapvetően ezen szükséges következetesség mindig tetten érhető hiányából adódnak, műszaki szabályozásaink már csak ezért sem hibáztathatók önmagukban.

Meggyőződésünk az, hogy nemcsak bizottságunk, hanem a MAÚT minden bizottsága örömmel várja és munkájába beilleszti az alkotó kritikát, de nem tisztünk más helyett az elvárható feladatokat elvégezni.

3. AZ ASZFALTKEVERÉKEKRE VONATKOZÓ UNIÓS SZABÁLYOZÁS FILOZÓFIÁJA

A szabályozás filozófiájával kapcsolatban számos publikáció jelent meg a hazai szakirodalomban, ezekre itt nem kívánunk részleteiben kitérni.

Ezen publikációk a szabványokra, az előírásokra vonatkozó sok-sok hivatkozást tartalmaznak, ami persze a szöveg megértését nem teszi könnyűvé, ezért itt most „konyhanyelven” megpróbáljuk a legfontosabbakat összefoglalni.

Az alapelv nagyon egyszerű: ha különböző projekteken hosszú távon jól teljesítő aszfaltkeverék-teljesítményt tapasztalunk, akkor ennek összetételét, az alapanyagokat, a gyártási eljárás meghatározó elemeit rögzítenünk kell. A továbbiakban mint vevő ezt igénylem. Ez tekinthető az empirikus modellnek.

Előfordulhat (és a gyakorlatban sajnos egyre gyakrabban elő is fordul) hogy a külső körülmények (forgalom nagysága, jellege, terhelőabroncsok, felmelegedés, káros emissziók stb.) egyre jobban eltérnek a régebben tapasztaltaktól. Ezért célszerű megadni a lehetőséget arra, hogy ne a receptet rögzítsük, hanem a keverékkel szembeni követelmények közül azokat, amelyek elméleti alapon is valóban jellemzik a keverék deformációs hajlamát, fáradási képességét, adhéziós tulajdonságait stb. Ezeket a tulaj-

¹ A MAÚT Aszfaltutak munkabizottságának tagjai: Balogh Lajos, Bartha Géza, Fülöp Pál, Jencs Árpád, Karoliny Márton, Orbán Balázs, Dr. Pallós Imre, Puchard Zoltán, dr. Vinczéné Görgényi Ágnes.

donságokat konkrét határértékekkel írjuk elő. Ez tekinthető az alapvető (fundamentális) modellnek.

Az európai szabályozás a legnagyobb mennyiségben gyártott és épített aszfaltbeton termékcsoporthoz tartozó esetében azt írja számunkra elő, hogy a két lehetőség között választani kell. Bizottságunk – kellő megfontolás után – a nehezebb, rögzősebb, de a jövőben feltétlenül több hasznot hozó alapvető modellt választotta.

Megjegyzendő, hogy a szabályozás európai szintű továbbfejlesztése egészen biztosan hoz további változásokat, de ezek megalapozásához megfelelően értékelhető adathalmaznak kell összegyűlni. Jelenleg egész Európa velünk együtt ebben a stádiumban van.

Ahhoz, hogy megfelelő aszfaltkeveréket tudjunk előállítani, a következők szükségesek:

- kell egy igazolt keverék-összetétel, ezért kell típusvizsgálatot készíteni,
- kell egy alkalmas (megfelelő gyártási képességekkel rendelkező) keverőtelep,
- kell egy olyan – vizsgálatokon alapuló – ellenőrző rendszer, ami a gyártás során szükségképpen bekövetkező ingadozások nagyságát méri és előírja a beavatkozást.

Ezt szolgálja az üzemi gyártásközi ellenőrzési rendszer.

Az európai szabályozás lényegében az aszfaltkeverékekre vonatkozóan ilyen módon ad eljárásokat és módszereket. Lehet, hogy az alábbi illusztráció nem illik egy szaklap hasábjaira, a megérthetőség érdekében mégis érzékeltetjük az európai előírások lényegét egy köznap párhuzammal.

Gondoljunk arra, hogy amikor egy kellemesnek ígérkező vacsorára egy vendéglőbe betérünk és az étlapról választunk, akkor a háttérben hasonló rendszerek működnek. Ezek előírják és biztosítják a beérkező nyersanyagok megfelelő vizsgálatát, tárolását, előkészítését, a higiénés feltételeket stb. Ugyanígy szabályok rögzítik az egyes adagok tömegét, a szükséges körítések mennyiségét stb. Ezzel mi vevőként alapvetően nem törődünk és nem is feladatunk, vannak erre megfelelően felhatalmazott ellenőrző intézmények.

Ugyanakkor elvárjuk, hogy például a steak angolosan legyen elkészítve, a fűszerezésre is lehetnek igényeink. Ha mindezt nem tudják biztosítani, felállunk és egy másik vendéglőt keresünk, vagy ha a kihozott étel érzékszervi vizsgálatunknak nem felel meg, akkor visszaküldjük, adott esetben a panaszkönyvbe is beírunk. Amennyiben az ételtől esetleg megbetegszünk, az orvos hivatalból felszólal (tehát nem is kell tennünk semmit) és elég nagy valószínűséggel még kártalanításban is lesz részünk.

Normál esetben mindezen „intézkedések” hosszabb távon azt eredményezik, hogy rendszeresen meg leszünk elégedve.

Természetesen lehet mondani, hogy az aszfalt nem étel, de a rendszerbeli hasonlóságokat aligha lehet tagadni.

Az aszfaltkeverék esetében a Megrendelőnek még további eszközei is vannak:

- az egyik a keverék-összetétel átadási vizsgálatai. Itt megjegyzendő, hogy jelentős szigorodást hozott az új szabályozás, a részletekbe most ne menjünk bele,
- a másik a szavatosság/jótállás intézménye, ami megfelelő jogi háttérrel ad a megrendelői érdekérvényesítésnek,
- a harmadik lehetőség az egyes nyomvonal jellegű építmenyiszerkezetek kötelező alkalmassági idejéről szóló együttes miniszteri rendelet.

Az a tény, hogy a helyszínen vett minta összetétele (megfelelő tűrésekkel) megfelel a típusvizsgálat egyes értékeinek, kellő garancia arra, hogy a keverék az igazolt típusvizsgálati követelményeket teljesíti, amennyiben később mást tapasztalunk, akkor a megfelelő jogi lépések megtétele szükséges.

A megfelelőség igazolása jogszabály alapján a Vállalkozó feladata, az abban valótlán eredmények közlése pedig a büntetőjog tárgykörébe tartozik, személyes felelősséggel jár, ez pedig a társaságra mint kötelezettre vonatkozó polgári jogi következményeket nem mérsékl.

Az aszfaltkeverék-gyártás európai szabványokban, előírásokban megfogalmazott megfelelőségértékelési rendszerének a lényege, immár nem konyhanyelven kifejtve az alábbi:

Az építési termékekre (mint amilyen az aszfaltkeverék) vonatkozó alapjogszabály az 1988. december 21-én kiadott 89/106. EKG Irányelv több mint húsz éves. Hazánkban e tárgyban az alapvető jogszabály a 3/2003. (I. 25.) BM–GKM–KvVM együttes rendelet. Ez tartalmazza az építési termékek műszaki követelményeinek, megfelelőségigazolásának, valamint forgalomba hozatalának és felhasználásának részletes szabályait.

Az aszfaltkeverékek szabványkövetelményeknek való megfelelőségét a gyártónak egyrészt az MSZ EN 13 108-20 szerint végzett első típusvizsgálattal, amelyet a keverőtelepi gyártást követően kell érvényesítenie (validálnia), másrészt az általa az MSZ EN 13 108-21 szerint végzett üzemi gyártásellenőrzéssel, beleértve a termékértékelést, kell bizonyítania. Ez a gyártás-ellenőrzési rendszer nem más, mint az ISO 9001 szabványban leírt minőségirányítási követelmény-rendszer, az aszfaltgyártási sajátosságokat is magába foglalva. Ezt a gyártónak kell létrehoznia, folyamatosan e szerint kell működtetnie és az arra feljogosított szervezettel tanúsíttatnia is szükséges. Az üzemi gyártásellenőrzés folyamatos felügyeletét, értékelését, jóváhagyását és tanúsítását az illetékes magyar minisztérium kijelölésével és az Európai Bizottság bejegyzésével rendelkező, a tevékenység végzésére felkészült, NAT által akkreditált szervezetek végzik.

A gyártás-ellenőrzési rendszer alapja az alapanyagok, az összetétel és a keverék mintavétellel és laboratóriumi vizsgálattal való ellenőrzése. Nem foglalja magába az aszfaltkeverékek teljesítményi jellemzőinek, mechanikai tulajdonságainak (pl. keréknyomvályú vizsgálata) folyamatos figyelemmel kísérését. A gyártás során a típusvizsgálatban (ill. keveréktervben) meghatározott aszfaltösszetételt kell a szabványokban megengedett eltéréseken belül biztosítani. Amennyiben az összetétel a gyártás során a szabványokban megengedett értékeken belül változik, úgy kell tekinteni, – anélkül, hogy vizsgálánánk, – hogy az aszfalt mechanikai paraméterei is teljesülnek. Az aszfaltkeverék megfelelőségigazolása az európai aszfalt termékszabványban előírtak alapján kötelezően 2+ rendszer szerint történik. Az aszfaltkeverék megfelelőségi nyilatkozatát a szabványban rögzített tartalommal a gyártó adja ki.

Az új aszfaltos műszaki előírások az előbbiekből röviden összefoglalt európai előírások alapján készültek és az európai szabványoknak 100%-ig megfelelnek.

4. VÁLASZOK A KONKRÉT KÉRDÉSEKRE

A továbbiakban a cikkíró kérdéseit esetenként rövidítetten fel elevenítve adjuk meg konkrét válaszainkat.

– *Ad a) és ad b) Milyen jellemzők találhatók egy hasonló célú francia, német, esetleg osztrák előírásban? Nem jelenhetne meg ezekről egy cikk a Szemlében?*

Az érdemi szabályozási munka során egyedül az osztrák előírások belső használatú tervezetei álltak rendelkezésünkre. Ma már mindhárom említett ország előírását természetesen ismerjük, Ezek a szabályzatok hasonlóak (az európai szabályozás túl nagy mozgásteret nem engedett) és megállapítható, hogy a mi szabályozásunk inkább a szigorúbb oldalon van.

A Bizottság foglalkozik azzal a gondolattal, hogy néhány külföldi előírást a magyar előírással összehasonlító módon fog ismertetni, még akkor is, ha ez egy olyan többletmunka ami külön kapacitásokat igényel.

– *Ad c) Nem lehetne az 5–7. táblázatok címéből kihagyni a tervezési jelzőt?*

Nem, mert ezen táblázat az aszfaltkeverékek tervezésére vonatkozik, amelynek eredménye több lépcsőn keresztül egy keverékterv és az a gyártási utasítás, amely alapján a keverék gyártása történik.

– *Ad d) „Nem lehetne a táblázatok után egyértelműen beírni azt, hogy a bennük lévő értékeket be kell tartani?”*

A kérdés eleve értelmetlen, mert ha a táblázat értékei a tervezésre vonatkoznak, akkor evidens, hogy azokat be kell tartani.

Lehet, hogy furcsa hasonlattal élünk, de hazánkban az utolsó tíz év legnagyobb tömeges beruházása volt mintegy 1 millió új személygépkocsi megvásárlása kb. 2500 milliárd forint értékben. Ezen üzletek megvalósulása (átadás-átvétel) során egyetlen vizsgálat eredményét nem adták át a vevőnek, és a vevő sem készítetett (ellenőrző) vizsgálatokat. Ennek ellenére a jótállási rendszer kifogástalanul működött akkor is, ha a vevő nem szólalt fel, lásd például a visszahívásokat.

Ha van egy világos, korrekt és következetes munkával kialakított piaci környezet (az aszfaltkeverékek esetén az európai szabályozás lényegében ezt kívánja elérni azzal, hogy termékként definiálja azt), akkor a vizsgálatok funkciója a vevő oldaláról érdeklenné válik, a vállalkozónak viszont létkérdés az, hogy tudja, hogy jót produkál, tehát szükségképpen fog vizsgálatokat végezni és ennek alapján meg fogja tenni a szükséges helyesbítéseket.

A fenti „piaci környezet” jelzős szerkezet viszont korrekt tervezést, reális követelményeket (pl. a meteorológiai viszonyok figyelembe vétele, határidők stb.) és még sok más is igényel, Ez nem egyedül a műszaki szabályozásokat készítő bizottság feladatköre!

– *Ad e) Nem lehetne felsorolni azokat a jellemzőket értékekkel együtt, amelyeknek a jótállási idő végéig igaznak kell lenni, teljesülnie kell?*

Ez a kérdés nagyon lényeges, a válasz egyértelmű igen, kellene olyan jellemzőket megfogalmazni, amik egy definiált időtartamon belül a „megfelelő használati alkalmasság” követelményeit tartalmazzák. Ehhez azonban azt is tudni kell, hogy ilyen követelményeket úgy csak „általánosan” megfogalmazni nemigen lehet, ez konkrétan egy-egy projekt esetére lehetséges.

Léteznek is hazánkban ilyen előírások például a koncessziós autópályák esetében. Ezekről több publikáció is megjelent, sajnálatos, hogy a szakma érdeklődése ezek iránt viszonylag csekély. Jelen válasz terjedelmi kereteit meghaladja ezen kérdés részletes kibontása, csak annyit jegyzünk meg, hogy egy ilyen – konkrét projektekre vonatkozó – előírárendszer ugyan nem túl bonyolult, de az a munkamenynység, amivel a teljesíthetőség megalapozható (pályaszerkezet-állapot feltárása, méretezés, keveréktechnológiák különböző változatai stb.) különleges felszereltséget és nagy szakértelmet kíván. A kérdés egyébként egy publikáció témája lehetne.

– *Ad f) Ha ezeket leírnánk nem lehetne e kihagyni a 10. oldal alján lévő „validálásra”-ra vonatkozó bekezdést, mint ezek után felesleges kikötést?*

Az e) pont alatt adott válaszainkból következik, hogy ilyen változtatást nem tartunk helyesnek, továbbá az EN-szabványok a validálást előírják.

– *Ad g) Így van ez a franciáknál, németeknél és osztrákoknál is? (Megjegyzés: g) ponttól a kérdések a rétegekre vonatkoznak.) Igen így van.*

– *Ad h) Helyes, hogy a 13. táblázat csak a hézagtartalom-többlet miatt szankcionál?*

Helyes, mert a felső határ betartása egyrészt a fáradási tulajdonságok megfelelésével, másrészt a burkolati vízmozgások kizárásával (csökkentésével) párosul. A cikkíró nem mondja ki, de a szövegből kiderül, hogy számára az alacsony (tervezetnél alacsonyabb) hézagtartalom a nem megfelelő deformáció-ellenállási képességet jelentheti, ez a vélekedés azonban nem helyes. Egyébként meg egy „szilvalekvár” összetétel nyilván jelentősen különbözni fog a validált típusvizsgálat összetételétől. E kérdés kapcsán is megemlíthjük még, hogy Ausztria, Németország és Franciaország is a hézagtartalom felső határának túllépését szankcionálja.

A cikkíró a 302-es előírás „legkártekonnyabb” mondatának azt a mondatot tekinti, hogy nem megfelelőnek kell tekinteni a megépült aszfaltréteget azon szakaszon, amelyen a 3.1. – 3.8. pontokban felsorolt valamelyik követelmény nem teljesül. Ez a cikkíró megállapítása. Most mi kérdezzük meg azt, hogy elképzelhető, hogy az előírások készítői más országokban is „kártekonny előírásokat” készítenek?

A cikkíró ezen megállapításához csatlakoznak még az i) és a j) pontokban feltett kérdések is.

– *Ad i) és ad j) ... „Nem lehetne azt leírni, hogy a nyomvályúhajlam-vizsgálatot el kell végezni mind a műszaki átadás-átvétel időpontjában is és a jótállási időszak végén is, ...?”*

Természetesen elő lehet írni, csak nincs semmi értelme, mert a jótállási időszak végén a felület vagy nyomos, vagy nem, értelmetlen külön vizsgálni. Az utóbbi nem kevés évben az új pályaszerkezetek esetében (pl. gyorsforgalmi utakon) gyakorlatilag nincs nyomosodási probléma, repedések viszont vannak. A felújítási munkáknál jelentkező nyomosodások az esetek döntő hányadában nem a keverékre, hanem az átgondolatlan előkészítésre, tervezésre, kötőanyag-megválasztásra (ami megrendelői feladat!) a nem megfelelő feltárára és a következetes javítási kikényszerítés elmaradására stb. vezethetők vissza. Ezeket viszont nem lehet kizárólag a keverékre vonatkozó szabályozással „kezelni”.

– *Ad k) Ha kiderül, hogy valami miatt az aszfaltréteg vékonyabb a megengedettnél, akkor miért fizetünk úgy, mintha a megrendelt nagyobb vastagsággal készült volna el. ...?*

A vastagság helyenkénti csökkenése véletlenszerű, ami minden tömegszerű gyártási, építési folyamatnál előfordul. Ha a Vállalkozó tudatosan kisebb vastagságot akar építeni, akkor nemcsak azt a kockázatot vállalja fel, hogy minőségcsökkenést (értékcsökkenést) lesz a teljesítése, hanem azt is, hogy selejtet építhet. Ha kivételes esetekben (elsősorban új pályaszerkezet építésénél) mégis eléri azt, hogy átlagosan egy-két mm vastagságcsökkenést úgy produkál, hogy egyetlen mintavételi szakaszon sem fordul elő tűréshatár alatti vastagságcsökkenés, akkor az ilyen produktumot nem elmarasztalni kell. Egy jól képzett Mérnöknek ehhez a kivételes esethez, ehhez az „extraprofithoz” egyenesen gratu-

lálnia illene! Ez ugyanis azt jelenti, hogy a Vállalkozó jól képzett, rutinos kivitelező.

Miután a vastagságra vonatkozó szabályozásunk több mint egy évtizede (vagy például Németországban hosszú évtizedek óta) bevált, nem tartjuk célszerűnek a változtatást, de cikk írójától megkérdezhetjük még azt is, hogy ezt hosszú időn át miért nem kifogásolta?

– *Ad l) Nem lehetne-e az ütügyi előírásba betenni szabványosított, előregyártott mintavételi és minősítési terveket?*

Lehetne, de sokkal inkább a tervek megfelelő fejezetei azok, ahová ez való, lásd még a következő pontot. A mintavételi és megfelelőségigazolási tervek formanyomtatványt csak nagy általánosságban lehet készíteni. Ezek általában projektfüggő dokumentumok. A kivitelezői laboratóriumok egyébként is általában rendelkeznek olyan szoftverekkel, amivel a mintavételi és megfelelőségigazolási terveket el lehet készíteni.

– *Ad m) Nem lehetne-e érvényt szerezni annak, és beírni az előírásba, hogy a kivitelezői teljesítés vége ne a műszaki átadás-átvételi eljárás kezdete, hanem a jótállási időszak vége legyen?*

A kérdést magas szintű jogszabály, a 290/2007. Kormányrendelet rendezi. Bizottságunknak jogalkotásra nincs kompetenciája. A kérdésre ez a jogszabály egyébként kitér, azaz a minőség definiálását egyértelműen a tervdokumentáció szerkezetébe utalja, azt ott kell megoldani.

– *Ad n) ... „be lehetne-e az ÚME-ba írni: A megrendelő a megfelelőség igazolásának ellenőrzésére megrendelői ellenőrzői vizsgálatokat köteles végeztetni, melynek...”?*

Ez is jogalkotási kérdés, bizottságunknak miniszteri rendelet módosítására sincs kompetenciája.

– *Ad o) Mit is akarunk mi ezek után? Kinek készültek tulajdonképpen ezek az ÚME-k?*

A tartósságra vonatkozóan pontos iránymutatást még az európai szabványok sem adnak, nyilván azért, mert az előzőkből is kikövetkeztethető módon általános érvénnyel ilyenek nem adhatók meg.

4. ZÁRÓ MEGJEGYZÉSEK

A szabványok, a műszaki előírások elvileg lehetnek jók, avagy rosszak, némi ironiával szólva az a köztudott, hogy mindenki számára megfelelő előírás nincs. Aszfaltos műszaki előírásaink egy európai koncepció alapján készültek, ezért a keretelőírások által szabta szabályozási elemektől elvileg nem lehetett, és nem is akartunk eltérni. Ezt tették más európai országok szakbizottságai is. Az európai uniós országokban szinte egy időben dolgozták ki a nemzeti alkalmazási dokumentumokat. A mi előírásaink 2007 végére készültek el és 2008. május 15-én váltak hatályossá. A formailag 2007. évi kiadású német TL-Asphalt és ZTV-Asphalt előírásokat (amelyek ugyancsak 2007 év végére készültek el) például hivatalos érvénnyel csak 2008. szeptember 19-i dátummal adták ki. Természetesen bizottságunk „multi” – és „nem multi” tagjainak voltak információi a más országokban folyó munkákról, teljes részletességgel azonban 2008. év végétől ismerjük a külföldi előírásokat.

Így hát 2009. év elején biztosan válaszolhatunk is a cikkben feltejt kérdésre; „Így van ez a franciáknál, a németeknél és az osztrákoknál is?” Válaszunk egyértelmű, igen, így van. Előírásaink jól beilleszkednek ezen országok előírásai sorába, a minőség szabályozása, a megfelelőségtanúsítás Európa országaiban – köztük hazánkban – az aszfaltokat illetően gyakorlatilag azonos.

Ez év elejétől bizottságunk által végzett munkák alapvető célja az volt, hogy a meglévő ütügyi műszaki előírásainkat most csak oly módon korrigáljuk, hogy azok minél pontosabb, minél egyértelműbb szabályozásokká váljanak. A 2008. évi (alap) változathoz képest különösebb újdonságokat a várhatóan év végén megjelenő módosított előírásaink nem fognak tartalmazni, mert annak szükségességét immár több külföldi előírás ismeretében sem érezzük. A bizottságban ma egyedül arról folyik még vita, hogy a rétegek tapadására vonatkozó követelményeket a német előírás-hoz hasonlóan kibővítsük-e, annak ellenére, hogy ide vonatkozó hazai tapasztalat szinte alig van. Ennek szükségét az támasztja alá, hogy főleg a felújítási munkáknál a mart felület minősége, szennyezettsége sokszor kritikán aluli, vagy az aszfalthálók és aszfaltrácsok használata sok esetben elvtelen. Ez utóbbiak az esetek többségében nem képesek a nekik elvileg szánt erősítő funkciót ellátni, sokkal inkább az együttdolgozást csökkentik, ezzel korai tönkremeneteleket okozva. Ezért nem csupán és nem is elsősorban a kivitelező felelős.

A szerző mintegy „slusszpoénként” a tartósság követelményével kapcsolatban tesz enyhén szólva is epés megjegyzéseket; „mit is akarunk mi ezek után? Kinek készültek tulajdonképpen ezek az ÚME-k?” Bizottságunk ezen a megjegyzésen érdemben is elgondolkodott. Ezért a tartóssági követelményre vonatkozó rövid mondatot („Külön követelmény nincs”) az egyes előírásokból töröljük. Ez a mondat valóban nem fejezi ki jól azt, hogy a garanciális kötelezettségen túlmenően extra követelmény általánosságban nem támasztható. Ehelyett most majd pontosan hivatkozunk az aszfaltkeverékekre vonatkozó EN-szabványok ide vonatkozó pontjára. (Sajnos ez a hivatkozás sem mond túl sokat.) A különféle aszfaltkeverékekre vonatkozó kétnyelvű svájci (tehát nem európai uniós) szabványokban az „Alapelvek” fejezetben olvashatjuk az alábbiakat: „A szabvány betartásán túlmenően a szakmai tapasztalat szükséges feltétel ahhoz, hogy olyan burkolatok épüljenek, amelyek jó tartósságúak és az utazásbiztonsági követelményeket megfelelően teljesítik.”

Ezt a mondatot persze folytatni is lehetne, például úgy is, hogy ez a tapasztalat kettős követelményen, sőt kétszintű követelményen kell (kellene) alapuljon, nevezetesen azon, hogy a kivitelezőhöz képest a tapasztalatokból a megrendelő oldalán kellene hogy több tudás felhalmozódjon. Ez valóban fontos nemzeti érdek kell legyen.

SUMMARY

RESPONSE TO AN EARLIER ARTICLE APPEARED IN THIS JOURNAL (DR. MIHÁLY RIGÓ: SHOULD OUR NEW ASPHALT SPECIFICATIONS BE IMPROVED?)

The authors (members of MAÚT asphalt workgroup) created the Hungarian National Application Documents regulating asphalt industry that complies with the new European standards. The article clearly explains the new Hungarian specifications comply with both the national experiences and other European specifications (primarily the Austrian, German, French). Most critical comments are result of lack of knowledge and subjective judgement. Authors give professionally grounded answers for the specific problems in the article. Nevertheless the workgroup expects the comments and professionally based critics of the entire road construction craft in the favour of improving the specifications in the future as well.

A NEMZETKÖZI ALAGÚTÉPÍTŐ EGYESÜLET 35. VILÁGKONGRESSZUSA BUDAPESTEN

DR. KELETI IMRE¹

A Nemzetközi Alagútépítő és Földalatti Terek Egyesület (International Tunneling and Underground Space Association, a továbbiakban ITA) 35. világkongresszusát 2009. május 23–27 között Budapesten tartotta. Az ITA 1974-ben alakult meg, az Egyesült Nemzetek EGB-től kapott nem Kormányközi Szervezet minősítéssel. Jó kapcsolatokat épített ki és tart fenn az Európai Unióval, az Ütügyi Világszövetséggel (PIARC) és a Nemzetközi Ütügyi Szövetséggel (IRF). Jelenleg 54 nemzeti egyesületi, 280 cég-rangú, illetve egyéni tagja van. A ITA magyar tagja a Magyar Alagútépítő Egyesület (Hungarian Tunneling Association, HTA) az 1994-ben létrehozott Egyesület Földalatti Terek Hasznosítására nevű szervezetből 2005-ben névváltozással alakult meg. Jelenleg a HTA-nak 42 egyéni és 36 testületi tagja van.

A VILÁGKONGRESSZUSRÓL ÁLTALÁBAN

Az ITA 35. Világkongresszusán 51 államból közel 1000 regisztrált delegátus vett részt, 12 témakörben 75 előadás hangzott el és 173 munkát poszteren mutattak be. Az alagúttervezéssel, alagútépítéssel kapcsolatos termékeit, technológiáit, tervezési, kivitelezési, ellenőrzési képességeit, gépeit és felszereléseit 64 kiállító mutatta be.

A kongresszus 12 téma köré csoportosította a műszaki szekció-ülések munkáját. Ezek:

- 1) Kockázatelemzés, finanszírozás és szerződéses kapcsolatok rendszere
- 2) Geológiai és geotechnikai feltárás
- 3) Alagútépítés lágy talajokban, löttbetonos módszerrel
- 4) Nyílt (cut and cover) építési módszer
- 5) Gépesített alagútépítés
- 6) Megfigyelés, süllyedés ellenőrzés
- 7) Minőségszabályozás és biztosítás
- 8) Különböző létesítmények (raktározási létesítmények, kutatás és fejlesztés stb.)
- 9) Építészeti tervezés, szerkezettervezés, és irányítási-vezetési politika
- 10) Város, alagút, környezet és biztonság
- 11) Fenntartás, javítás és rehabilitáció
- 12) Különleges alagutak (hosszú alagutak)

A kongresszus első két napján (május 23–24.) a Közgyűlés tartotta ülését és a 12 munkacsoport üléseire került sor. Május 25-én volt a nyitó plenáris ülés, aminek levezető elnöke Kocsonya Pál, a HTA elnöke volt. Az ülésen felszólalt dr. Csepi Lajos, a Közlekedési, Hírközlési és Energiaügyi Minisztérium szakállamtitkára, üdvöszölve a kongresszust és tájékoztatva azt a magyar közlekedési infrastruktúra alagútépítési aspektusairól és az ország energia-politikájának fő összefüggéseiről. Május 25. délutántól 27. délutánig a műszaki szekciókban folyt a munka. A záró plenáris ülés 27-én késő délután volt. A kongresszus után, május 28-án öt műszaki kirándulásra került sor. Ebből három a budapesti 4. met-

róvonal munkahelyeit, egy az M6 alagút-építési munkahelyeit, egy pedig a Bataapátiban épülő nukleáris hulladéklerakó építési munkáit kereste fel.

A MAGYAR RÉSZVÉTEL

A magyar részvételt 8 témában 18 szóbeli és 4 poszter előadás jellemezte, amik a bemutató szerzőkön kívül még 32 szerzőtárs munkáját is fémjelezték (1. táblázat).

Az előadások közül

- nyolc a budapesti 4. metróvonal építésével,
 - három az M6-os autópálya alagútjainak tervezésével,
 - három az alacsony és közepes veszélyességű radioaktív hulladékokat tároló, Bataapátiban épülő létesítmény építésével,
 - egy a városi alagutak tervezésével,
 - egy geofizikai kérdésekkel,
 - négy alagutak méretezésével,
 - egy az alagúti szerkezeti betonok hősokk-viselő képességével,
 - egy projektismertetéssel
- foglalkozott. Ezek közül tíz olyan előadást mutatok be, amely felfogásom szerint az alagúttervezéssel és -építéssel közvetlen kapcsolatban nem álló hazai mérnöktársadalom figyelmére is érdemes.

Balog Zsolt (UVATERV) előadásában a budapesti 4. metróvonal építést mutatta be. Általános ismereteket közölt az összesen kerekén 10 km hosszúságúra tervezett, 7 km-es I. (Kelenföldi pu. – Keleti pu.) és 3 km-es II. ütemű (Keleti pu. – Bosnyák tér) megvalósítással elgondolt vonalról, annak vonalvezetéséről, keresztmetszeti kialakításáról, talajviszonyairól, a Duna alatti átvezetéséről. Bemutatta az I. megvalósítási szakaszon alkalmazott építési módokat, nevezetesen a vonal-alagutak elkészítését két alagútfúró (TBM²) géppel, a résfalas technológia alkalmazását a nyílt építési móddal épülő, doboz szerkezetű állomásoknál, a löttbetonos külső biztosítóhéjat alkalmazó bányászati módszereket a szellőztető alagutak, az állomási kihúzó és keresztező műtárgyak, a vonalalagutak kapcsolati műtárgyai építésénél, a TBM-ek átvezetését a szerkezeti kész állomásokon. Az előadás

- kiemelten foglalkozott a doboz szerkezetű állomásokkal, különösen a 40 m mély Szt. Gellért téri szerkezettel,
- beszámolt az építés előrehaladási helyzetéről 2008. őszi állapothoz képest,
- általánosítható következtetéseket foglalt össze a tervezés és a kivitelezés terén.

Frigyik László (EUROMETRO) és Hannes Ertl (D2 Consult, Ausztia) egy szóbeli és egy poszter előadást szenteltek a budapesti 4-es metró építése során eddig felmerült nem várt események elemzésére, a tanulságok levonására és az ilyen események jövőbeli elkerülése érdekében foganatosítani célszerű intézkedések meghatározására.

¹ Okleveles mérnök, okleveles gazdasági mérnök, egyetemi doktor, az ALAGÚTTERV Kft., valamint az ORKA Mérnöki Tanácsadó Kft. partnere és ügyvezetője.

A szerző tagja volt a Kongresszus Tudományos és Válogatási Bizottságának.

² Tunnel Boring Machine, azaz alagútfúró gép.

1. táblázat: A konferencia előadásai

Előadó és társzerzők		Az előadás		
neve	által képviselt cég	címe	téma csoportja	témája
Balogh Zsolt	UVATERV	A budapesti 4. metróvonal építése	10)	Budapesti 4-es metró
Kaltenbacher Tamás, Deli Árpád, Havas Péter	Hídépítő-Soletanche Bachy Deep Foundation Ltd Hungary	A Budapest Gellért téri és Fővám téri metró mély-állomások részalai viselkedésének megfigyelése és elemzése	6)	
Frigyik László, Hannes Ertl	EUROMETRO Kft., D2 Consult	A budapesti 4-es metróvonal építése során támadt nem várt események és balesetek bemutatása és elemzése, tanulságok.	6)	
Frigyik László, Hannes Ertl	EUROMETRO Kft., D2 Consult	Megelőző intézkedések a nem várt események kezelésére a budapesti 4-es metróvonal építésén	P8)	
Fridrich Gyula, Zsilák-Makra András	Swietelsky Magyarország Kft.	A budapesti 4-es metró Kálvin téri és Bocskai úti állomásainak építése	4)	
Kántor Ervin	Hídépítő Zrt.	A budapesti 4-es metró Fővám téri állomása építésének kihívásai	4)	
Klados Gusztáv, Martin Smith	Budapest 4-es Metró Projektigazgatóság, SIA MD Matrics Con. Ltd.	Nagy földalatti munkák fő témái nemzetközi perspektívából	1)	
Kovács Árpád, Horváth Ferenc	Swietelsky Magyarország Kft.	A 4-es metró Rákóczi téri állomása	4)	
Keleti Imre, Fábián Miklós, György Pál	ALAGÚTTERV Kft.	A magyarországi autópálya-hálózat első alagútjai	8)	M6 alagútjai
Grabarits József	UNITEF'83 Zrt.	Alagutak az M6-os autópálya Bátaszék–Bóly szakaszán	3)	
Szilvágyi László, Kleb Béla, Szepesházi Róbert	Geoplan Kft., BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, Széchenyi István Egyetem	Az M6 Szekszárd–Bóly szakaszán épülő első magyarországi autópálya-alagutak geológiai és geotechnikai kondíciói	2)	
Hideg József, Benkovics István, Csicsák József	Mecsekérc Kft.	A bátaapáti alacsony és közepes veszélyességű radioaktív hulladéktároló alagútépítési munkái	8)	Bátaapáti radioaktív hulladéktároló
Kovács László, Vásárhelyi Balázs	Körmérő Kft., Vásárhelyi és Társai Kft.	Geotechnikai és kőzetmechanikai kutatások a magyarországi alacsony és közepes veszélyességű radioaktív hulladéktároló előkészítéséhez	2)	
Megyeri Tamás, Váró Ágnes, A. Lowson	Mott MacDonald Magyarország Kft. és Mott MacDonald UK Ltd.	A bátaapáti alacsony és közepes veszélyességű radioaktív hulladéktároló megközelítő alagútjainak utóelemzése	P8)	
A. H. Thomas, Czeglédi Ádám, Kandi Előd, Wolf-Győri Mónika	Mott MacDonald Magyarország Kft.	Fejlett matematikai alapon álló modellezés az alagúttervezésben. Egy jelentős projekt példája az Egyesült Királyságban	3)	Alagutak szerkezeti méretezése
Forgó Lea Zamfira, Megyeri Tamás, B. O'Donoghue	Mott MacDonald Magyarország Kft. és Mott MacDonald UK Ltd.	Esettanulmány a fejlett matematikai alapon álló modellezés tervezésben való alkalmazásáról. A Heathrow Airport (Egyesült Királyság) csomagtovábbító alagútja	9)	
Megyeri Tamás, Benő Botond, D. Rutherford, O.P. Singh, P.K. Grag, A.D. Shah	Mott MacDonald Magyarország Kft.	Integrált süllyedéselemzés és alagúttervezés a Delhi repülőtérre vezető expressz metróvonalhoz	P6)	
Léber Tímea, A. Thomas, Ana Obradovic	Mott MacDonald Magyarország Kft.	Sekély vezetésű löttbeton falazatú alagút méretezése	P3)	
Fehérvári Sándor, S. G. Nehme	BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék	A beton összetevőinek hatása az alagútfalazatok hőszokk-viselő képességére	10)	
György Pál, Fogarasi István	Consultant Kft, KENAIKAN Contracting Ltd.	Értékes földalatti terek, a várostervezés elsőrendű témái valamint városi alagutak építészeti és szerkezeti tervezése	10)	Városi alagutak
Törös Endre, Prónay Zsolt	Eötvös Lóránd Geofizikai Intézet	A kőzetek geofizikai jellemzése földalatti fejtésekhez.	2)	Geofizika
Nyíregyházi Tamás, T.H. Alun, J. Kröyer	Mott MacDonald Magyarország Kft.	Alagútépítés mesés méretekben. A Kárahnyúkar vízierőmű projekt	12)	Projekt ismeretetés

A szerzők leszögezik, hogy nem várt események az alagútépítés során

- akárhol és akármikor bekövetkezhetnek,
- megfelelő előkészületek szükségesek az ilyen események megelőzésére,
- a megelőzés a hatékony megoldás.

A 4-es metró építésének első két évében három nem várt esemény következett be. Ezek:

- a Tétényi úti állomás szellőztető alagútjának beomlása annak fejtése során,
- hasonló esemény a Rákóczi téri állomáson;
- a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Ch jelű épületének a vártnál nagyobb mértékű süllyedése.

Ad a) Az esemény 2007. 07. 04-én következett be. Az ok: a mozaikos kiscelli agyag tulajdonságát figyelme kívül hagyó külsőhéj-építési mód a bányászati módszerekkel hajtott járatban, a horgonyzás elhanyagolása és a kellelénél vékonyabb löttbeton réteg felvitele. A beomlás a felszínig hatolt és ott kiejedése 200 m²-es volt. Az omlás térfogata 1000 m³-re volt tehető. Az esemény során személyi sérülés nem történt.

Ad b) Az esemény 2008. 04. 07-én történt. A szellőzőalagút pilot alagútjából gyűrűzárási kész 6 m-es szakaszának kalotjába minden előzetes jel nélkül nagynyomású víz tört be, agyagot, majd később homokos kavicsot mosva be az üregbe. A beomlás a felszínig hatolt, összetörve az útburkolatot. Az eseményt valószínűleg az a talajfeltárási fúrás okozta, amelyet a pilot alagúthoz hajtottak le 8,5 m-re és befejezése után nem zártak le megfelelően.

Ad c) A BME téglaszerkezetű Ch épülete – egyébként a Világörökség része – süllyedése 2008 októberében érte el az első (50 mm), majd 2009 februárjában a második (60 mm) figyelmeztetési szintet. Az alaptestek alatti homokoskavics rétegben a Duna vízének gyakran változó szintje volt mérhető, ami károsan hatott a réteg teherbíráására. Ezért a süllyedések felgyorsultak és 2009 januárjában a süllyedéskülönbségek aránya meghaladta az 1:1000-es mértéket. A jelenséget az épület alatt bányászati módszerrel épülő alagútszakasz szigetelésének és belső héjának gyorsított ütemű építésével lehetett ellenőrzés alá vonni.

A három esemény értékeléséből a szerzők arra a következtetésre jutottak, hogy

- a jelenségek a tervezés alacsony színvonala, a kivitelezés választott módszere, emberi hibák, a felületes ellenőrzés együttesének következményei voltak. Az események alapos tervezés és szigorú ellenőrzés révén elkerülhetők lettek volna.
- A kivitelezőknek minden munka megkezdése előtt Biztonsági Akciótervet kell készíteni, ahogy azt a Független Mérnök korábban is igényelte. Az események következményeit elhárító intézkedések egyébként megfelelőek voltak.
- A váratlan események elkerülésének legjobb módja az alapos tervezés, kockázatelemzés, állandó ellenőrzés összehangolt gyakorlata.
- A projektirányításnak centralizálnak, hierarchikusnak, külső érdekek hatásaitól mentesnek kell lennie.
- A projektirányítás fontos eszköze a kockázatelemzés. A nem várt események elkerülésére való felkészülés alapvető eleme a határidőn és költség-előírányaton belüli megvalósításnak.

Keleti Imre, Fábián Miklós, György Pál közösen jegyzett előadása az autópálya-tervezés Magyarországon először alkalmazott új szemléletű módja folyamatát ismertette, aminek eredményeként az M6 autópálya Szekszárd–Bóly szakaszán a bátaszéki és véméndi csomópontok közötti kereken 10 km-es dombvidéki terepen négy alagút építését írta elő az építési engedély. A szóban forgó terepszakasz a Geresdi-dombság, amelyet az M6 szempontjából annak vonalára merőleges lefutású dombok és völgyek sorozata jellemez. Az autópálya földművének rutinszerű megtervezése 40-50 m mély bevágásokat, hosszú völgyhidakat, 20-40 m magas töltéseket eredményezett volna, ennek minden terület-igénybevételi, termőföld-veszteségi, földmű-állékonysági, földmű konszolidációs következményével, hozzáátve az ilyen méretű földművek fenntartási és forgalombiztonsági kockázatait. Külön teher lett volna az a 9 millió m³-re rúgó felesleges földmennyiség, amit a mélybevágásokból depóniákba kellett volna helyezni, annak költség- és környezeti következményeivel együtt.

A költségminimum alapján álló magassági vonalvezetés kialakítására a Bátaszék–Véménd szakaszon lévő négy mélybevágás keresztmetszeti kialakítását illetően két alapváltozat (1.0: mélybevágások, üzemeltetési padkás 1:1,5-ös rézsűkkel; 2.0: alagutak a mélybevágások helyén) és ezekből levezetett két alváltozat (1.1: üzemeltetési padkás CFA cölöpfalakkal szűkített mélybevágások; 2.1: alagutak két mélybevágás helyén és CFA falakkal szűkített szelvényű másik két mélybevágás) elemzése során jutott el a tervező. Mindegyik változatra a terület-igénybevétel, a termőterület-veszteség, az építés, a fenntartás és az üzemeltetés költségeit számba vevő közvetlen költség-szintű mérnökár készült. Ezek költségárányait a 2. táblázat szemlélteti. Az 1.0 változathoz négy völgyhíd (560 m, 540 m, 320 m, 412 m), a 2.0 változathoz három völgyhíd (326 m, 405 m, 320 m) tartozott.

A költségárányok ismeretében a Megrendelő a mélybevágások helyén alagutakat előírányzó 2.0 jelű változat továbbtervezése mellett döntött. Erre a megoldásra kapott az autópálya környezetvédelmi engedélyt (2005) és építési engedélyt (2006). Erre írták ki a PPP³ finanszírozási konstrukcióban a tendert. Az építés 2007 őszén kezdődött és a vonal 2010 tavaszán lesz üzembe helyezve.

Az új szemléletű tervezés bebizonyította, hogy körültekintő módon lehetséges úgy autópályát tervezni, hogy a megépülő mű a lehető legkevesebb gyógyíthatatlan tájsebet okozza és mindközben a hagyományos tervezőszemlélettel kialakított megoldásokhoz képest még olcsóbb is legyen.

Grabarits József előadásában az M6 Bátaszék–Véménd szakaszán létesülő A (1331 m), B (399 m), C (865 m) és D (418 m) jelű, kétjáratú alagutak tervezési folyamatát mutatta be a keresztmetszeti és biztonságtechnikai kialakítás, a nyílt és zárt építésű szakaszokon a geológiai adottságokhoz (zömében lösz, kis mértékben iszap és sovány agyag) illeszkedő szerkezeti, kivitelezési megoldások, az alkalmazott anyagok, az alagutakban mint működő rendszerekben tervezett üzemeltetési, forgalombiztonsági berendezések (energiaellátás, szellőztetés, világítás, tűzivizellátás, eseményértékelés, forgalomtechnikai jelzőrendszer, üzemi és publikus hírközlés) komplex rendszerében. Rámutatott arra, hogy az ilyen összetett munkák – mint az M6 alagútjai – a felkészült Megbízóval szorosan együttműködő generáltervező (Unitef'83

³ Public Private Partnership

2. táblázat: Az M6 Bátaszék–Véménd szakaszán lévő négy mélybevágás megvalósítási változatai költségeinek összevetése

száma	A változat	A megvalósítás költségeinek aránya
	leírása	
1.0	A, B, C, D jelű mélybevágások üzemeltetési padkás 1:1,5-ös rézsűkkel	1,53
1.1	A, B, C, D jelű mélybevágások CFA cölöpökből készített támfalakkal szűkített szelvényekkel, üzemeltetési padkákkal	1,83
2.0	A (1331 m), B (399 m), C (865 m), D (418 m) jelű alagutak a mélybevágások helyén	1,00
2.1	Az A és C mélybevágások helyén alagutak, a B és C mélybevágások üzemeltetési padkás CFA támfalakkal szűkítve.	1,15

Zrt.) és altervezői (ALAGÚTTERV Kft., Consultant Kft., ENCO Kft., GEOPLAN Kft., Piroplan Kft., VA-IQ Kft.) összehangolt munkája eredménye lehet csak.

Szilvágyi László, Kleb Béla, Szepesházi Róbert közösen jegyzett előadását az M6 alagútjainak geológiai-geotechnikai kondíciójáról Szilvágyi László tartotta meg. Az előadó rámutatott arra, hogy magyarországi körülmények között a szálban álló kőzetek felszín közeli megjelenése ritka. Így van ez az M6 autópálya alagutakat is tartalmazó Bátaszék–Véménd szakaszán is, ahol a felszíntől számított 40-50 m vastag réteg pleisztocén löszökből áll, amik alatt agyagrétegek találhatók. Rétegvizek nem jellemzően, ritkán fordulnak elő. Ez a geológiai környezet kézenfekvően adta az Új Osztrák Alagútépítési Módszer (NATM⁴) előírányzását mind a szerkezetek tervezése, mind azok kivitelezése terén.

A körültekintően részletes geotechnikai mintavételen alapuló laboratóriumi munka adta eredmények megbízható adatbázisa volt a tervezésnek. A kivitelezés során a geológiai és geotechnikai jelentés szerinti rendben jelentek meg a talajrétegek a fejtési homlokon. A zsebpenetrométerrel helyszínen ellenőrzött talajállapotok, a mért süllyedések és deformációk jó egyezést mutattak a tervezett értékekkel. A négy közül három alagút (B, C, D jelűek) fejtése problémamentesen befejeződött. Egy, az A jelű, viszont mindkét párhuzamosan hajtott járatában beomlott a fejtés során. Az esemény után gyűjtött és rendelkezésre álló adatok azt igazolták, hogy az omlás nem vezethető vissza előkészítési, avagy tervezési hibára. A szerzők rámutattak arra, hogy alagútépítés során nem várt események előfordulhatnak. Fontos, hogy a szakemberek kiértékelt jelentésekben megismerhessék ezek okait és remélik, hogy ez a szóban forró esetben is be fog következni. Az A jelű alagút továbbépítésre kidolgozott és már alkalmazásba vett technológia kialakítást kiegészítő geotechnikai vizsgálatok alapozták meg.

Hideg József, Benkovics István, Csicsák József által jegyzett előadást a Bábaapátiban létesülő alacsony és közepes veszélyességű radioaktív hulladékok tárolója alagútépítési munkáiról Hideg József mutatta be. A létesítmény a Paksi Atomerőmű és a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kht. közös programjaként 1993 óta folyó kutatás, előkészítés, tervezés eredményeként a megközelítő alagutak építésével a megvalósulás fázisába lépett. A munkákat a Mecsekérc Kft. végzi.

A tervezés fő elvei: 100 éves alagút-élettartam, a földalatti terek stabilitása, egyensúlyi állapota, alakváltozási ellenállása a működés telje időtartama alatt.

A két megközelítő alagutat a Bábaapáti községtől 2 km-re DDK-re fekvő Nagymórág völgyben indították és fúrásos robbantásos módszerrel hajtották ki a gránit kőzetben lópatkó alakú 21 – 25 m²-es kitorési szelvényekkel. Az alagutak olyan mélységbe hatolnak le, hogy a lerakási zóna fölött 230-240 m-es köztettakarás legyen. Az alagutak hajtása során a gondosan tervezett és végrehajtott robbantási technológia megőrizte a kőzetköpeny teherbírási kapacitását. Az alagutak biztosítóját acélzárral erősített, nedves eljárással felhordott löttbetonból alakították ki, a szükséges mértékben horgonyozva azt. A megrendelő és a hatóságok követelményei szerinti a héj elkészülte után az alagutakban hát-űrinjektálására került sor azért, hogy az alagutakat vízhatlanná tegyék. A 2008-ban elkészült alagutakra a hatóságok kiadták a használati engedélyt.

A felszínen átmeneti tároló létesült, amelyben a radioaktív hulladékoknak az elhelyezést megelőző csomagolására is sor kerül. 2009-ben a létesítmény második ütemének munkái is megindultak, amelyek felölelik a megközelítő alagutakhoz csatlakozó szálítóutakat, a lerakókamrák, a vízkezelő berendezések tervezését és építését.

Forgó Lea Zsuzsanna, Megyeri Tamás, B. O'Donoghue esettanulmányban számoltak be a londoni Heathrow Airport 5-ös termináljának csomagtovábbító alagútja fejlett matematikai modellezéssel alapuló tervezéséről. Az Ø5,5 m-es TBM-hajtású alagút homogén és túlkonsolidált londoni agyagban készült, a talajvíz szintje 1-2,5 m-en helyezkedett el a felszín alatt, a műtárgy közelében vezető négy működő vasúti alagút különös kihívást jelentett, mind a tervezés, mind a kivitelezés során, különösen a TBM indítóműtárgya esetében. Az alkalmazott számítógépes tervezési és ellenőrzési módszerek lehetővé tették a kivitelezési idők csökkentését, a várható szerkezeti mozgások reális előrejelzését. Ennek eredményeként elkerülhető volt drága megfigyelőrendszer telepítése a közeli vasúti alagutak biztonságos üzemének fenntartása végett és lehetővé vált a megelőző intézkedések mértékének a szükséges és elégséges szinten tartása. A kivitelezés során alkalmazott folyamatos megfigyelés igazolta az alkalmazott tervezési modellek adta előrejelzések igen reális voltát.

Fehérvári Sándor és S. G. Nehme a beton összetevőinek az alagútfalazatok hőszigetelő képességére gyakorolt hatásáról értekeztek a BME Építőanyag Tanszékén végzett kutatás alapján. A múlt évtized alagúttüzeinek következményei ráirányították a figyelmet az alagutak belső héja betonanyagainak hőszigetelő képességére. A Tanszéken végzett kutatás során 1500 hengeres próbatesten vizsgálták

⁴ New Austrian Tunneling Method → NATM, vagy Neue Österreichische Tunnelbauweise → NÖT

⁵ pp= polipropilén

⁶ A hasító-húzó szilárdság hányadosa.

– a víz/cement tényező (0,38; 0,45; 0,55),
 – a kőváz összetevői és maximális szemnagysága ($D_{\max}$ -8 és 12 mm), és
 – a pp³-szál adagolásának hatását 6 különböző keverékben. Két keverékben a barit mint kiegészítő adalék hatását is vizsgálták.

A próbatestek nyomószilárdságát, hasító-húzó szilárdságát és Brinke számát⁶ 11 hőmérsékleti lépcsőben (20–900 °C) mérték, a maradó értékeket is meghatározva. Azt találták, hogy 600 °C feletti hőmérsékleten a maradó szilárdsági érték az eredetinek 10-20%-ára esett vissza. A pp-szál adagolású keverékek maradó szilárdsági értékei a 200–400 °C tartományban alacsonyabbak voltak, mint a kezdeti értékek.

A mérések értékelése azt mutatta, hogy a víz/cement tényező, a kőváz alakja, a pp-szál-adagolás mértéke és a baritadagolás is hatással van a hősokk után maradó nyomószilárdságokra. A kőváz anyagának kedvező hatása a hasító-húzó szilárdság maradó értékére, a hősokk-viselő képességre és a Brinke-számra.

György Pál és Fogarasi István előadása a földalatti terek város-tervezési összefüggéseit, valamint városi alagutak építészeti és

szerkezeti tervezésének jelen állapotát és mindezek jövőbeli kilátásait foglalta össze. Az előadás első része történelmi áttekintést adott a földalatti terek használatának civilizációs fejlődéséről a barlangoktól a fejlett városi területek földalatti létesítményeiig (mélygarázsok, közlekedési és közművonalak). Felvázolja azt a jövőt, amiben a városi infrastruktúrák földalatti létesítményeinek kiépítése megelőzi majd a város földfeletti létesítményeinek megépítését. Az értekezés második része

– összefoglalja a földalatti terek, illetve az alagutak építésének zárt és nyílt módszereit, technológiáit, anyagait és gépeit, majd rámutat mindazokra az előnyökre, amelyeket a földalatti terek ésszerű használatával a várostervezők, ingatlanfejlesztők, alagútépítő és mélyépítő vállalkozók kihasználhatnak.

– kiemeli azokat a komplex gazdasági tervező eszközöket (megvalósíthatósági tanulmány, költségelemzés, beruházási költség meghatározás, költségelőny analízis, életciklus elemzés), amelyek alkalmazása a földalatti terek építését megalapozó döntések előkészítéséhez is nélkülözhetetlenek.

FORRÁSMUNKÁK

1. Proceedings of ITA-AITES World Tunnel Congress 2009. Budapest, Hungary, May 23–28, 2009.

ASZFALTBETON BURKOLATRÉTEG VISELKEDÉSÉNEK ELŐREBECSLÉSE DINAMIKUS PANEL ADATMODELLEL

DYNAMIC PANEL DATA MODEL FOR PREDICTING PERFORMANCE OF ASPHALT CONCRETE OVERLAY
Y. WANG, K.C. MAHBOUB, D.E. HANCHER
JOURNAL OF TRANSPORTATION ENGINEERING VOL. 134., 2008. 2. P. 86–92. Á:4. T:4. H:21.

A közlekedési létesítmények jövőbeni állapotának előrebecslése fontos a beavatkozások és azok költségeinek tervezése érdekében. Az összetört cementbeton burkolatra fektetett aszfaltbeton réteget példaként használva a cikk bemutatja, hogyan lehet a meglévő burkolat-állapotból kiindulva előrebecsülni a burkolat jövőben várható állapotát. Az USA Kentucky államának burkolatgazdálkodási rendszerében alkalmazott átfogó viselkedési jellemző, az állapotérték pontszám az előrebecslő modell válasz-változója. Az állapotérték pontszám 1–100 között mutatja a burkolat állapotát: minél magasabb a pontszám, annál rosszabb a burkolat. A komplex mutatóban a repedések, alaphibák, kipergések, foltozások szerepelnek súlyosság és kiterjedés szerint kombinálva. Az alkalmazott dinamikus panel modell lehetővé teszi a meglévő burkolatállapotnak, a külső hatások változóinak és a kü-

lönöző útszakaszok heterogén viselkedésének figyelembevételét. Az adatpanelt különböző útszakaszokon különböző időpontokban végzett megfigyelések eredményei alkotják. A modell matematikai statisztikai megoldása meglehetősen bonyolult, ezért többféle közelítő módszert alkalmaztak. 37 útszakasz 467 megfigyelését vizsgálták meg. A kialakított modell változói a jelenlegi burkolatállapotot leíró állapotérték pontszáma és a burkolat életkora, ez utóbbi a második hatványon szerepel. A modell segítségével előrebecsült állapotérték-pontszámot összehasonlították a megfigyelt tényleges értékekkel, és úgy találták, hogy az előrebecslés mintegy 15%-os eltérést mutató pontossága elfogadható.

G. A.

A BÉCSI MŰSZAKI EGYETEM KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI INTÉZETE

A Közlekedéstudományi Intézet a Bécsi Műszaki Egyetem Építőmérnöki Karához tartozik. A hetven munkatársat foglalkoztató intézet három tanszékre tagolódik:

- Közlekedéstervezési és Forgalomtechnikai Tanszék
- Vasútéptéti, Közlekedésgazdasági és Kötélpálya Tanszék
- Útéptéti Tanszék

KÖZLEKEDÉSTERVEZÉSI ÉS FORGALOMTECHNIKAI TANSZÉK

A tanszék vezetője *Josef Michael Schopf*. A tanszék az alábbi szakterületekkel foglalkozik:

- közúti közlekedési infrastruktúra stratégiai és környezettudatos tervezése,
- intelligens közlekedési rendszer (ITS) és hatásai,
- minimális energiaigényű közlekedési és településstruktúrák.

A tanszék a Bécsi Műszaki Egyetem Építőmérnöki, Építész- és Településmérnöki, valamint Gépészmérnöki Karának hallgatóit oktatja. Az oktatott tárgyak a közlekedéstervezést mind környezeti, szociológiai, pszichológiai, gazdasági, valamint gazdasági szempontok alapján körüljárják, ennek megfelelően naprakész oktatási anyagot átadni képes tanári kar dolgozik a tanszéken. Ezenkívül több olyan kutató, szakértő is van, akik kutatócsoportokban a jövő közlekedési rendszereinek fejlesztéseivel foglalkoznak. Az elmúlt húsz évben rendkívül sok új tudásbázis jelent meg a tanszéken, oktatási és kutatási szinten is. Ezt bizonyítják az intézet oktatói, kutatói által készített magas szintű publikációk, és az akadémiai kutatási projektek sokasága.

JELENLEG FUTÓ FŐBB PROJEKTEK:

CITYMOBIL – www.its.leeds.ac.uk/research

VN-HCMC – www.megacity-hcmc.org

OBIS – research.projects.kth.se

A TANSZÉK ÁLTAL OKTATOTT TÁRGYAK

Közlekedéstervezés gyakorlat	2 kredit
Közlekedéstervezés gyakorlat angol nyelven	2/3 kredit
Közlekedéstervezés	2,5 kredit
Komplex rendszerek számítógépes megoldása	1,5 kredit
Interdiszciplináris szemináriumi dolgozat (3 félév)	2+2+2 kredit
Szeminárium diplomázóknak (2 félév)	2+2 kredit
Szeminárium PhD-hallgatóknak (2 félév)	2+3 kredit
Elmélyedés a közlekedéstervezésben	2 kredit
Környezethigiéna	2/2,5/3 kredit
Közlekedéstervezés gépészmérnököknek	3 kredit
Közlekedéstervezés alapjai	3,5 kredit

VASÚTÉPTÉSI, KÖZLEKEDÉSGAZDASÁGI ÉS KÖTÉLPÁLYA TANSZÉK

A tanszék vezetője *Norbert Ostermann*. A tanszék az alábbi szakterületekkel foglalkozik:

- kötőtpályás közlekedési rendszerek, létesítmények tervezése, építése, fenntartása,
- modellalkotás és szimuláció a vasútéptéti tudományokban,
- gazdaságosság és környezetbe illeszthetőség a közlekedéstudományokban.

Jelenleg összesen 47 projekten dolgozik a tanszék.

A TANSZÉK ÁLTAL OKTATOTT TÁRGYAK

Vasútéptéti tudományok	3/4 kredit
Vasútéptéti tudományok gyakorlat	1,5/2 kredit
Interdiszciplináris szemináriumi dolgozat (3 félév)	2+2+2 kredit
Vasútfenntartás	2 kredit
CAD-es közlekedésilésítmeny-tervezés	2 kredit
Vasútszimuláció	2 kredit
Nyomvezetés-technika	2 kredit
Kötélpályák	4 kredit
Közforgalmú közlekedés	2 kredit
Közlekedésgazdaságtan	2 kredit
Szeminárium diplomázóknak	2 kredit
Nem nyilvános előadás PhD-hallgatóknak	2 kredit
Elmélyedés a vasúti tudományokban (3 félév)	0,5+1+2 kredit

ÚTÉPTÉSI TANSZÉK

A tanszéknek két professzora van:

- *Johann Litzka*, aki az útéptéti és fenntartási szakterületen,
- *Ronald Blab*, aki az útpálya szakterületen oktat.

A tanszék az alábbiakkal foglalkozik:

- utak és repülőterei kifutópályák tervezése és építése,
- útéptéti anyagok forgalmi használatával kapcsolatos laborvizsgálatok és minősítések,
- pályaszerkezet-méretezés és fenntartásmenedzsment,
- útéptéti anyagokkal kapcsolatos technológiák és fejlesztések,
- utak és kifutópályák üzemeltetése.

Jelenleg aszfalt- és betonkeverékekkel kapcsolatos kutatások folynak a tanszéken, amelyekről a www.istu.tuwien.ac.at/forschungsprojekte címen lehet részletesebben olvasni.

A TANSZÉK ÁLTAL OKTATOTT TÁRGYAK

Repülőterei kifutópályák	3 kredit
Szeminárium diplomázóknak (2 félév)	2+2 kredit
Elmélyedés az útéptésben	1 kredit
Útéptéti tudományok	4 kredit
Útéptéti tudományok gyakorlat	1,5 kredit
Útüzem és közlekedéstelemtika	3 kredit
Interdiszciplináris szemináriumi dolgozat (3 félév)	2+2+2 kredit
Útéptéti laborgyakorlat	3 kredit
Úttervezés	3 kredit
CAD-es közlekedésilésítmeny-tervezés	2 kredit
Útfenntartás-menedzsment	3 kredit
Szeminárium PhD-hallgatóknak (2 félév)	2+3 kredit

Technische Universität Wien, Institut für Verkehrswissenschaften
A-1040 Wien, Karlsplatz 13

Intézetigazgató: *Norbert Ostermann*,

norbert.ostermann@tuwien.ac.at, nosterma@mail.tuwien.ac.at

Intézeti honlap: www.eiba.tuwien.ac.at

HELYI KÖZUTAK KEZELÉSE ÚTMUTATÓ AZ ÖNKORMÁNYZATOK SZÁMÁRA

A Magyar Útügyi Társaság szakmai grémiuma a szakmai szabályzatok és előírások kiegészítésére javasolja a tervezési útmutatók alkalmazását.

Az útmutató tárgya a helyi közutak kezeléséhez szükséges ismeretek összefoglalása, és javaslatok megfogalmazása a közútkezelés színvonalas elvégzéséhez. A forgalombiztonság, az útkörnyezet és a közlekedők igényei szempontjából írja le a szolgáltatási szinteket, valamint biztosítja az országos közutak és a helyi közutak kezelésének egységes szemléletét.

Az útmutató azt a célt szolgálja, hogy az önkormányzatok a helyi közutak kezelői munkáját a feladatok ismeretében, egységes szakmai szabályok és eljárások szerint végezzék. A helyi közutak, azok hídjai és egyéb műtárgyai, valamint tartozékai (a továbbiakban együtt: helyi közutak) jelentős vagyoni értéket képviselnek. A szakmai szabályoknak megfelelően végzett közútkezelés a közlekedés biztonsága mellett a közutak állagának megővését és használhatóságát is szolgálja, és kíméli környezetünket.

A kezelés technológiai megoldásairól a Magyar Útügyi Társaság kiadványaiban részletes szabályok találhatók. Az útmutató az ezekben a kiadványokban való tájékozódást is elősegíti. Az útmutató az önkormányzati hivatal feladataira helyezi a hangsúlyt, ugyanakkor a technológiák tervezése, alkalmazása, ellenőrzése, lebonyolítása a legtöbb esetben vállalkozói szakfeladat.

A közúti közlekedésről szóló 1988. évi I. törvény (a továbbiakban: Kkt.) értelmében

- a helyi közút tulajdonosa a községi, városi, fővárosi, kerületi (a továbbiakban: települési) önkormányzat,
- a helyi közút kezelője a települési önkormányzat; a koncessziós szerződés alapján működtetett helyi közutak és műtárgyai tekintetében a koncessziós társaság.

Ha a közút kezelője a kezelői feladatokkal – vagy azok egy részével – más szervezetet bíz meg, az útmutató e szervezetre is vonatkozik. Ezt a megbízási szerződésben – vagy egyébként a megbízási során – a közút kezelőjének egyértelművé kell tennie, és a feladatok teljesítését ez alapján kéri számon.

A helyi közutak kezelése az alábbi feladatokat foglalja magába:

- a) igazgatási jellegű feladatok (pl. útnyilvántartás, kezelői hozzájárulások stb.)
- b) üzemeltetés (pl. tisztítás, téli útüzemeltetés, közúti jelzések helyreállítása stb.)
- c) ellenőrzés és vizsgálat (pl. útellenőri szolgálat, hídvizsgálat stb.)
- d) fenntartás (pl. földutak, útburkolatok, műtárgyak stb.)

E feladatok a helyi közutak kezelési szolgáltatási osztályának megfelelő gyakoriságú közútkezelési műveletek elvégzésével teljesíthetők, felhasználva az 5/2004. (I. 28.) GKM rendeletet a helyi közutak kezelésének szakmai szabályairól.

A helyi közutakat külön jogszabály [19/1994. (V. 31.) KHVM rendelet] alapján útkategóriákba kell sorolni. A jogszabály az útkategóriákra jellemzőket állapít meg.

A helyi közutak útkategóriákba sorolása – a településrendezési tervben foglaltak alapján – a közút kezelőjének a feladata. A helyi közút kezelőjének a – település bel- és külterületén levő, a fentiek szerint már kategóriákba sorolt – helyi közutakat a közútkezelés céljára a közút-kategóriákhoz megállapított közútkezelési szolgáltatási osztályokba kell besorolnia, és azt helyi önkormányzati rendeletben kell rögzíteni.

A közútkezelési feladatok tekintetében esetenként indokolt különbséget tenni

- a helyi – bel- és külterületi – közutak és azok tartozékai
- a hidak és egyéb műtárgyak
- a kerékpársávval rendelkező közutak
- a gyalogjárdák és a gyalogutak
- a kerékpárutak, a gyalog- és kerékpárutak
- a tömegközlekedési (közösségi közlekedési) útvonalak és megállóhelyek
- a gépjárművek közhasználatú várakozóhelyei között.

A közutak kezelői a helyi közutakat útkategóriánként a táblázatban megjelölt, vagy annál magasabb közútkezelési szolgáltatási osztályba sorolhatják be. Ha azonban a körülmények a helyi közút alacsonyabb osztályba sorolását teszik szükségessé, akkor ez átmenetileg fogadható el.

Helyi közutak közútkezelési szolgáltatási osztályai

A helyi közutak és közúti szakaszok útkategóriái	Közútkezelési szolgáltatási osztály	
	burkolt úton	földúton
Belterületi I. rendű főutak	I.	–
Belterületi II. rendű főutak	II.	–
Belterületi gyűjtőutak	III.	III/f
Belterületi kiszolgáló- és lakóutak	IV.	IV/f
Külterületi közutak	V.	V/f
Kerékpárutak	VI.	VI/f
Gyalogutak és járdák	VII.	VII/f

Az osztályba sorolás eldönti, hogy az úton milyen szolgáltatásokat biztosít az önkormányzat, vagyis ez a forgalombiztonság, a környezetvédelem, a települési élet, a költségek tekintetében meghatározó. A tudatosan, a lakosság tudomására hozott, az útkategóriában elvárható szolgáltatásoknál alacsonyabb színvonal a közútkezelés fontosságának elismerését, de a gazdasági körülmények, vagy más ok miatti lehetőségeit hangsúlyozza a közlekedők felé. Az ideiglenesen alacsonyabb szolgáltatás alsó határa a törvényekben, rendeletekben meghatározottak teljesítése.

Idényjellegű kiszolgálás esetén a helyi közútra külön-külön is megállapítható a meghatározott időszakra és az azon kívüli közútkezelési szolgáltatási osztály.

A közútkezelési színvonal (műveleti gyakoriságok) megállapításánál figyelembe veendő további tényezők:

- a) a főutaknak és a gyűjtőutaknak a településszerkezetben kialakult szerepe;
- b) a tömegközlekedés;
- c) a különböző, állandó és/vagy időszakos forgalmat előidéző funkciók, nevezetesen:
 - a közintézményeket (iskola, kórház, tűzoltóság stb.) kiszolgáló állandó szerep
 - az ipari, kereskedelmi és más gazdasági létesítményeket kiszolgáló szerep
 - az idényjellegű kiszolgálás (üdülőterületi utak, turisztikai kerékpárutak stb.)
 - az esetenkénti rendezvények helyszínének kiszolgálása
- d) a bel- és külterületi utak esetében egyaránt figyelembe kell venni:
 - a topográfiai (domborzati: sík-, domb- vagy hegyvidék) viszonyok (különös tekintettel a rendszeres nehézgépjárműforgalomra)
 - az útpálya kiépítettsége (burkolt út, földút)

Míg az úthasználók gyakorlatilag azonos igényeket támasztanak a közúthálózat egészével szemben, addig a tulajdonforma különbözőségéből adódóan ezen elvárásoknak az országos és helyi közutakon más-más szervezeti rendszerben kell eleget tenni.

A helyi közutak ügyi szakmai feladatainak ellátása az önkormányzat szervezeti és felelősségi rendszerén keresztül valósul meg. A hatályos jogszabályok – a helyi önkormányzat felelősségének kimondása mellett – a közútkezelés különböző résztvevő-képviselő-testület, a polgármester, illetve a jegyző hatáskörébe utalva osztják meg. A különböző döntési szinteken a feladatellátás módja, kötöttségei, eljárási szabályai eltérőek.

A helyi önkormányzatokról szóló 1990. évi LXV. törvény (a továbbiakban: Ötv.) 1. § (5) bekezdése szerint a helyi önkormányzatnak kötelező feladat- és hatáskört csak törvény állapíthat meg. Ennek megfelelően a települési önkormányzat ügyi feladatai is alapvetően az Ötv.-ből és a már említett Kkt.-ből vezethetők le. Az Ötv. 8. § (1) és (4) bekezdésében kötelezően ellátandó feladatként a helyi közutak fenntartásáról való gondoskodást írja elő a települési önkormányzat számára. Az útkezelői tevékenység ellátását a Kkt. rendeli el. Az egyes feladatok végrehajtására, szakmai követelményeire vonatkozó előírások – a Kkt. felhatalmazása alapján – a többször módosított 30/1988. (IV. 21.) MT rendeletben, valamint több miniszteri rendeletben találhatók meg.

A feladatellátás alapját a helyi önkormányzatok és szerveik, a köztársasági megbízottak, valamint egyes centrális alárendeltségű szervek feladat- és hatásköréről szóló 1991. évi XX. tv. képezi, amely 92. § (10) bekezdése tételesen meghatározza, hogy azon jogszabályhelyeken, ahol a Kkt. a közút kezelője számára feladatot állapít meg a helyi közutak tekintetében, a helyi önkormányzat képviselő-testületét, vagy a jegyzőt (főjegyzőt) kell érteni.

Magyar Útügyi Társaság
Publikációs bizottság

SZAKMAI FOLYÓIRATUNK ARCHÍV ADATBÁZISA

Elkészült és az Interneten megtalálható a Közlekedésépítési Szemle és elődje a Közúti és Mélyépítési Szemle szakfolyóirat archiváló programja, mely egy web alapú, több felhasználós, adatbázisba szervezett katalógizáló alkalmazás. Az egyedi fejlesztéssel kidolgozott rendszer elsődlegesen a folyóirat szerkesztőinek részére készült, jelenlegi formájában azonban bárki számára megtekintésre elérhető. A program bármely, böngészővel rendelkező számítógépen futtatható. Elérhetősége: <http://szemle.lrg.hu>

A kereső funkció használatakor az egyes mezőkben beállított feltételek alapján a szűrésnek megfelelő tételek az alatta található táblázatban listázásra kerülnek. A táblázat első oszlopában a „Megtekint” hivatkozásra kattintással a felhasználó megnézheti az aktuális cikkhez tartozó adatokat (szerző, rovat, évfolyam, szám). A táblázat „Cikk-

fájl” nevű mezőjében található hivatkozásra kattintással maga a cikk tekinthető meg PDF formátumban. A táblázat fejlécének mezőneveivel a táblázat rendezhető, a mező alapján tartalmától függően betűrendben vagy számsorrendben. A fejléc feletti sor paneljén a rekordok számának megjeleníthetőségét lehet állítani. Hasonló kereső és megjelenítő funkció található az egyes, önállóan megjelenő törzssadatok (cikk, rovat, szerző) modulokon is.

Az adatbázis feltöltöttsége 2003-tól teljes, és folyamatosan frissül az újabb számok megjelenésével. Az egyes cikkek 2004-ből részben érhetők el, míg 2005-től valamennyi cikk PDF formátumban rendelkezésre áll. A cikkek feltöltése három hónap késedelmi idővel történik.

G. A.

ÚJ TÍPUSÚ FORGALOMÉRZÉKELŐK

A NEW LOOK AT SENSORS

DAVID GIBSON, MILTON K. "PETE" MILLS, AND LAWRENCE A. KLEIN

PUBLIC ROADS VOL. 71. 2007. 3. [HTTP://WWW.TFHR.GOV/PUBRDS/07NOV/04.HTM](http://www.tfhr.gov/pubrds/07nov/04.htm)

Az USA Szövetségi Útügyi Hivatala megjelentette a Forgalomérzékelő Kézikönyv új kiadását, mely az intelligens közlekedési rendszerek működéséhez nélkülözhetetlen forgalomérzékelő technológiákat mutatja be. A nemzeti problémává vált torlódások kezeléséhez elengedhetetlenül szükséges az aktuális forgalom ismerete. Az elmúlt két évtizedben az érzékelők gyártói olyan új technológiákat fejlesztettek ki, melyekhez nem szükséges az útburkolat megbontása. A kétkötetes kézikönyvben a forgalomérzékelők kiválasztása, konfigurálása, telepítése, üzemeltetése és karbantartása mellett helyet kaptak olyan új alkalmazások, mint a korszerű jelzőlámpák működtetése, az autópálya-felhajtó ágak forgalomszabályozása, a váratlan helyzetek érzékelése, a forgalmi folyosók kezelése, az útdíjgyűjtés, utazási idő és más adatok felvétele, megkülönböztetett járművek és gyalogosok felismerése és több más intelligens közlekedési rendszer funkció. A bemutatott érzékelők egyrészt a hagyományos hurokdetektor és an-

nak korszerű változatai, másrészt a vezeték nélküli mágneses érzékelők, a mikrohullámú radar elvű megoldások, valamint a videokamerás automatizált képfeldolgozó eszközök. A cikk ismerteti a különböző forgalom-érzékelők alaptulajdonságait, kiválasztásuk szempontjait az eltérő alkalmazások esetén, valamint az érzékelőtípusok előnyeit és hátrányait. Szó esik az új technológiákkal szükségszerűen együtt járó buktatókról is. A költségek figyelembe vételekor a beszerzés és a telepítés ráfordításain túlmenően számolni kell az üzemeltetéshez szükséges szakszemélyzet, a karbantartás és javítás igényével is. A teljes élettartam költségek elemzése azt mutatja, hogy az út fölé helyezett érzékelők magasabb kezdeti bekerülési árak ellenére gazdaságosabbak, mert lényegesen ritkábban hibásodnak meg, mint a hagyományos induktív hurkok.

G. A.

TERVEZÉSI SZINTŰ REGRESSZIÓS MODELLEK VÁROSI AUTÓPÁLYÁK BALESETEINEK ELŐREBECSLÉSÉRE CSOMÓPONT-KÖZELI ÉS CSOMÓPONTMENTES SZAKASZOKON

PLANNING LEVEL REGRESSION MODELS FOR PREDICTION OF CRASHES ON INTERCHANGE AND NONINTERCHANGE SEGMENTS OF URBAN FREEWAYS

V. KIATTIKOMOL, A. CHATTERJEE, J.E. HUMMER, M.S. YOUNGER

JOURNAL OF TRANSPORTATION ENGINEERING VOL. 134., 2008. 3. P. 111–117. Á:3. T:5. H:16.

A hosszú távú közlekedésbiztonsági értékelő eszközök nagy figyelmet kaptak az USA-ban a közelmúltban megjelent Közlekedési Egyenlőségi Törvény a Huszonegyedik Században alapján, mely előírja a közlekedésbiztonság komolyabb figyelembevételét a nagyvárosi közlekedéstervező szervezetek és az állami közlekedési minisztériumok számára. A biztonságos, elszámoltatható, rugalmas és hatékony közlekedési rendszerek létrehozásáról szóló jogszabály ezt a folyamatot megerősítette. A közlekedési rendszerfejlesztési változatok biztonsági értékelését azonban nehéz elvégezni, mert nem áll rendelkezésre hozzá megfelelő módszertan. A cikkben ismertetett kutatás célja gyakorlatban használható biztonsági értékelő eszköz kialakítása, mely a hosszú távú városi közlekedésfejlesztési tervekben szereplő gyorsforgalmi utak esetén alkalmazható. Két államban, Észak-Karolinában és Tennesseeben gyűjtött baleseti adatokat vettek alapul a modellhez. A nemlineáris negatív binomiális regresszióval dolgozó modellek a jelenlegi fajlagos baleseti értékekből kiindulva külön-külön adnak előrebecslést a

városi autópályák csomópontmentes illetve csomópont-közelі szakaszaira, ez utóbbi esetben ugyanis magasabb a fajlagos baleseti érték. A független változók megválasztásánál fontos szempont volt azok távlati megismerhetősége az úthálózati változatok értékelése esetén. A független változók között ezért csak a szakasz hossza és átlagos napi forgalma szerepel. A négysávos és a hatsávos szakaszokra eltérő modelleket dolgoztak ki. A kidolgozott modellek jól alkalmazhatók a hosszú távú tervezés során a költség-haszon elemzésekben, bár nem használhatók részletes projekt szintű megoldásokhoz. A két állam adatai esetén az eltérő távlati baleseti mutatók arra utalnak, hogy a módszertan megtartásával célszerű mindenhol egyedi modelleket létrehozni, melyek fejlesztési költsége eltörpül a városi gyorsforgalmi utak beruházási költségéhez viszonyítva.

G. A.

700 Ft