

Az Aszfalt

A Magyar Aszfalttípari Egyesülés

hőpá

hivatalos lapja

XX. ÉVFOLYAM 2016/2. szám



Aszfalt 100% recyclable



Az aszfalt 100%-ban
újrahasznosítható

US-191 Főút UTAH
kopórétegbe mart
rázó csík

2
2016
december



Tisztelt Hölgyeim és Uraim!

2017. február 21-22-én rendezzük a **HAPA XVIII. Nemzetközi Konferenciáját**, amely alkalmat és lehetőséget ad arra is, hogy 2017-ben a HAPA negyedszázados fennállásáról méltó és tevékenységét méltató módon emlékezzünk meg.

A konferencia főbb témakörei:

-25 éves a Magyar Aszfaltipari Egyesülés

- Európai tapasztalatok a csökkentett hőmérsékletű aszfaltok bevezetésére.

-A jövő kihívásai

Előadók a tervezett programból:

Veress Tibor HAPA, **Szilvai József Attila** Magyar Közút Zrt., **Prof.Dr. Thomas Wörner** München Műszaki Egyetem, **Etienne Le Bouteiller** Bitumen Emulzió Világszövetség, **Füleki Péter** Győr Műszaki Egyetem, **Szerencsi Gábor** Magyar Közút Zrt, **Michael Machalla** Franciaország TOTAL, **Egbert Beuving** EAPA, **Barna Zsolt** Értéktér Kft, **Geir Lange** Norvégia, **Merkli István** KÖKA, **Juan Jose Potti** Asefma, **Soós Zoltán** BME, **Dabóczy Kálmán** BKK, **Dipl.Ing. Jan Benes** TOTAL Cseh Köztársaság, **Philip Chifflet** COLAS, **Puchard Zoltán-Lehel Zoltán**, **Almássy Kornél** Budapest Közút, **Kolozsvári Nándor**- **Skovrankó Ernő**, **Balogh Lajos**- **Tomacsek József**, **Dr. Törőcsik Frigyes**

Amennyiben Ön is előadóként kíván részt venni a konferencia munkájában, kérem, hogy azt előzetesen a következő e-mail címen jelezze: info@hapa.hu



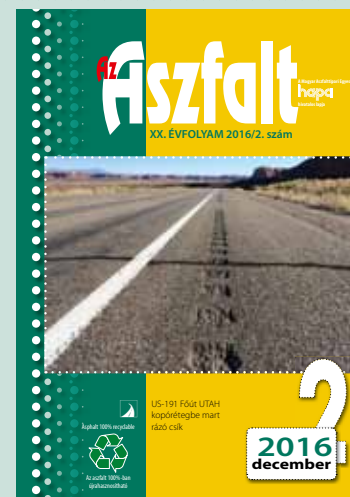
A konferencia helyszíne: Hotel Azúr, 8600 Siófok, Erkel Ferenc u. 2/c

Jelentkezéssel kapcsolatos dokumentumokat január hónapban továbbítjuk tagvállalataink, illetve a szakmai szervezetek címére.

Várakozásteli üdvözléssel

Veress Tibor

HAPA igazgató



A Magyar aszfaltipari Egyesülés (HAPA) hivatalos szakmai lapja.

Szerkesztőség:

Magyar Aszfaltipari Egyesülés
H-1113 Budapest, Bartók Béla út 152/F.
Telefon: +36 1 7821-893
Fax: +36 1 7822-008
E-level: info@hapa.hu
Internet: <http://www.hapa.hu>

Alapító főszerkesztő:

Dr. Bodnár Géza

Főszerkesztő: Veress Tibor

Nyomdai előkészítés és nyomás:

SILBER-Nyomda Kft. www.silbernyomda.hu

Hirdetésfelvétel:

Magyarországon a szerkesztőségben

Terjesztés:

a szerkesztőségben keresztül ingyenesen

ISSN 1217-7830

TARTALOMJEGYZÉK

Parragh Bence – Egységes P+R parkoló hálózat kialakítása Budapesten.....	4
Czipót Éva – A mészkőliszt és a porleválasztó berendezés által elszívott por hatása az aszfaltok mechanikai tulajdonságaira.....	9
Rosta Szabolcs – Drénaszfalt és aszfaltbeton kopóréteg öregedésének vizsgálata ciklikus fagyasztással.....	17
Kovács Nóra – Aszfaltok optimális bitumentartalmának vizsgálata a pályaszerkezetben betöltött funkciója alapján.....	24
Réger Bálint – Hungaroring korszerűsítése.....	32
Tallósi Zoltán – CANADER MIX hidegaszfalt és gyártástechnológiája.....	37
Soós Zoltán – Aszfaltkeverékek hasító-húzó fárasztási vizsgálata és az eredmények feldolgozásának lehetőségei.....	40
Váncza Felícia – Parragh Bence – Útburkolati jel gazdálkodás korszerű módszerei a Budapest Közút ZRt.-nél.....	47
Dr. Géber Róbert – Töltőanyagok komplex anyagszerkezeti vizsgálata.....	56
Potori László – Beton terelőfal és korlát építése, a fizikai elválasztás korszerűsítése az M3, M5 és M7 autópályákon.....	61
Kovács Ákos – Közúti vasbeton szerkezetű hidak fenntartása – Országos vasbeton szerkezetű hídállomány összetétele és állapota 2015. évi OKA adatok alapján.....	66
Soós Zoltán – Beszámoló a 6. Euraspalt@Eurobitume Congressről.....	70

Tisztelt Kollégák!

2016 vége felé egy kis számvetéssel élek.

A tagjaink és társult tagjaink kemény év után vannak, amely a legtöbbjük számára sikeres volt.

A HAPA részéről a magunk szerény eszközeivel próbáltuk segíteni a munkájukat. Az egyre népszerűbb konferenciáink közül a XVII. Nemzetközi konferenciánk sikere jelzi, hogy jó témákat, aktuális problémákat boncolgattunk, és próbáltunk értelmes, megoldás felé tartó válaszokat találni.

A Fiatal Mérnökök Fóruma pedig továbbra is szolgálja a jövő szakembereinek, vezetővé, jó szakemberré, kutatóvá válását.

Egyre sikeresebbek a tanulmányutjaink, tapasztalatcseréink. Hasznos volt a Wirtgen csoport három szakvállalatánál tett látogatásunk, melyen 20 tagvállalati kollégánk vett részt. Erről a februári konferenciánkon részletesen is szó esik majd.

Ugyanilyen hasznosnak ítélem a Közép-Európai or-

szágok workshopját amely a pályaszerkezetek tervezési módszereinek összehasonlításával egységes szemlélet kialakítását célozta. Németország, Ausztria, Cseh Köztársaság, Szlovákia és Szlovénia képviselői mellett Magyarország szakemberei is részt vettek a tanácskozáson, melyről Füleki Péter kollégánk a februári konferenciánkon fog tájékoztatást adni.

A Prágai EAPA Kongresszuson 1600 résztvevő előtt a szakmánk legjelesebb szakemberei adtak elő. A magyar küldöttség szerény létszámú volt, de büszkék voltunk arra, hogy Soós Zoltán kollégánk is előadhatott, miközben a Fiatal Mérnökök fóruma nyerteseként ingyenesen vehetett részt a Kongresszuson.

A Magunk részéről hasznosnak ítélt évet zárhatunk tehát azzal, hogy minden tagunk számára Békés Karácsonyt, és sikeres 2017-es évet kívánok

Veress Tibor

Egységes P+R parkoló hálózat kialakítása Budapesten

Parragh Bence

Budapest Közút
Műszaki előkészítő
mérnök



Szakdolgozatom témájának a P+R parkolók budapesti alkalmazását választottam. Azért döntöttem emellett, mert Budapest egyik legnagyobb problémája a parkolás megoldatlan helyzete. Tovább nehezíti a helyzetet, hogy bár igen régóta alkalmazott és jól bevált a P+R parkolók rendszere, Magyarországon még mindig nagy a fogalomzavar ebben a témában.

Mi is az a P+R parkoló?

A kutatásom során, azzal kellett szembesülnöm, hogy a témában igen kevés a magyar nyelvű irodalom. Ráadásul ezekben is számos ellentmondás és félreértés található. Hazánkban jelenleg semmilyen műszaki vagy jogi definíció sincs a P+R parkolókról.

Ennek feloldására saját definíciót alkottam. Ez alapján csak nagyméretű legalább 100 férőhelyes parkolókat nevezhetünk P+R parkolóknak. Ennél kisebb 30-50 férőhelyes parkolók esetén nem valósul meg érzékelhető forgalomcsillapítás, amely a kombinált utazási mód egyik legfontosabb célja. A cél, hogy a külsőbb kerületekben illetve a városok peremén fogjuk meg az autóforgalmat. Ebből következik, hogy P+R parkolók csak ezekben a városrész-



P+R parkoló

sekben szabad kialakítani. Belvárosi parkolók szóba sem jöhetnek, hiszen ezek használói a megközelítéssel terhelik a belváros úthálózatát. A legfontosabb feltétel pedig, hogy a parkoló nagylapítású és gyors közösségi közlekedési kapcsolattal rendelkezzen a belváros irányába. Ezzel a gyors kapcsolattal időnyereség érhető el. Ez az időnyereség az az érv, amellyel rávehetjük az autózókat, hogy tegyék le a járműveiket és az utazásuk színvonalát csökkentve, válasszák a kombinált utazási módot. A hazai helyzet igen rossz, különösen az európai összehasonlításban. Jelenleg Budapesten 5700 P+R férőhely található, ami kiegészül a Pest megyében kialakított 2300 db hellyel. Ilyen kevés férőhely jut a Budapestre naponta beérkező 170.000 személyautóra. Ez a szám ráadásul újra emelkedik. Ha érezhető forgalomcsillapítást akarunk elérni, akkor a személyautók legalább 10-15 %-át kell megfognunk. Ehhez a jelenlegi kapacitásokat meg kellene háromszoroznunk. Tekintettel az elégtelen kapacitásokra, nem meglepő, hogy a meglévő parkolókat számos esetben túlterhelik.

Nem ritka a 110-120 %-os kihasználtság is. További érv a kapacitásbővítés mellett, hogy újra és újra napirendre kerül a behajtási díj bevezetése. Bár egyenlőre elhalasztották a bevezetést, nem szabad elfelejtenünk, hogy az életbelépés alapvetően alakítaná át a budapesti parkolást.

Órmező-Kelenföld vasútállomás

A kutató munkám keretében számos P+R parkolót felkerestem, és megvizsgáltam. Az egyik ilyen helyszín volt a nemrég elkészült Órmező-Kelenföld vasútállomás.

A folyamatos bővítéseknek hála több mint 900 férőhellyel jelenleg ez a legnagyobb P+R parkoló a vá-



Órmező-Kelenföld vasútállomás



Órmező-Kelenföld vasútállomás

rosban. A bővítés jelenleg is tart és hamarosan további 500 férőhely kerül kialakításra.

A parkoló a M1-M7 autópályák közös bevezető szakasza mellett található. Nemrég egy új külön szintű csomópont is kiépült itt, így minden irányból megközelíthetővé vált a parkoló. A gyors belvárosi kapcsolatot a pesti oldalra az M4-es metró, a budaira pedig a Déli pályaudvarra továbbhaladó elővárosi vasutak biztosítják.

Kacsóh Pongrác út

A Kacsóh Pongrác útnál található P+R parkoló az egyik legrégebbi az országban.

A parkoló közvetlenül az M3-as autópálya mellett található, és autóval pillanatok alatt elérhető. Hivatalos kapacitása 257 férőhely, kihasználtsága pedig 100%-os. A telíttség miatt igen gyakoriak az illegális parkolások.

A parkoló további bővítésre szorulna, azonban a beépítettség foka ezt nagyban korlátozza. Az innen induló M1 jelzésű földalatti gyors eljutást biztosít a belvárosba. Továbbá gyűrűirányú kapcsolatot jelent az innen induló a 3-as és 62-es jelzésű villamos valamint, a Kacsóh Pongrác úti felüljárónál található frissen felújított 1-es jelzésű villamos is. A parkoló



Kacsóh Pongrác út



Kacsóh Pongrác út

egyik különlegessége, hogy még az esti órákban, 22 óra után is viszonylag telített. Ennek oka, hogy számos autózó az M1 jelzésű földalattival közelíti meg a színházakat, elkerülve a belvárosban gyakran elhúzódó parkolóhely keresést.

Rákosszaba vasútállomás

A Rákosszaba vasútállomáson található P+R parkoló 139 férőhellyel rendelkezik, amelyeket a vasútállomás közvetlen közelében, annak két oldalánál helyeztek el.

A kivitelezésre 2010-ben került sor Európai Unió támogatásból. A gyors kötőpályás kapcsolatot az itt elhaladó elővárosi vasutak biztosítják, amelyek a Keleti pályaudvarra futnak be. A definíció alapján minden adott lenne egy jól működő parkolóhoz azonban ennek ellenére annak kihasználtsága csak 60 %. Ennek egyik oka, hogy a parkoló nincs jelezve a közelben lévő nagy forgalmú utakon, valamint, hogy csak 30 percnként érkezik vonat az állomásra.

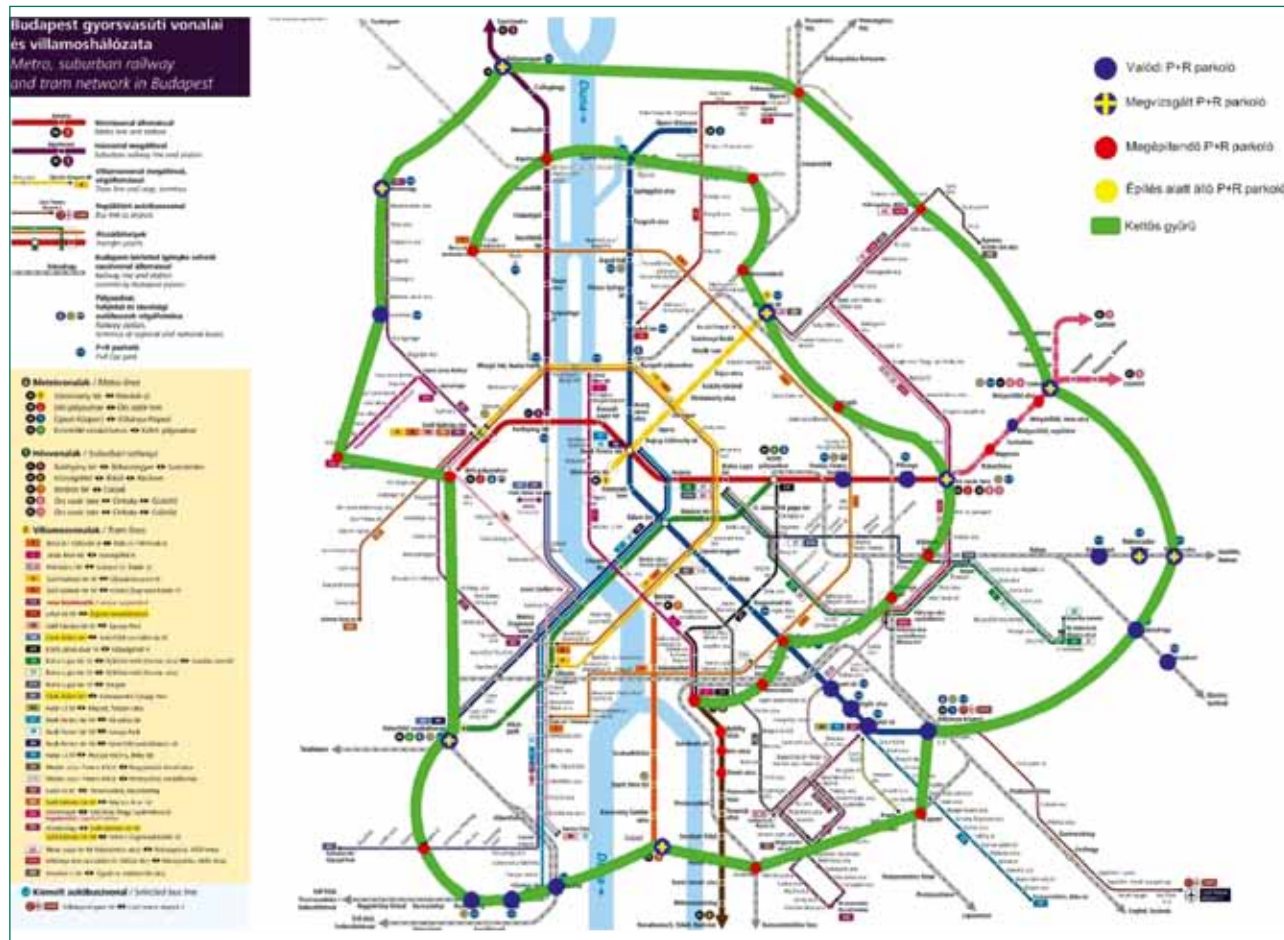
Ha egy autózó lekési a vonatot, akkor olyan idővesztéssel szembesül, amely arra kényszeríti, hogy inkább autóval folytassa az útját. A problémára a megoldást egyrészt a megfelelő útjelző táblák kihelyezése jelentené, másrészt pedig, a vonatok besűrítése tekintettel a menetrendi kapacitásokra.



Rákosszaba vasútállomás



Rákosszaba vasútállomás



Kettősgyűrű

Egységes P+R parkoló hálózat kialakítása Budapesten

A szakdolgozatom második részét annak szenteltem, hogy saját helyszíneket is javasoljak. Ezen felül, pedig fontosnak tartottam, hogy ne csak fontos csomópontok és forgalmas útszakaszok mentén helyezünk el parkolókat, hanem hogy egyfajta rendszerszemléletet alakítsunk ki. Ennek eleme az általa javasolt kettős gyűrű rendszer. A rendszer lényege, hogy a kombinált utazási móddal közlekedők okozta terheléseket jobban szétosszuk.

A külső gyűrű feladata a város pereméről illetve az agglomerációból érkező autók megfogása. A második gyűrű a két gyűrű közötti területre érkezőknek biztosítana férőhelyeket. Ezzel a módszerrel elérhetnénk, hogy nem csak a belváros, hanem a két gyűrű közötti területen is csökkenjen a forgalom.

Rákosrendező

Az egyik általam javasolt helyin a sokak által ismert Rákosrendező vasútállomás. Egy igen romos és kietlen terület a XIII. és a XIV. kerület határán.

Jelenleg szinte kihasználatlanul áll, csak személypályaudvari feladatokat lát el. Mivel azonban a semmi közepén található, így nincs jelentős utasforgalom. A helyszín egyik legnagyobb előnye, hogy közvetlenül az M3-as autópálya bevezető szakasza mellett található. A gyors belvárosi kapcsolatot az igen sűrűn érkező elővárosi vasutak biztosítják, amelyek alig 6 perc alatt érnek be a Nyugati pályaudvarra. Rákosrendezőre már több fejlesztési terv is készült. Ezek



Rákosrendező

mind igen nagyléptékű beruházások, magukban foglalva a vasútállomás áthelyezését illetve a vasút és a földalatti összekapcsolását. Az én elképzelésem lényegesen kisebb mértékű lenne.

Ennek keretében a használaton kívül rendezővágányok helyén illetve a beépítetlen területeken alakítanék ki egy nagykapacitású P+R parkolót.



Rákosrendező térkép

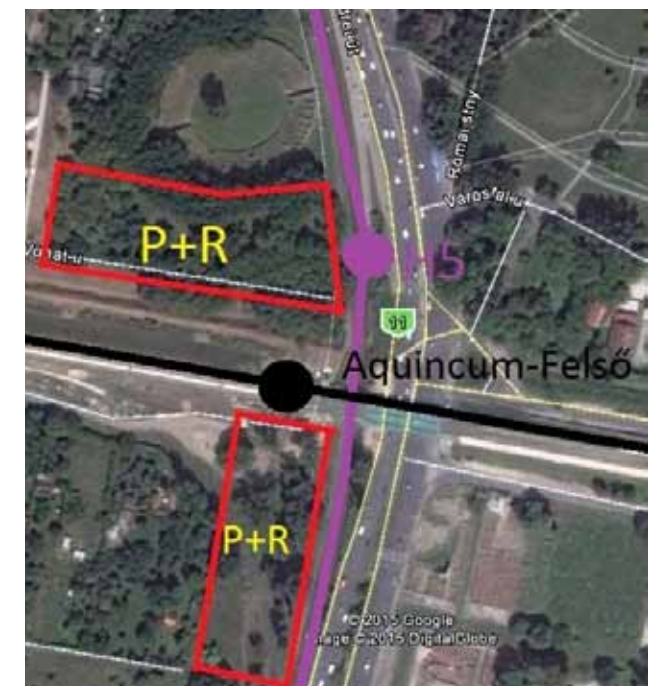


Rákosrendező

További lehetőség az itt található sorompóval biztosított vasúti átkelő kiváltása egy közúti alagúttal. Ezzel a XIII. kerületből érkezők is könnyedén megközelíthetnék a parkolót.

Aquincum HÉV és vasútállomás

Az Aquincum hévállomás mellett található területek szintén ideális helyszínei lehetnének egy P+R parkolónak. Az itt elhaladó 11-es számú főút jelenleg Budapest legforgalmasabb főútja napi 18000 személyautóval. Ennek ellenére az ezen közlekedő autózvezetők számára csak a Békásmegyernél található 155 férőhelyes P+R parkoló kínál férőhelyeket. Ezért elkerülhetetlen, hogy további parkolókat alakítsunk ki a főút mentén.



Aquincum HÉV és vasútállomás



Valós idejű parkolás irányítás



Valós idejű parkolás irányítás

Valós idejű parkolás irányítás

A szakdolgozatomban fontosnak tartottam hangsúlyozni, hogy a megfelelő helyszínen kialakított elegendő számú és férőhelyű P+R parkolók önmagukban még nem biztosítják a hatékony rendszert.

Ehhez még szükségünk van egy valós idejű tájékoztató rendszerre. A valós idejű utas tájékoztatás, illetve a közösségi navigáció egyre nagyobb térnyerésével ez a terület is egyre nagyobb hangsúlyt kap. Mivel ezek már létező rendszerek, a feladatunk csak annyi lenne, hogy a saját adatainkat integráljuk bele. Az egyik ilyen lehetőség lenne a szabad parkolóhelyek jelzése a közösségi navigációs rendszerekben.

Ezt kiegészíthetjük a bevezető utakon elhelyezett kijelzőkkel és a már meglévő de kihasználatlan portáltáblákkal. További lehetőség lenne, hogy a BKK-Futár rendszert további kijelzőkkel bővíteni az új P+R parkolók mentén, hogy az autózvezetők valós idejű adatokat kapjanak az érkező járművekről.

Véleményem szerint, ha megfelelő hálózati szemlélettel alakítunk ki számos nagykapacitású P+R parkolót valamint az autózvezetőket megfelelő valós idejű adatokkal látjuk el, akkor egy hatékony rendszert teremthetünk, amely hosszútávra megoldaná Budapest parkolási problémáit.



Valós idejű parkolás irányítás



Valós idejű parkolás irányítás

A mészkőliszt és a porleválasztó berendezés által elszívott por hatása az aszfaltok mechanikai tulajdonságaira

Czipót Éva

Budapesti Műszaki
Egyetem
Egyetemi hallgató



Abstract

A cikk célja az aszfaltgyártás során szükségszerűen elszívott por visszaadagolhatóságának vizsgálata az aszfaltkeverékek töltőanyagaként. Az aszfaltkeverés során a szárítódobban működő szívás nem csak lehetővé teszi az adalékanyag felmelegítését és szárítását, hanem eltávolítja a kőanyagon található finomszemcséket is. Ezek a finomszemcsék a keverés során silóba kerülnek, majd elszállítják őket. Általánosságban 100 tonna aszfalt gyártása során – attól függően, hogy milyen kőanyaggal készül – akár 5-6 tonna exhaust por is keletkezhet.

Vizsgálataim során 5 fajta AC 11 kopó (F) aszfaltkeveréket készítettünk, 2 mm feletti részben megegyező keveréktervekkel, Teplicky kőanyagból, de a szükséges töltőanyag mennyiséget különböző sajátpor – mészkőliszt arányokkal állítva elő. A kész próbatesteket vízerzékenység, merevség és plasztikus deformáció vizsgálatokat hajtottunk végre. A vizsgálati eredményeket összehasonlítva választ kaphatunk arra, hogy a töltőanyag mészkőliszt - exhaust por - tartalma befolyásolja-e, és ha igen, milyen mértékben az aszfaltkeverék vizsgált paramétereit.

A sajátpor bizonytalansága miatt egyértelmű eredményt nem kaphatunk, kizárólag az ezzel a tulajdonságokkal megegyező aszfaltkeverékekre. Ugyanezt a vizsgálatot érdemes lenne hosszabb időtávban, különböző időközönként levett sajátporral is elvégezni, hiszen folyamatosan változnak azok a tulajdonságai, amik az aszfalt minőségét befolyásolják.

1. Bevezetés

Az aszfalt a leggyakrabban alkalmazott anyag az útpályaszerkezetek építésére. Az alapanyagok meghatározzák az aszfaltkeverékek minőségét, élettartamát, miközben az

elsődleges nyersanyagok végesek. A gyártás folyamatában felhasználható zúzottkő, zúzottkő és zúzottkő kavics termékeken túl töltőanyagként csak a mészkőlisztet engedik a magyar előírások. Valamennyi aszfaltkeveréknél (kivéve zúzalékvasas masztixaszfalt) megengedett saját töltőanyag visszaadagolása is, de maximum a képződés arányában, de a visszaadagolás mértéke nem minden esetben kontrollálható.

Az aszfaltgyártás során a kőanyagot szállítószalaggal a szárítódobba juttatják. Itt a működő szívás hatására a kőanyagon található finomszemcsék a porszivó és porleválasztó berendezésbe kerülnek. Ez a működő elszívás egy szükségszerű eleme a gyártási folyamatnak, hiszen a szívás nélkül a szárítódob lángja nem lenne párhuzamos a szárítódob palástjával, ezzel akár kiégetve a szárítódob oldalát.

Az aszfaltok gyártásához használható kőanyag-halmazok minőségi követelményei keretszabályozást adó MSZ EN 13043 szabvány, illetve az e szabvány magyarországi értelmezését adó ÚT 2-3.601-1:2008 Útépítési zúzottkővek és zúzottkavicsok ügyi műszaki előírás szerint az „f” jelölésű ún. „finomszem” valamely kőanyag-halmaz 0,063 mm-es szita alatti része.

Az AC 11 kopó jelű aszfaltkeverékek gyártásához felhasználható ÚT 2-3.601-1:2008 szerinti termékek közül:

- az NZ 0/2; NZ 0/4; Z 0/4 és ZK 0/4 termékek, amelyek a zúzottkő kategóriába tartoznak (F jelű keveréktípusoknál csak NZ 0/2 és NZ 0/4 termékek használata megengedett)
- NZ 4/11, ZK 4/8, ZK 4/11, ZK 8/11, kivételes esetekben KZ 2/4, KZ 4/8, KZ 8/11 és KZ 11/16 típusú zúzottkőtermékek alkalmazása megengedett a normál igénybevételű kategóriában
- KZ 2/4, KZ 4/8, KZ 8/11 és KZ 11/16 zúzottkő termékek használhatók a fokozott igénybevételű kategóriában.

Az aszfaltkeverés során a szárítódobban működő elszívás következtében a kőanyagon található finomszemcsék – ez D <16 mm névleges szemnagyságú aszfaltkeverékek esetében akár 4-5 m% is lehet – eltávoznak a szárítódobból és a porleválasztó berendezésbe kerülnek.

Jelenleg a magyar előírás töltőanyagként kizárólag a mészkőliszt adagolását engedi, egyes aszfaltoknál minimális adagolási mennyiséget előírva. A mészkőliszt bányától függetlenül körülbelül ugyanolyan szemeloszlással és agyagásvány tartalommal rendelkeznek. Ez egyfajta biztonságot ad a keverésnél.

A kutatás során 5 fajta AC 11 kopó (F) keveréket vizsgáltunk. Az aszfaltkeverékek laboratóriumi körülmények

között készültek, a kőanyagon található sajátpor eltávolítása nélkül. A keverékeken a szokványos aszfalt vizsgálatokon kívül (szemeloszlás, bitumentartalom, hézagmentes testsűrűség stb.) vízerzékenységet, hasító-húzó merevséget és keréknyomképződést vizsgáltunk.

2. A vizsgálat tárgyat képező aszfaltkeverékek tervezési szempontjai

A laboratóriumi aszfaltkeverékek típusának megválasztásánál az alábbi szempontokat vettem figyelembe:

- az aszfalttípus gyakran használt típus legyen
- olyan típus legyen, aminél az erre vonatkozó előírás a finomszem tartalom határait a legtágabban értelmezi
- minél nagyobb adagolási különbség előállítása a mészköliszt és a sajátpor között
 - B 50/70-es bitumennel készíthető a ki-sebb keverési hőfok elérése érdekében
 - a pályaszerkezet legfelső rétege legyen, amelynek a forgalmi és időjárási hatásokat közvetlenül kell viselnie.

Ezek alapján a következő aszfaltkeverék típusokat készítettük:

- 7% mészköliszt + 0% sajátpor
- 5% mészköliszt + 2% sajátpor
- 4% mészköliszt + 4% sajátpor
- 2% mészköliszt + 6% sajátpor
- 0% mészköliszt + 8% sajátpor.

Megnevezés	Mészköliszt	NZ 0/2	NZ 0/4	KZ 4/8	KZ 8/11	Sajátpor	Összetétel
Származási hely	Tatabánya	Teplicky	Teplicky	Teplicky	Teplicky	Illatos	
Hézagmentes testsűrűség (Mg/m³)	2,72	2,67	2,67	2,69	2,68	2,75	2,69
Adagolás aránya	változó (0-7)	7-8	25	35	25	változó (0-8)	100

1. táblázat:Felhasznált anyagok származási helye és aránya

0/2 mm osztály metilénkék értéke:	Exhaust por	Mészköliszt
Bemért száraz anyag tömege (g)	200	215
Adagolt festékkoldat mennyisége (ml)	15	5
MB-érték, a 0/2 mm osztály 1 kg-jára eső festékanyag mennyisége (g)	0,8	0,2

2. táblázat: Metilénkék vizsgálat 0/2 mm szemnagyságnál

0/0,125 mm osztály metilénkék értéke:	Exhaust por	Mészköliszt
Bemért száraz anyag tömege (g)	30,0	30
Adagolt festékkoldat mennyisége (ml)	5	5
MB_F – érték, a 0/0.125 mm osztály 1 kg-jára eső festék- anyag mennyisége (g)	1,7	1,7

3. táblázat: Metilénkék vizsgálat 0/0,125 mm-es szemnagyságnál

3. A kőanyagthalmazok vizsgálati módszerei, eredményei

Metilénkék vizsgálati módszerrel, hidrometrálással, hézagmentes testsűrűség vizsgálatával és légsugaras szita használatával hasonlítottuk össze a mészköliszt és a jelenle-gi mintavételi sajátpor tulajdonságait.

A *metilénkék módszer* lényege, hogy a vizsgálandó anyag szuszpenziójához megfelelő időközönként metilénkék oldatot adagolunk, az adagolás során pedig szűrőpapíron ellenőrizzük a szabad festék jelenlétét.

Az MB-érték vizsgálatánál 200g exhaust port szitáltam át a 2,0 mm-es szitán. Egy főzőporhárba 500 ml desztillált vizet vagy ioncserélt vizet tettem, majd hozzákevertem az előkészített anyagot. Ezt 600-as fordulaton 5 percig kevertem, majd a bürettából 5ml metilénkék oldatot adagoltam hozzá és a fordulatszámot 400-ra csökkentettem. 1 perc után üvegpálcával a szűrőpapírra csepegtettem. Ezt addig kell percenként ismételni, amíg egy gyűrű nem alakul ki, jelezve a duzzadó agyagásványok jelenlétét. Ha ezt a gyűrűt megjelenés után 5 percig képes megtartani, akkor végére értünk a vizsgálatnak. Ha ez viszont nem következik be és eltűnik, 5ml festéket adagolunk hozzá és az eljárást egészen addig folytatjuk, míg a világoskék kör 5 percen keresztül látható marad.

Az MB_F érték az abszorbeált festék mennyiségéből adó-dik:

$$MB = \frac{V_1}{M_1} \cdot 10 \qquad MB_F = \frac{V_1}{M_1} \cdot 10$$

Szitaméret [mm]	2	1	0,5	0,250	0,125	0,063	0,0465	0,0380	0,0259	0,0141	Cu D60/D10
Á t e s e t t tömeg [%]	100	99,9	99,8	98,3	91,0	81,1	64,3	24,5	6,3	4,6	1,61

4.táblázat:exhaust por hidrometrálás eredményei

Szita - m é r e t [mm]	0,5	0,250	0,125	0,063	0,0452	0,0340	0,0221	0,0131	0,0078	0,0049	0,0130	0,0008	Cu D60/D10
Átesett tömeg [%]	100	99,0	88,7	77,0	72,0	65,4	55,4	40,3	40,3	30,3	11,3	8,0	17,0

5. táblázat: Mészköliszt hidrometrálás eredményei

ahol:

$$\frac{M_1}{V_1} \quad \begin{array}{l} \text{a vizsgált adalékanyag tömege [g]} \\ \text{a bejuttatott festékanyag térfogata [ml]} \end{array}$$

Az eljárást végrehajtottam mészköliszttel is, az így ka-pott eredmények az alábbi táblázatban láthatók:

Hidrometrálással különböző méretű szemcséket ülepítünk ioncserélt vagy desztillált vízben. A folyadékban a szemcsék különböző sebességgel ülepednek mérettől függően. A vizsgálatot az MSZ 14043-3:1979 3.4. pontja alapján végeztem.

Az ülepedés sebessége függ:

- szemcseátmérőtől
- szemcse testsűrűségétől
- folyadék sűrűségétől
- folyadék viszkozitásától



1. grafikon :Exhaust por hidrometrálás eredményének ábrázolása



2. grafikon: Mészköliszt hidrometrálás eredményei

A vizsgálathoz 30g mennyiséget eredeti nedves álla-potban kimérünk. Ezzel párhuzamosan meghatározzuk a minta víztartalmát és ennek ismeretében kiszámítjuk a hidrometráláshoz szükséges száraz tömeget. Az eredeti nedves mintából desztillált vagy ioncserélt víz segítségével szuszpenziót állítunk elő, majd fokozatosan elkever-jük. A koagulálás megakadályozására a szuszpenzióhoz diszpergáló anyagot adunk.

A hidrometrálás előtt a szuszpenziót felrázzuk, majd a sűrűségmérőt a stopperóra egyidejű indításával a hengerbe helyezzük és a megadott időközönként leolvassuk. A szem-megoszlási görbét a Stokes-törvény alapján határozzuk meg, az alábbi képlettel:

$$S\% = \frac{100}{m_s} \cdot \frac{s}{p_s^{-1}} \cdot (R+m-100)$$

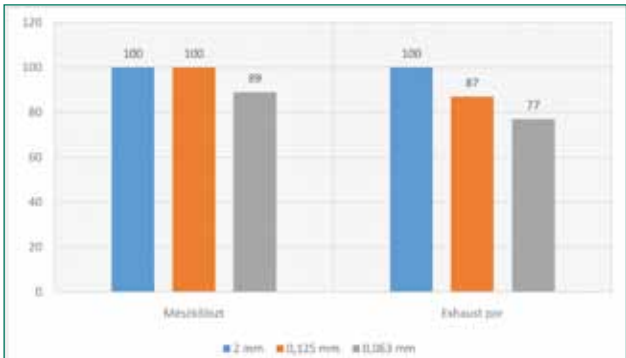
ahol:

$$\begin{array}{ll} m_0 & \text{a felhasznált anyag száraz tömege [g]} \\ R & = 1000 \cdot (r' + c - 1) \\ r' & \text{a sűrűségmérőn leolvasott érték} \\ c & \text{a meniszkus korrekció} \\ m & \text{a hőmérséklet korrekció} \end{array}$$

Az exhaust por és a mészköliszt szemeloszlásának meg-határozásának eredményeit hidrometrálással az alábbi táb-lázatok és grafikonok szemléltetik:

A túl nagy különbségek miatt (lásd. 0,063 mm-es szita) a vizsgálatot még egyszer elvégeztük hidrometrálással is. Az eredmények a két mérés alatt nem változtak.

A kölisztek szemeloszlásának vizsgálatát *légsugaras szita-lással* is elvégeztük, mely alapján az aszfaltkeverékterveket is készítettük. Az eredmények összehasonlítását az alábbi diagram szemlélteti:



3.grafikon: légsugaras szitálási eredmények

Szita méret [mm]	Átesett tömeg [%]			
	NZ 0/2	NZ 0/4	KZ 4/8	KZ 8/11
0,063	9,0	9,9	1	0
0,125	17	16	1	0
0,250	30	24	1	0
0,500	46	34	1	0
1	70	49	1	0
2	98	68	2	0
4	100	95	6	0
5,6	100	100	54	0
8	100	100	99	21
11,2	100	100	100	97
16,0	100	100	100	100
Anyag sűrűsége [mg/m³]	2,667	2,668	2,685	2,680

6. táblázat: Felhasznált kőanyagok szemeloszlása

A *kölisztek anyagsűrűségének* meghatározását piknométeres módszerrel végeztük. A vizsgálat során tömegállandóságig szárítjuk a vizsgálandó anyagot, majd a kihűlt mintát csomómentesen átszítalunk a 0,125 mm-es szitán minimum 50 gramm anyagot. 3 különböző kalibrált piknométerbe körülbelül 10 g anyagot mérünk majd 35 percre vákuumexszikkátorba helyezük. Az eredeti légnyomás elérése után feltöltjük mérőfolyadékkal (desztillált víz vagy ioncserélt víz) és dugó nélkül 60°C-os vízfürdőbe helyezük. 60 perc elteltével a dugót rá kell helyezni, mely következtében a kapillárison mérőfolyadék, esetlegesen vizsgálandó anyag is eltávozhat. Ezt letörölve lemérjük, végül lemérjük a tömegét, mellyel már a sűrűség könnyen számítható.

Az exhaust por anyagsűrűsége 25°C-on 2,750 mg/m³ a mészköliszté, pedig 2,715 mg/m³.

Az aszfaltkeverékekhez *felhasznált kőanyagok szemeloszlását és hézagmentes testsűrűségét* az alábbi táblázat szemlélteti:

A vizsgálat végrehajtásához az MSZ EN 933-1 Kőanyaghalmozatok geometriai tulajdonságainak vizsgálata című előírást vettük alapul.

A különböző kőanyaghalmozatokból mintát veszünk, majd tömegállandóságig szárítjuk. Ezt követően a már kiszárított anyagból lemérjük a vizsgálni kívánt adagot, majd szitasorozat segítségével különböző csökkenő szemnagyságú halmazokra osztjuk.

Az eljárás NZ 0/2 és NZ 0/4 mosásból és száraz szitálásból állt. Itt a vizsgálati adagot elegendő vízzel átmossuk, ezzel elérve, hogy a finomrészek teljesen szétválástódjanak. A megmosott anyagot tömegállandóságig kell szárítani, majd a kiszárított anyagot szitaoszlopba önteni. A szitaoszlopot kézzel vagy mechanikus úton rázni kel, ezután a szitákat a legnagyobb szitanyílásával kezdve egyenként kézzel átszítani. A különböző tömegeket a vizsgálati jegyzőkönyvre fel kell jegyezni, majd ebből számítással előállítható az anyag szemeloszlása.

A KZ 4/8 és KZ 8/11-es zúzottkő esetében csak száraz eljárást használunk. A vizsgálati eljárás innentől megegyezik az előző bekezdésben ismertett eljárással.

A számítás során az átesett tömeg [%] értékének előállításához a következő képletet alkalmazzuk:

$$\text{Átesett tömeg [\%]} = 100 - (R_i/M_1 \times 100)$$

ahol

R_i a fennmaradt anyag tömege [g]
M₁ az összes szitán fennmaradt anyag tömege [g] (ideális esetben, ha nincs veszteség ez a bemért tömeg [g])

Az *anyagsűrűség meghatározását* piknométeres módszerrel végezzük. A kalibrált piknométerbe körülbelül 1000-1500 g vizsgált anyagot helyezünk. Ezután a piknométer és a száraz anyag tömegét lemérjük, majd feltöltjük desztillált vagy ioncserélt vízzel és 5 percre vákuum alá helyezük. Ezután a piknométert légmentesen lezárjuk, feltöltjük további oldószerezrel figyelve arra, hogy a vizsgált mennyiségbe ne kerüljenek légbuborékok, majd vízfürdőbe helyezük. Miután a bemért anyag elérte a 24°C-ot lemérhetjük a tömegét.

Ezután az alábbi képlettel számítható az anyag sűrűsége:

$$S'_{AD} = \frac{GA}{VA} = \frac{M4-M2}{V * [\frac{M5-M4}{SK1}]}$$

ahol

SK1 az oldószerez sűrűsége
M2 a piknométer tömege
M4 a piknométer+anyag tömege
GA a bemért anyag tömege (GA=M4-M2)
M5 a pinométer+anyag+oldószerez tömege
VA a bemért anyag térfogata (VA = V*[(M5-M4)/SK1])

4. A felhasznált kötőanyag vizsgálata

A felhasznált kötőanyag *MOL 50/70-es bitumen*, melyet tartálykocsiból vettek a beérkezés napján.

Az MSZ EN 1427:2007 1. pontja a bitumenes kötőanyagok 28-150°C közötti lágyuláspontjának meghatározására egy gyűrűs golyós lágyuláspont vizsgálati módszert ír elő. Kétperemes, sárgarézt gyűrűbe öntött és formára vágott bitumenes kötőanyagból készített mintákat folyadékfürdőbe) helyezünk. A folyadékfürdő lehet ioncserélt víz vagy frissen forralt desztillált víz, ami azért lényeges, mert melegítés hatására levegőbuborékok alakulhatnak ki, amik a mintához tapadva befolyásolhatják a mérés eredményét.

Folyamatosan melegítés mellett a korongok felületére egy-egy acélgolyót helyezünk. Lágyulásponton azt a pontot adjuk meg, amelyen a bitumenes kötőanyag annyira meg-lágyul, hogy az acélgolyók 25,0±0,4 mm mélyre süllyednek.

A bitumen lágyuláspont értékeit az alábbi táblázat szemlélteti:

Az MSZ EN 1426:2007-es szabvány alapján végeztük a bitumenes kötőanyag *tűpenetráció* meghatározását. Penetrációnak azt a konzisztenciát nevezzük, amely egy szabványos méretű tű függőleges irányba való behatolásának a távolsága az adott hőmérsékletű mintába, előírt terhelési időtartam alatt, tizedmilliméterben kifejezve. [10]

Súlyváltozás előtti vizsgálatok:		
Lágyuláspont [°C]:		
	1.	2.
Lágyuláspont érték [°C]	50,2	50,4
Átlag [x]:	50,4	
Megengedett terjedelem [°C] 80°C-ig ±1°C és 80°C fölött ±2°C	1	
Tényleges terjedelem	0,2	

7.táblázat:a bitumen lágyuláspontja

Súlyváltozás előtti vizsgálatok:			
Penetráció: 25°C-os (0,1 mm)			
	1.	2.	3.
Penetráció értéke [0,1 mm]	59	60	59
Átlag [x]:	59		
Megengedett terjedelem [°C]	2		
Tényleges terjedelem:	1		

8.táblázat:a bitumen penetrációja

A vizsgálathoz egy 55 mm átmérőjű mintatároló edényt használunk, melybe előzőleg a bitumenes kötőanyagból mintát készítettünk. A minta magassága minimum 35 mm kell, legyen. Az előkészített, pihentetett mintákat (pihentetés során figyelni kell arra, hogy a mintába légbuborékok ne kerüljenek) 1 órára állandó hőmérsékletű (25°C) vízfürdőbe helyezük. Az egy óra leteltével a mintatároló edényt mérési pozícióba helyezük, majd elvégezzük rajta 3 különböző ponton a tűpróbát. A mérést a mérési hibák kiküszöbölése érdekében még egy ugyanolyan mintán meg kell ismételni azonos személy által, ugyanazon a készüléken. A tűpenetráció eredményeit az alábbi táblázat szemlélteti:

5. Az aszfaltkeverékek vizsgálati eredményei

A táblázatban látható, hogy a töltőanyagtartalom egy aszfaltkeveréket kivéve magasabb az előírásban meghatározott 10±2% határnál.

Az aszfaltkeverékek eddigi vizsgálatai során a 4% mészköliszt + 4% sajátpor-os keverék kiugró értékeket mutat. Az alacsony hézagtartalmat okozhatja a kiugróan magas filler tartalom is, ami befolyásolja a testsűrűség értékeit is. A csak mészkölisztes és csak sajátporos keverék e tulajdonságai szinte teljesen megegyeznek. Itt visszatálnék a az exhaust por változásaira, hogy a sajátpor sűrűsége, szemeloszlása és duzzadó agyagásványtartalma a keverőtelepen belül folyamatosan változik. Jelen keverékekhez felhasznált sajátpor tulajdonságai nagyban megegyeznek a mészköliszt tulajdonságaival, még duzzadó agyagásványtartalom tekintetében is. Így ez magyarázhatja a már kész aszfaltkeverékekben mutatkozó hasonló tulajdonságokat. Más keveréknél, vagy más mintavételi időpontban ez a hasonlóság nem egyértelmű.

	7% mészkö-liszt 0% sajátpor	0% mészkö-liszt 8% sajátpor	4% mészkö-liszt 4% sajátpor	5% mészkö-liszt 2% sajátpor	2% mészkö-liszt 6% sajátpor
Bitumentartalom [%]	4,78	4,72	4,72	4,45	4,64
Hézagmentes testsűrű-ség [mg/m³]	2,445	2,445	2,440	2,433	2,444
Marshall testsűrűség [mg/m³]	2,346	2,347	2,368	2,315	2,342
Szabad hézag [%]	4,0	4,0	2,9	4,9	4,2
Töltőanyagtartalom [%]	12,5	12,1	13,6	12,5	11,9

9.táblázat: az aszfaltkeverékek eredményei



1.kép:a hasító húzó-szilárdság vizsgálata

5.1. Hasító húzó-szilárdsági vizsgálat

A Marshall próbatestek hasító-húzó szilárdság meghatározásánál a már előre elkészített 6 db Marshall próbates-teket (alsó és felső oldal 35-35 döngöléssel) két csoportra osztjuk. A 6 db próbatesten lemérjük a Marshall pogácsák magasságát és átmérőjét minimum 4 helyen, melyből átlagot képezünk. A próbatestek átmérője 100±3mm legyen. Minden egyes vizsgálati próbatest méreteit és testsűrűségét az EN 12697-29 és az EN 12697-6 előírás szerint kell meghatározni. A kondicionálás előtt minden próbatestnek 24 órát kell pihennie.

Az egyik csoportot szobahőmérsékleten, szárazon tar-juk, míg a másik nedves csoportot vákuumedényben lévő perforált polcra helyezük úgy, hogy a víz szintje legalább 20mm-rel a próbatestek felszíne felett legyen. A vákuum-mal 10 percen keresztül 6,7±3 kPa nyomást hozunk létre, majd a vákuumot további 30 percen keresztül tartjuk. Ez-után a vákuumedény nyomását lassan kiegyenlítjük a légköri nyomásra. A vákuumozott próbatestek térfogatát az előző módszerrel (magasság-átmérő mérése) kiszámítjuk, majd a nedves próbatesteket 68-72 órára 40°C-os vízfürdőbe helyez-ük. Miután vízzel telítettük a nedves próbatesteket műanyag zacskóval légmentesen lezárjuk mindkét csoport mintáit,



4.grafikon: a hasító húzó-szilárdsági tényező

majd további 4 óráig 18°C-os vízfürdőbe helyezzük őket. AZ EN 12697-23 előírás szerint határozzuk meg a vizsgálati próbatetek hasító-húzó szilárdságát. A vizsgálatot a kondicionáló vízfürdőből való kivétel után 1 percen belül el kell végezni. A nedves próbatetek felületét szárazra töröljük.

Az ITSR-hasító-húzószilárdsági tényezőt a következő képlettel számítjuk:

$$ITSR = 100 * \frac{ITS_w}{ITS_d}$$

ahol:

ITSR	a hasító-húzó szilárdsági tényező [%]
ITS _w	a nedves csoport átlagos hasító-húzó szilárdsága [kPa]
ITS _d	a száraz csoport átlagos hasító-húzó szilárdsága [kPa]

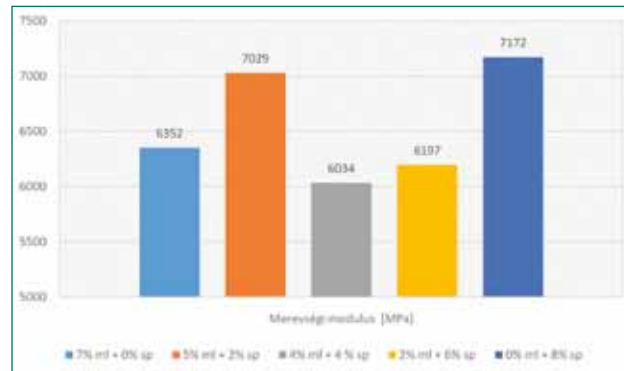
A vizsgálat hasító-húzó szilárdsági tényezőit az alábbi diagram szemlélteti:

Hasító-húzó szilárdság értéke 80% felett megfelelő, így az összes aszfaltkeverékünk megfelelt a vizsgálat követelményeinek. A 4% mészköliszt + 4% sajátport tartalmazó keverék kiugró, 99,1%-os ITSR eredményt mutat. Ezt okozhatja az alacsony, 2,9%-os hézagtartalom illetve magas töltőanyagtartalom.

A további sajátport is tartalmazó aszfaltkeverékek hasonló eredményeket mutatnak. A sajátpor hozzáadagolása nélkül készült keverék is magasabb, 92,3%-os ITSR értéket mutat. Megjegyzendő itt is, hogy az aszfaltkeverési folyamat megkezdése előtt a kőanyagokról nem távolítottuk el a rajtuk található finomszemcséket, így magasabb filler tartalommal rendelkeznek. A 4% mészkölisztet és 4% sajátport tartalmazó keveréknél felmerülhetett mérési hiba is okozhatja, hogy az eredmények nem mutatnak egyenletes változást. A mérési hibát az összes vizsgálat elvégzésével tudjuk csak kizárni.

5.2. Hasító-húzó vizsgálat

A hasító húzó vizsgálatához aszfaltkeverékeként 4 db Marshall próbatestet 50-50 ütéssel készítettünk. A vizsgálatot az MSZ EN 12697-26-2005 előírás alapján végezzük. A vizsgálati mintákat 20°C-ra kondicionáljuk. Lemérjük a próbatest átmérőjét majd rögzítjük az LVDT-tartókeretben. Ezután az érzékelőket ± 0,01 mm pontosságra állítva indítjuk a mérést.



5.grafikon: az aszfaltkeverékek merevségi modulusa

A vizsgálóberendezés 5 terhelési impulzust hajt végre 124 msec felfutási idővel. Ha megkaptuk az első átmérőn mért eredményeket, a vizsgálati mintát 90°-al elforgatjuk és megismétljük a mérést. A vizsgálat végén megkapjuk az aszfaltkeverékek merevségi modulusát [MPa].

A merevségi modulus számítása:

$$S_m = \frac{F \cdot (v + 0,27)}{(z \cdot h)}$$

ahol:

S _m	a merevségi modulus [MPa]
F	az erő csúcserő [N]
Z	a vízszintes alakváltozás csúcserő [mm]
H	a próbatest átlagos magassága [mm]
v	a Poisson tényező [0,35]

Merevségi modulusra az előírás nem ad meg követelményt.

Az alábbi diagrammon láthatók az aszfaltkeverékek merevségi modulus értékei:



2.kép : a hasító húzó vizsgálat

Jelen vizsgálatnál a csak sajátport tartalmazó aszfaltkeverék és a 4% mészkölisztet + 4% sajátport tartalmazó aszfaltkeverék más viselkedést mutat a másik 3 keverékhez képest. A 4% mészkölisztet és 4% sajátporttal készült keverék kiugrása itt is magyarázható az aszfaltkeverék testsűrűségével és hézagtartalmának alacsony értékével (2,9%). A csak sajátport tartalmazó keverék magas filler tartalma miatt merevebb aszfaltkeverék keletkezhetett a gyártás során.

A merevségi modulus szempontjából, amíg a megrendelő nem ír elő más értéket mindegyik érték elfogadható.

5.3. Keréknyomvályú képződés

Az aszfaltok egy legjellemzőbb tönkremeneteli módja a keréknyomvályú képződés. A keréknyomvályú az útburkolat keresztirányú egyenetlensége, ami akadályozza a gépjárművek szabad közlekedését és a pálya vízelvezetését. Az utóbbi esetben létrejöhet egy jelenség, amit vízen csúszásnak (aquaplaning) nevezünk.

Az aszfalt viszkoelasztikus tulajdonsága miatt terhelés hatására képes bizonyos mértékű maradó alakváltozásra. Az alakváltozás mértéke az aszfalttréteg tulajdonságaitól, hőmérsékletétől és a terhelés nagyságától függ.

A keréknyomvályú kialakulásának okai:

- utótömörödés
- kopás
- plasztikus deformáció

A 15 mm-nél mélyebb nyomvályúk kialakulását laboratóriumi körülmények között helyszíni fúrt mintákkal vizsgálni kell.

A vizsgálati próbatesteket az előzőekben az aszfaltkeverés során félrerakott aszfaltkeverékekből (MSZ EN 12697-35) szegmens tömörítővel 4 cm vastag lap próbatesteket állítunk elő. Aszfaltkeverékeként 2 db lap próbatestet



3. kép: a keréknyom vizsgálat eszköze

készítünk. A vizsgálati próbatetek testsűrűségét meghatározzuk az MSZ EN 12697-6, MSZ 12697-7 szerint. Ezután a vizsgálati mintákat formák öntjük (gipsz vagy beton segítségével) majd a keréknyomvizsgáló gépbe helyezzük. A keréknyomvizsgáló berendezés két terhelt kerékből áll, amelyet a rögzített mintára helyezünk. Az asztal a kerék alatt előre-hátra mozog és a felszerelt műszer érzékeli a nyomképződés sebességét a vizsgálati próbatest felületén.

A vizsgálat megkezdése előtt egy kondicionáló menetet kell indítani, ami 15°C-25°C között zajlik 1000 terhelési ciklus megtételéig. Ezután beállítjuk a próbatestet a vizsgálati hőmérsékletre (60°C). A vizsgálat alatt a vizsgálati próbatetekben a ±2°C hőmérsékleti pontosságot.

A gép elindítása után 700 P kerékterheléssel 10 000 terhelési ciklus halad át a mintán. A vizsgálat befejeztével (körülbelül 4 óra múlva) elkezdhetjük a következő minta előkészítését és vizsgálatát.

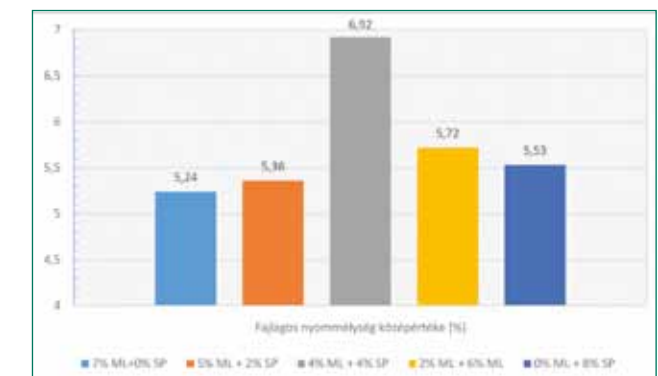
A mérés során előre megjelölt 15 helyen leolvasást végeztünk. A következő összefüggéssel számítható a fajlagos nyommélység:

$$P_i = 100 * \sum_{j=1}^{15} \frac{(m_{ij} - m_{0j})}{(15 \cdot h)}$$

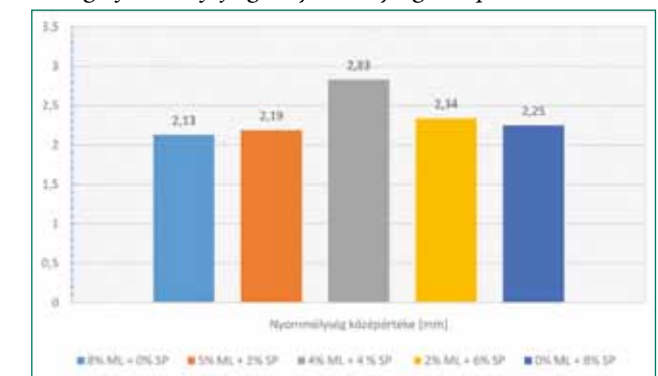
ahol:

P _i	a mért fajlagos nyommélység [%]
m _{ij}	a helyi alakváltozás [mm]
m _{0j}	a kezdő érték a j helyen
h	a próbatest vastagsága [mm]

Az alábbi diagrammok a fajlagos nyommélység középértékét százalékban illetve a nyommélység középértékét mm-ben szemléltetik:



6.grafikon: a fajlagos nyommélység középértéke %-ban



7.grafikon: a fajlagos nyommélység mm.-ben

A keréknyomképződés eredményeiben ismét a 4% mészkőliszt + 4% sajátport tartalmazó aszfaltkeverék mutat magasabb, kiugró értékeket. A vizsgálat során a minta elmozdult, így ez az eredmény a továbbiakban nem kívánom figyelembe venni. Az MSZ EN 12697 előírásnak megfelelő az összes eredmény, mivel maximális értéknek 7% fajlagos nyomméltség a megengedhető.

Nyomméltség középértékénél 5 mm a megengedhető érték, viszont ezt egyik aszfaltkeverék eredménye sem közelíti meg. Fajlagos nyomméltségnél megengedhető 7%, amit a 4% mészkőliszt + 4% sajátpor hozzáadagolásával készült keverék megközelít.

6. Összefoglalás és további kutatási lehetőségek

A kutatási munka során olyan aszfaltkeverékeket terveztem és vizsgáltam, amelyekben a 2,0 mm feletti rész kőanyagának adagolási mennyisége, szemeloszlása és minősége mindig azonos volt.

Az 5 db aszfaltkeverékeket tervszerűen változtattam az alábbiak szerint:

- készült egy teljesen az előírásnak is megfelelő aszfaltkeverék
- készült 3 db olyan aszfaltkeverék, amely saját-töltőanyagot is tartalmazott különböző mészkőliszt és sajátpor arányokkal
- készült egy mészkőliszt elhagyásával, csak saját-töltőanyagot tartalmazó keverék
- saját-töltőanyag eltávolítás a felhasznált kőanyagokról nem történt.

Az 5 fajta keveréket a következő töltőanyagadagolásokkal állítottam össze:

- 7% mészkőliszt + 0% sajátpor
- 5% mészkőliszt + 2% sajátpor
- 4% mészkőliszt + 4% sajátpor
- 2% mészkőliszt + 6% sajátpor
- 0% mészkőliszt + 8% sajátpor.

A rendelkezésre álló vizsgálati eredmények alapján egyértelműen nem állapítható meg, hogy a sajátport milyen mértékig adagolhatjuk vissza töltőanyagként. Ennek oka a sajátpor folyamatos változása, ami akár bányánként is eltérhet. Ezt a valóságban nem minden esetben lehetne szabályozni, hiszen egy keverőtelep nem minden esetben dolgozik egy fajta kőanyaggal illetve egy fajta aszfaltkeverék típussal.

Az eredmények minden vizsgálatban megfeleltek a rá vonatkozó előírásnak, kivétel az aszfaltkeverékek töltőanyagtartalmát. Itt hibát követtünk el és nem vettük kellőképp figyelembe a kőanyagon található finomszemcséket, melyek megnövelték a tervezett aszfaltkeverékek töltőanyagtartalmát.

A keverés során elkövettük azt a hibát, hogy a sajátport nem fokozatosan adagoltuk az aszfaltkeverékhez, hanem a kőanyaggal került a keverőteknőbe, majd megfelelő hőmérséklet elérése után hozzáadtuk a B 50/70-es bitumént is. Ezzel előidéztük, hogy a bitumen ennyire hirtelen nem

volt képes ekkora mennyiségű poranyagot megkötni, így keletkeztek olyan „csomók” melyek a mérési eredményeket befolyásolhatták (pl. extrahálás után a bitumen tartalom alacsony, míg a töltőanyag tartalom magasabb értéket mutathat).

Fontos kiemelni, hogy a 4% mészkőliszt + 4% sajátpor hozzáadagolással készült aszfaltkeverék minden vizsgálatnál kiugró értéket mutat. Erre több magyarázat is lehet, akár a keverék magas filler tartalma, akár az aszfaltkeverék tervezésénél elkövetett hibák. Így ezt az eredményt a továbbiakban nem szabad figyelembe venni.

Későbbi kutatási lehetőséget jelentene, ha még több vizsgálatot végeznénk különböző aszfaltkeverék típusok és különböző sajátpor mintavételekkel. Külön hangsúlyt lehetne fektetni arra, hogy adott keverőtelepen, adott sajátpor mintavétellel, milyen tulajdonságú saját-töltőanyagot kapunk. Fontos lenne az is, hogy az adott időszakban milyen típusú aszfaltkeveréket gyártottak és ez hogyan befolyásolta a sajátport szemeloszlás, testsűrűség vagy duzzadó agyagásványtartalom tekintetében. A további kutatás hasznos lehet, mivel a sajátpor elszállításával költségek merülnek fel, így biztos eredmények mellett ezt csökkenteni lehetne.

Irodalomjegyzék

BME. UVT, „Aszfaltok vizsgálatai 2008, Az EN szabványok szerinti finomszem-tartalom minőségének hatása az aszfaltkeverékek adhéziós tulajdonságaira, Zárójelentés,” BME, Budapest, 2009.

Dr. Tóth Cs. és Dr. Szakos P., *Útépítés és fenntartás - Aszfalt rétegek és beépítésük*. 2015.

Tompa R., „Saját porok minőségi jellemzői,” *Az Aszfalt*, pp. 36-39., 2015/2.szám.

Benkő Z., „Az aszfaltgyártás technológiai folyamata során elszívott por töltőanyagként (filler) történő felhasználás lehetőségei, a felhasználás gazdasági és környezetvédelmi kérdései,” Széchenyi István Egyetem, Győr, 2011.

Soós Z., *Útépítési Laboratórium I.* Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2016.

M. E. 1426, *Bitumen és bitumenes kötőanyagok. A túpenetráció meghatározása*, Magyar Szabványügyi Testület, 2007.

Ávár Vivien és Szentpéteri Ibolya, „Plasztikus deformációs hajlam meghatározása kúszás valamint vákuum triaxiális vizsgálatok segítségével,” Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2010.

Puchard Z., „Útépítési zúzottkővekkel szemben támasztott követelmények,” *Építőanyag*, pp. 123-125, 2006. 4. szám.

Drénaszfalt és aszfaltbeton kopóréteg öregedésének vizsgálata ciklikus fagyasztással

Rosta Szabolcs

Budapesti Műszaki Egyetem hallgatója



Bevezetés

A drénaszfaltot gyakran használják Nyugat-Európában és a világ számos más fejlett országában. Legfontosabb jellemzője és egyben elterjedésének legfőbb oka – nagy porozitása, melynek következtében kimagasló vízelnyelő és zajcsökkentő hatással bír. A magasabb hézagtartalom azonban gyorsítja annak öregedését, mely az élettartamát is nagymértékben befolyásolja, így az aszfaltbeton kopóréteg 10-15 éves élettartamához képest, mindössze 7-10 évre tehető.

Előzmények Öregedés

Az aszfaltok öregedésén elsősorban a kötőanyag öregedését értjük, aminek a hatására a bitumen merevsége nő, ridegebbé válik.

A bitumen szerves vegyület révén érzékeny az oxigén jelenlétére, az ultraviola sugárzásra és a hőmérséklet változására. Ezek a legfőbb okai a bitumen öregedésének, az élettartama alatti reológiai tulajdonságai változásának (pe-



1. ábra: Bitumen öregedése következtében létrejött kipergés

netráció csökkenés, lágyuláspont növekedés, viszkozitás növekedés).

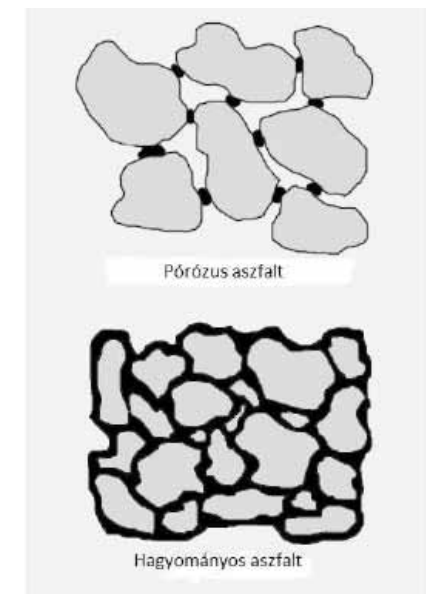
A porózus aszfaltburkolatok összetartó erejét akárcsak az aszfaltbeton burkolatnál, a bitumen szolgáltatja. Azonban a nagy porozitás miatt a drénaszfalt szemcséit nem öleli körbe bitumen réteg, hanem a „szemcse-szemcse” érintkező felület között szolgálat összetartó erőt. A kötőanyag öregedése következtében ez a kötés meggyengül, végül megszűnik. Ekkor következik be a porózus aszfalt leggyakoribb tönkremenetele a kipergés.

Laboratóriumi fárasztásos öregítés eljárás

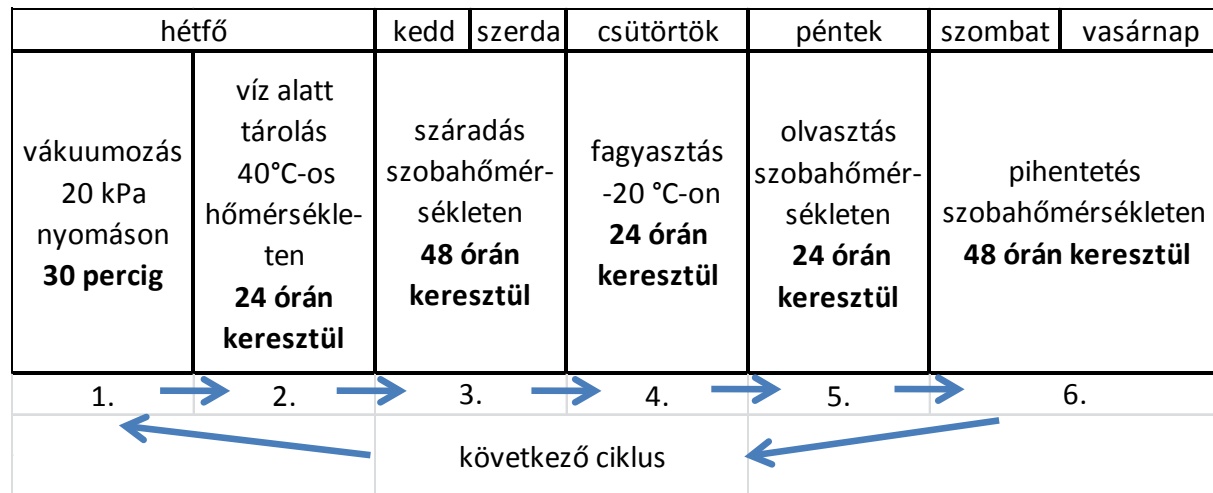
A kötőanyag öregítésére nagyon sok helyen különböző módszert fejlesztettek ki, már szabványeljárás is készült belőle, azonban a keverék öregedésének szabványos laboratóriumi vizsgálatát még nem került kidolgozásra.

Az aszfaltkeverék vízáteresztő képességének, merevségének és vízáteresztőképességének a vizsgálatát próbatesten hajtjuk végre, ezeknek a tulajdonságoknak öregedés hatására történő változásához célszerűnek tartottuk egy olyan fárasztásos öregítési eljárást kidolgozni, amelyek a keverékeken, Marshall-próbatesten elvégezhetők.

Az eljárás lényege az volt, hogy rövid idő alatt modellezni tudjuk az aszfaltkeverékek öregedését. Az egyik legfontosabb külső hatás, amely következtében végbemegy a folyamat, a hőmérséklet-ingadozás. Fontos volt, hogy a



2. ábra: Különbség az aszfaltbeton és a porózus aszfalt burkolat között



1. táblázat: Egy ciklus fárasztásos öregítés folyamatábrája

Bitumen	5,00 %	B 50/70-50
Adalék	-	-
ML	8,00%	Dorog
NZ 0/2	14,00%	Tatabánya
NZ 0/4	19,00%	Uzsa
NZ 4/8	13,00%	Uzsa
NZ 8/11	46,00%	Uzsa

2. táblázat: AC 11 kopó 50/70 keverékterve

Bitumen	5,00 %	B 50/70-50
Adalék	0,50%	Viatop® plus FEP
ML	5,00%	Dorog
NZ 0/2	8,00%	Tatabánya
NZ 0/4	4,00%	Uzsa
NZ 4/8	7,00%	Uzsa
NZ 8/11	76,00%	Uzsa

3. táblázat: PA 11 kopó 50/70 keverékterve

keverékben olyan hőmérsékleti változásokat hozunk létre, amelyeket a pályában beépítve az évszakok változásából következően elvisel. Erre egy az évi időjárás váltakozását alapul vevő, ciklikus fárasztásos öregítési eljárást terveztünk meg. A folyamat vákuum alatti tárolásból, 40 °C-os víz alatti tárolásból, pihentetésből, -20 °C-os fagyasztásból és olvasztásból tevődött össze. Egy-egy ciklus időtartama 7 napból állt, amely az aszfalt 1 év burkolatban eltöltött idejét modellezte. Összesen 6 ciklus alatt bekövetkezett változásokat vizsgáltam.

Felhasznált keverékek, vizsgálati módszerek

A vizsgálatok során a második táblázatban szereplő aszfaltbeton és porózus aszfalt keverékeket használtam fel. A vizsgálati eredmények jó összehasonlításának érdekében mindkét keverékhez ugyanonnan származó és ugyanolyan frakciókat tartalmazó zúzottkő (NL) és mészköliszt (ML)

Szítaméret (mm)	Követelmény (PA11)	
16	< 100	
11,2	90	100
8	-	
5,6	-	
4	-	
2	5	25
1	-	
0,25	-	
0,125	-	
0,063	2	10
0	-	

4. táblázat: PA 11 kopó 50/70 adalékanyag szítálásánál, egyes szítákon áthullott frakciók megengedett értékei tömegszázalékban

Szítaméret (mm)	Követelmény (AC11)	
16	< 100	
11,2	90	100
8	-	
5,6	-	
4	-	
2	30	50
1	-	
0,25	-	
0,125	-	
0,063	6	10
0	-	

5. táblázat: AC 11 kopó 50/70 adalékanyag szítálásánál, egyes szítákon áthullott frakciók megengedett értékei tömegszázalékban

termékeket használtam fel, melyeket a TPA HU Kft. budapesti laboratóriuma biztosított számomra.

Aszfaltbeton: AC 11 kopó 50/70
Porózus aszfalt: PA 11 kopó 50/70

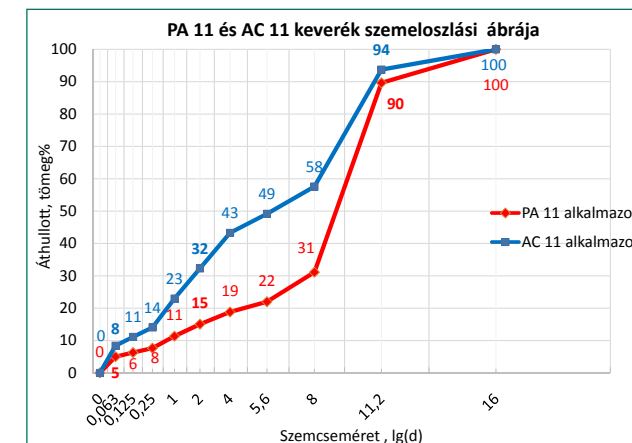
A drénaszfaltok legjellemzőbb sajátossága a szemeloszlásán múlik. Az MSZ EN 13108-7:2006 Aszfaltkeverékek. Meleg aszfaltkeverékek vizsgálati módszere. Anyagelőírások. szabvány szerint kell elkészíteni azt. A 20 % körüli hézagtartalom eléréséhez a szabvány a 4. táblázat.

	0. ciklus	1. ciklus	2. ciklus	3. ciklus	4. ciklus	5. ciklus	6. ciklus
öregítésben résztvevő próbatestek	0 db AC 11 0 db PA 11	18db AC 11 18db PA 11	15db AC 11 15db PA 11	12db AC 11 12db PA 11	9 db AC 11 9 db PA 11	6 db AC 11 6 db PA 11	3 db AC 11 3 db PA 11
fügőleges vízáteresztő képesség vizsgálaton áteső próbatest	6 db AC 11 6 db PA 11	3 db AC 11 3 db PA 11	3 db AC 11 3 db PA 11	3 db AC 11 3 db PA 11	3 db AC 11 3 db PA 11	3 db AC 11 3 db PA 11	3 db AC 11 3 db PA 11
merevség (IT-CY) vizsgálaton áteső próbatestek	6 db AC 11 6 db PA 11	3 db AC 11 3 db PA 11	3 db AC 11 3 db PA 11	3 db AC 11 3 db PA 11	3 db AC 11 3 db PA 11	3 db AC 11 3 db PA 11	3 db AC 11 3 db PA 11
hasító-húzó szilárdság (ITS) vizsgálaton áteső próbatestek	3 db AC 11 száraz 3 db AC 11 nedves 3 db PA 11 száraz 3 db PA 11 nedves	3 db AC 11 3 db PA 11	3 db AC 11 3 db PA 11	3 db AC 11 3 db PA 11	3 db AC 11 3 db PA 11	3 db AC 11 3 db PA 11	3 db AC 11 3 db PA 11

7. táblázat: Egyes ciklusban résztvevő próbatestek, és vizsgálatuk

keverék típusa	PA 11 kopó 50/70	AC 11 kopó 50/70
V _m (%)	16,32	3,40

6. táblázat: PA 11 kopó 50/70 és PA 11 kopó 50/70 keverékek átlagos szabad hézagtartalma



3. ábra: PA 11 kopó 50/70 és AC 11 kopó 50/70 szemeloszlási görbéi

szerinti határértékeket szabja meg.

A referencia keverék gyanánt szolgáló AC 11 kopó 50/70 szemeloszlásának határértékei az MSZ EN 13108-1:2006 Aszfaltkeverékek. Anyagelőírások. Aszfaltbeton szabványban fellelhető 5. táblázat ad útmutatást.

A táblázatok között a 2-es szítán való áthullás megengedett értékének különbsége a legszembetűnőbb. Míg a nagy porozitás eléréséhez 5-25 % addig az egyenletes szemszerkezethez 30-50 %-os érték szükséges.

A Porózus aszfaltkeverék szemeloszlásán látható, hogy a köváz felépítése szakaszos. A 8-11 mm legnagyobb átmérőjű szemek 59 tömegszázalékban, míg az ennél kisebb frakciók egyenletesen, de csak összesen 41 tömegszázalékban szerepelnek a keverékben. Ez az eloszlás teszi lehetővé a sok összetett pórus kialakulását a beépített rétegben.

Az aszfaltbeton szemeloszlási görbéje sokkal egyenletesebb, mint a porózus aszfalté. Ennek köszönhetően a nagy frakciók által kialakított üregeket kisebb frakciók töltik meg, amelyeknek üregeit még kisebbek. Az így felépített keverék sokkal tömörebb, hézagtartalma kisebb, mint a drénaszfaltoké.

A keverékekből készített próbatestek átlagos szabad hézagtartamai a 6. táblázatban láthatók.

A kutatási terv szerint a ciklusok között a keverékeken hasító-húzószilárdság, merevség és vízerzékenység vizsgálatokat hajtottam végre. Azért erre a három vizsgálati típusra esett a választás, mivel

- az ITS hasító-húzószilárdság vizsgálat a bitumenfilm öregedés miatti gyengülés kimutatására szolgál, a kövázról leváló bitumenfilm mértékét

	0.ciklus	1. ciklus	2. ciklus	3. ciklus	4. ciklus	5. ciklus	6. ciklus
PA 11 relatív szórás (v) [%]	0,15	0,38	0,25	0,20	0,21	0,05	0,22
AC 11 relatív szórás (v) [%]	0,08	0,46	0,07	0,18	0,43	0,11	0,09

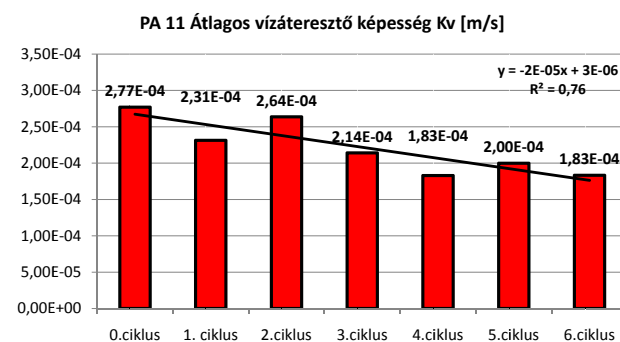
8. táblázat: PA 11 és AC 11 vízáteresztő képességeinek ciklusonkénti relatív szórása

lehet meghatározni vele.

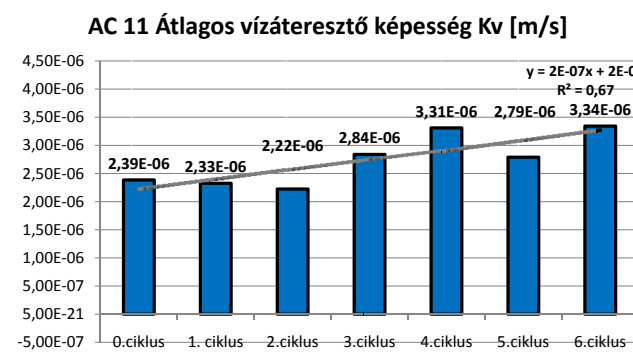
- a merevség a keverékek egyik legfontosabb, méréséhez is szükséges tulajdonsága.
- a vízáteresztő képesség a porózus aszfalt legfontosabb paraméterének meghatározására szolgáló vizsgálati-pus.

A vizsgálatokat 2X50 ütési Marshall-próbatesteken hajtottam végre. A vízáteresztő képesség és merevség mérését a vonatkozó EN vizsgálati szabvány szerint végeztem el, az első ciklus előtt és minden ciklus után. Minden ciklus után elvégzett hasító-húzószilárdság mérését a vonatkozó EN szabvány szerint végeztem el, a „0. ciklus” értékeit nem szabványos (2X35 ütési)- hanem (2X50 ütési)- Marshall-próbatesteken végrehajtott vízerzékenység vizsgálatból (vízben kondicionált csoport hasító-húzószilárdsága) határoztam meg:

Minden ciklusban 3 próbatesten végrehajtott vizsgálatból határoztam meg az adott ciklushoz tartozó átlagos értéket (számtani átlag).



4. ábra: PA 11 ciklusonkénti vízáteresztő képessége, lineáris regresszió ráillesztéssel



5. ábra: AC 11 ciklusonkénti vízáteresztő képessége, lineáris regresszió ráillesztéssel

Vizsgálati eredmények kiértékelése Függőleges vízáteresztő képesség

A drénaszfalt keverék vízáteresztő képessége két nagyságrenddel nagyobbra adódott, mint az aszfaltbeton keveréké. Az öregítetlen keverék Az MSZ EN 13108-7:2006 szerint a Kv0,1 függőleges vízáteresztő képességi kategóriába sorolható, amely a szabvány szerinti még elfogadható, legrosszabb besorolás.

A 8. táblázat alapján megfigyelhető, hogy néhány ciklusban történő mérés eredményei nagyobb mértékben eltérnek egymástól. Ennek leginkább a mérési technikából származó pontatlanság lehet az oka.

Ennek ellenére, ha a ciklusokban mért átlagos eredményeket nézzük, akkor a drénaszfalt keverékben vízáteresztő képesség csökkenést, az aszfaltbeton burkolatban vízáteresztő képesség növekedést tapasztalunk viszonylag magas determinációs koefficienssel, lineárisan változó módon, amit a 4. és az 5. ábra szemléltet.

A drénaszfalt próbatestek ciklikus fagyasztása után mért vízáteresztő képességek jelentősen megváltoztak a referencia értékekhez képest, ami hézagtartalom megváltozásából eredő tulajdonsága a próbatesteknek. Ez nem várt jelenség, ugyanis a hézagtartalom megváltozására a próbatestek eltörmölése vezethetett volna, vagy valamilyen forgalmi terhet modellező hatás. Érdekes tehát, hogy a csupán az időjárás változást szimuláló modell ilyen hatással bírt. Ezt további kutatásban érdemes vizsgálni.

Az aszfaltbeton öregítés hatására történő vízáteresztő képesség növekedésére az aszfaltban maradt víz fagyása okozhatta. Lehetséges, hogy vízfürdő után a próbatestből nem tudott maradéktalanul eltávolozni az összes víz 24 órán belül, ezért az azt követő 24 órás fagyasztás során a hidegmennyiség elegendő volt ahhoz, hogy jégencse kialakuljon. A fagyási göcök el tudták távolítani egymástól a szemcséket, ennek következtében kismértékben megnövekedett a próbatest térfogata, ezáltal – annak konstans tömege tükrében – hézag tartalma ciklusról ciklusra.

Hasonló elven gondolkodva a drénaszfalt pórusai nagy része átjárható, ilyen hézagtartalom mellett, a megfagyott jég képes úgy tágulni, hogy a próbatesten kívülre érjen, nem feszíti azt. Azonban ez nem indokolja a vízáteresztő képesség csökkenést, ez a jelenség további kutatás tárgya.

Merevség mérés (IT-CY) 20 °C-on 124 μs erőfelfutási idő mellett

A 9. táblázatban látszik, hogy az egy ciklusban mért próbatestek merevségeire kapott értékek sokkal kisebb szórással rendelkeznek, mint a vízáteresztő képesség esetén.

Az AC 11 esetén nincs sok eltérés a 20°C-on, 124 μs erőfelfutási idő mellett mért merevségek között. Megfigyel-

	0.ciklus	1. ciklus	2. ciklus	3. ciklus	4. ciklus	5. ciklus	6. ciklus
PA 11 relatív szórás (v) [-]	0,07	0,17	0,05	0,04	0,17	0,12	0,06
AC 11 relatív szórás (v) [-]	0,00	0,02	0,05	0,03	0,04	0,06	0,12

9. táblázat: PA 11 és AC 11 merevségi modulusainak ciklusonkénti relatív szórása

	átlag [MPa]	szórás [MPa]	relatív szórás [-]
Ciklusok átlagaiból számítva	5060	171	0,03
Összes próbatestből számítva	5060	289	0,06

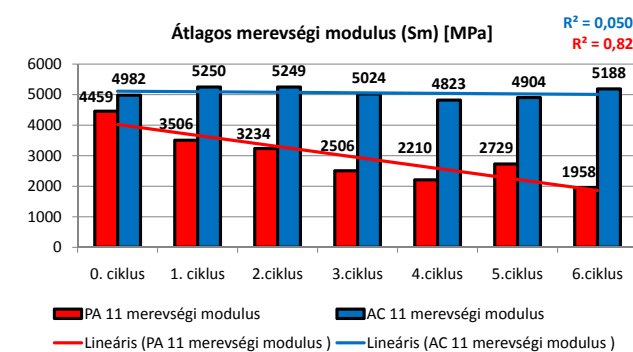
10. táblázat: A merevségi modulus 20°C-on 124 μs erőfelfutási idő mellett mért értékének vizsgálat alatti átlaga, szórása és relatív szórása

hető, hogy nagyobb szórással rendelkeznek a PA 11 ciklusaiban mért eredmények. Ennek az lehet az oka, hogy a felülete a próbatesteknek jóval tagoltabb, mint az AC 11-é. Ilyen esetben előfordulhat, hogy az útdó kevésbé pontosan tudja mérni a keresztirányú deformációkat.

PA 11 keverék átlagos merevség értékei figyelhetők meg, ciklikus fagyasztás következtében. Lineáris trendvonalat illetve az értékekre elég jól látszik az adatok csökkenő tendenciája, R2=0,81 a korreláció szorossága, ami jónak mondható. A lineáris trendvonalat követve elmondhatjuk, hogy a vizsgálat során ciklusonként kb. 360 MPa-al csökkent a keverék merevsége, ami azt eredményezte, hogy a keverék merevsége kb. 0,45-öd részére csökkent a 6 modellezett év végére.

Az AC 11 keverék átlagos merevségeire lineáris trendvonalat illetve azt tapasztaljuk, hogy az eredmények között nincsen lineáris kapcsolat. Az ábrából látszik azonban, hogy a ciklusok végeredményei között nincs túl nagy eltérés. (A szabvány a két átmérő mentén mért merevségi modulus esetén +10% és -20% eltérést enged.) Ennek következtében meghatároztam a ciklusok átlagainak egymáshoz viszonyított relatív szórását, illetve az összes mért merevség egymáshoz viszonyított szórását a 10. táblázat szerint.

A kapott eredményekből kiderült, hogy az értékek nagyon megközelítik a számtani átlagot. 3% illetve, 6% relatív szórást kaptam attól függően, hogy a 10. táblázat melyik módszerével számítottam. Tehát elmondható, hogy az AC



6. ábra: PA 11 és AC 11 Ciklusonkénti átlagos merevségi modulus 20°-on 124 μs erőfelfutási idő mellett

11 keverék merevségi modulusának értékei konstans 5000 MPa körüli értéket mutatnak az öregítés elejétől a végéig.

Vízerzékenység vizsgálat a „0. ciklusban”

A „0. ciklusban” elvégzett vízerzékenység vizsgálat eredményei a 11-12. táblázatban láthatók.

Az AC 11 kopó 50/70 esetében az ÚT 2-3.301-1:2010 alapján a vízerzékenység alsó határértéke ITSR=80% lehet. A porózus aszfaltkeverékekhez nincs vonatkozó útügyi műszaki előírás, az MSZ EN 13108-7:2006 alapján kategóriákba sorolhatók. A keverék ez alapján ITSR90 legfelső kategóriába tartozik. A fenti szabvány alapján az ITSR minimális értéke 50 % lehet porózus aszfaltok esetén.

	Száras próbatestek			Nedves próbatestek		
Próbatest száma	E12	E13	E15	E18	E19	E20
Hasító-húzószilárdság ITS (kPa)	1572,0	1703,9	1656,0	1517,7	1633,5	1505,5
Átlagos ITS (kPa)	1643,9			1552,3		
Hasító-húzószilárdsági tényező ITSR (%)	94,42					

11. táblázat: ITS és ITSR értékek PA 11 esetén

	Száraz próbatestek			Nedves próbatestek		
Próbatest száma	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Hasító-húzószilárdság ITS (kPa)	2990,2	2716,3	2717,0	2674,9	2613,8	2684,3
Átlagos ITS (kPa)	2807,8			2657,7		
Hasító-húzószilárdsági tényező ITSR (%)	94,65					

12. táblázat: ITS és ITSR értékek AC 11 esetén

Hasító-húzószilárdság

Annak ellenére, hogy ezt a vizsgálatot a többihez képest csak egyszer lehet végrehajtani egy próbatesten (mivel tönkremenetelig terheljük), jól értelmezhető eredményeket hozott. Az egy ciklusban mért próbatestek relatív szórása a ciklus átlagához képest a következő táblázatban látható:

A relatív szórások értékei alig haladják meg 0,1-et, amiből megállapítható, hogy a ciklusokban mért 3 db próbatest értékei között nincs nagy statisztikai eltérés.

A ciklusok végén mért indirekt-húzószilárdság értékei a várakozásainknak megfelelően alakultak. Regressziós egyenest illesztve a kapott értékekre láthatjuk, hogy a determinációs együttható értéke nagyon jó (R²=0,97) mondható. Megfigyelhető továbbá, hogy a trendvonal nagyon jól illeszkedik a 0. ciklusban mért ITS_{sw} értékhez. Tehát a ciklikus öregítésben alkalmazott eljárás hatása hasonló nagyon, mint a vízerzékenység nedves próbatestein végrehajtott eljárásé.

Az aszfaltbeton keverék indirekt-húzószilárdságának, ciklusonkénti eredményeinek korrelációs szorossága alapján (R²=0,34) azt mondhatjuk, hogy nincs összefüggés az eredmények között. Az előzőekhez hasonlóan eljárva meghatároztam a ciklusok átlagának egymáshoz viszonyított relatív szórását, illetve az összes mért merevség egymáshoz viszonyított relatív szórását is (14. táblázat).

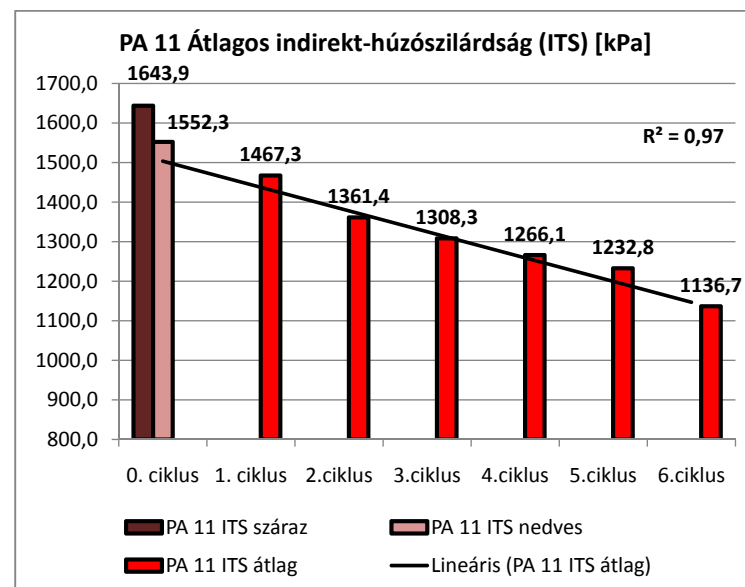
A kapott eredményekből kiderült, hogy az értékek nagyon megközelítik a számtani átlag értékét. 1% illetve 6% relatív szórást kaptam attól függően, hogy a táblázat melyik módszerével számoltam. Vagyis kijelenthető, hogy nem valószínű mérési hiba illetve az is, hogy konstansnak vélhetőek az eredmények.

A kiértékelt eredményeket összegezve, a 9. ábra alapján elmondható, hogy az eredmények a várakozásoknak megfelelőek. Az öregedés hatására történő szilárdság változást az aszfaltbeton keverék esetén a vizsgálatból kapott eredmények alapján konstansnak, vagy kismértékű csökkenő tendenciának mondhatjuk. A drénaszfaltok esetén a lineáris csökkenés megkérdőjelezhetetlen, a ciklusonkénti 4-5 %-os szilárdságvesztés jellemzi ezt a keveréket.

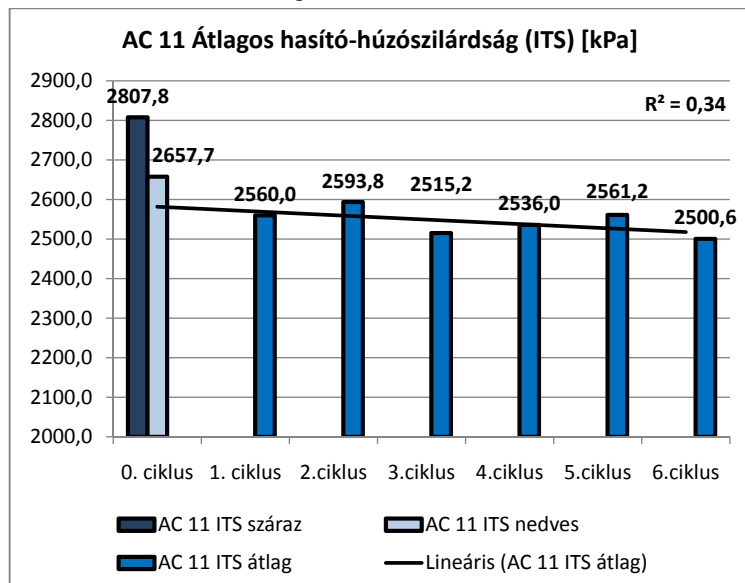
A 0. ciklusban szárazon leértékelt hasító-húzószilárdság értékeihez viszonyított öregített ITS értékek a 15 táblázatban láthatók ciklusonként. Megfigyelhető, hogy az AC 11

	1. ciklus	2. ciklus	3. ciklus	4. ciklus	5. ciklus	6. ciklus
PA 11 relatív szórás (v) [-]	0,05	0,07	0,03	0,05	0,06	0,06
AC 11 relatív szórás (v) [-]	0,02	0,05	0,11	0,10	0,02	0,02

13. táblázat: PA 11 és AC 11 hasító-húzószilárdságainak ciklusonkénti relatív szórása



7. ábra: PA 11 hasító-húzószilárdság értékei öregítés előtt és után

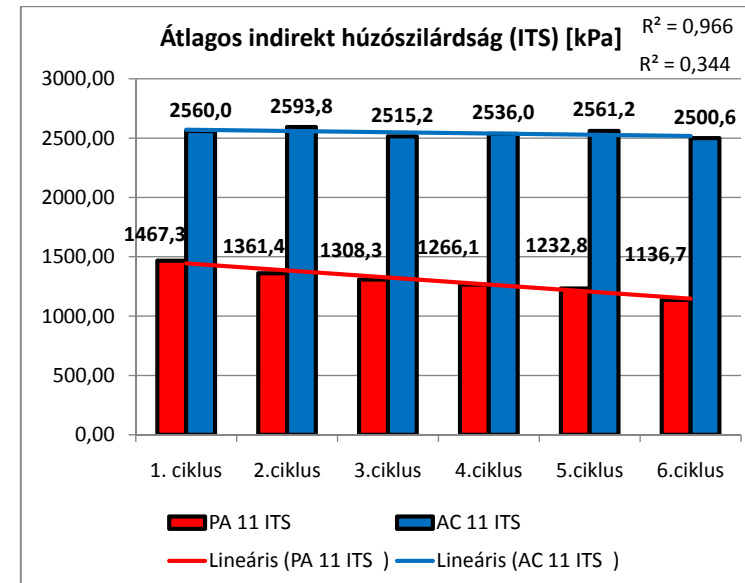


8. ábra: AC 11 hasító-húzószilárdság értékei öregítés előtt és után

keverék még ilyen viszonyítással sem mondható érzékenynek a vízzel, mivel az utolsó ciklusban is 80% feletti értéket kapunk. A PA 11 keverékünk utolsó ciklus után kapott 70 % körüli értéke sem mondható teljesen rossznak a nemzeti

	átlag [kPa]	szórás [kPa]	relatív szórás [-]
Ciklusok átlagai-ból számítva	2544	34	0,01
Összes próbatestből számítva	2544	143	0,06

14. táblázat: Az öregített AC 11 próbatestek indirekt-húzószilárdság értékeinek átlaga, szórása és relatív szórása



9. ábra: PA 11 és AC 11 Ciklusonkénti átlagos hajlító-húzószilárdság értékei

ciklusok	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.
PA 11 „0. ciklusú” száraz ITS értékhez viszonyított ITSR érték [%]	94,42	89,26	82,82	79,59	77,02	74,99	69,15
AC 11 „0. ciklusú” száraz ITS értékhez viszonyított ITSR érték [%]	94,65	91,18	92,38	89,58	90,32	91,22	89,06

15. táblázat: PA 11 és AC 11 keverékek „0. ciklusú” száraz ITS értékeihez viszonyított ITSR értékek

szabvány szerinti közepes besorolást érne, de látszik, hogy ez a paramétere is lényegesen jobban csökken a szimulált öregedés hatására, mint az aszfaltbeton keveréké.

Összefoglalás

Összességében elmondható, hogy a PA 11 kopó 50/70 keverék átlagos függőleges vízáteresztési együtthatója (kv≈2-3*10⁻⁴) kb. 2 nagyságrenddel nagyobb, mint az AC 11 kopó 50/70 (kv≈2-3*10⁻⁶) értéke. A drénaszfalt keverék vízáteresztő képessége 6 ciklus alatt az eredeti érték mintegy 65%-ra csökkent. Az aszfaltbeton keverék az elvártnál nagyobb függőleges vízáteresztési együtthatóval rendelkezik, ami a ciklikus öregedés hatására tovább emelkedett, a 6 éves modellezett idő alatt kb. 20-30 % áteresztési többlet mutatkozott.

Elmondható még, hogy az egy ciklusban mért vizsgálatok relatív szórása itt mutatkozott a legtöbbnek, a mérési pontatlanság mértéke ebben az esetben a legnagyobb.

A drénaszfalt öregedés hatására történő merevség romlás mértéke az aszfaltbetonhoz képest sokkal nagyobb. A kezdeti ~500 MPa-os eltérés a végén mintegy ~3000 MPa-os különbségre növekszik. A kutatás eredményei szerint a 20 °C-os 124 µs erőfelfutási idő mellett mért kezdeti majdnem azonos merevségek, az öregedés hatására a PA 11 kopó 50/70-es keverék évenkénti 7-9%-os romlása mellett az AC

11 kopó 50/70-es értéke konstansnak mondható. Érdekes mindkét esetben, hogy a kutatásban végrehajtott „öregítés” hatására a merevségek csökkenő tendenciát mutatnak, hiszen a kötőanyag öregedés hatására ridegebbé merevebbé válik.

A referencia keverékeken végrehajtott vízerzékenység vizsgálatból kiderült, hogy az AC 11 és a PA 11 húzószilárdsága között nagy különbség van. A porózus aszfalté mindössze kb. 0,6 szorosa az aszfaltbeton keveréknek. Azonban a vízerzékenységük ugyanolyan jónak mondható mindkét keveréknek, ITSR értékeik 0,95 körüliek. Az öregedés előtt az ásványi anyag és az aszfalt kötőanyag közötti tapadás kiválóan mondható.

Az öregedés hatására történő szilárdság változás az aszfaltbeton keverék esetén a vizsgálatból kapott eredmények alapján konstansnak mondható. A drénaszfaltok esetén a lineáris csökkenés egyértelmű, a ciklusonkénti 4-5 %-os szilárdságvesztés jellemzi ezt a keveréket.

Felhasznált irodalom

1. Ambrus Kálmán „Az SNM 46 jelű syntumen adalékkal készített aszfaltkeverék vizsgálatai”, Közúti és Mélyépítési Szemle, LVI. évfolyam 1. szám, 2006
2. Aging of Asphalt Symposium, Delft, Netherlands, September, 2014
3. E. Fletcher and A.J. Theron „Performance of open graded porous asphalt in New Zealand” Hamilton, October, 2011
4. Hagos, E. „The effect of aging on binder properties of porous asphalt concrete”, PhD thesis, Delft University of Technology, The Netherlands, 2008
5. Miradi, M. „Knowledge Discovery and Pavement Performance” The Netherlands, Delft University of Technology, 2009.
6. Igazvölgyi Zsuzsanna, Soós Zoltán, Tóth Csaba „Víz az útpályaszerkezetben” Útügyi lapok 6. szám 2015
7. Erik Schlangen, „A „Self healing” asphalt” The Neatherland, Delft University of Technology TED chanel presentation 2012]
8. MSZ EN 12697-12:2009 Aszfaltkeverékek. Meleg aszfaltkeverékek vizsgálati módszerei 12. rész: Aszfalt próbatestek vízerzékenységének meghatározása
9. MSZ EN 12697-19:2012 Aszfaltkeverékek. Meleg aszfaltkeverékek vizsgálati módszerei 19. rész: Próbatestek vízáteresztő képessége
10. MSZ EN 12697-23:2004 Aszfaltkeverékek. Meleg aszfaltkeverékek vizsgálati módszerei 23. rész: Aszfalt próbatestek hasító-húzószilárdságának meghatározása
11. MSZ EN 12697-26:2012 Aszfaltkeverékek. Meleg aszfaltkeverékek vizsgálati módszerei 26. rész: Merevség
12. MSZ EN 13108-1:2006 Aszfaltkeverékek. Anyag-előírások. 1. rész: Aszfaltbeton
13. MSZ EN 13108-7:2006 Aszfaltkeverékek. Anyag-előírások. 7. rész: Porózus aszfalt

Aszfaltok optimális bitumentartalmának vizsgálata a pályaszerkezetben betöltött funkciója alapján

Kovács Nóra

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Egyetemi hallgató
HAPA X. Fiatal Mérnökök Fóruma III. helyezett
Tudományos Diákköri Konferencia I. helyezett



Bevezetés

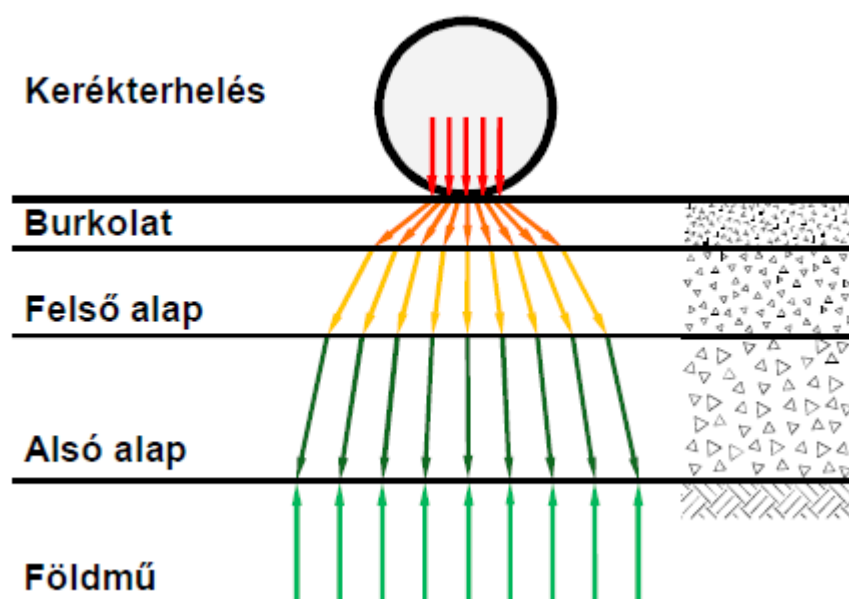
Az évek során a tranzitforgalom növekedésével folyamatosan nőtt a gyorsforgalmi utak terhelése, a közúti szállítás a teljes teljesítmény kb. 70%-át bonyolítja le, szemben a vasúti szállítás 18%-ával. A nehézgépjármű forgalom a főutakra és autópályákra terelődött, de a fenntartásra és a fejlesztésre fordított összegek reálértékben nem követték a forgalmi növekedést. A világon a burkolt utak esetében az aszfalt a legszélesebb körben alkalmazott burkolattípus, így Magyarországon sincs ez másképp, az aszfaltburkolatú pályaszerkezetek részaránya a domináns, mivel beépítésük és karbantartásuk egyszerű, a terítés és a tömörítés a rendelkezésre álló gépekkel gyorsan elvégezhető, így a beépítés után 1-2 órával a burkolat átadható a forgalomnak.

Napjainkban az útpályaszerkezetekkel szemben támasztott legnagyobb elvárás így nem meglepő módon a növekvő terhelés és a klimatikus viszonyoknak való ellenállás. A beruházási és fenntartási költségek, valamint az esetlegesen kialakult károk csökkentésének érdekében egyre fontosabbá vált a pályaszerkezet elemeinek optimalizálása, mint például az aszfalttrétegek kötőanyagtartalma, a hidraulikus kö-

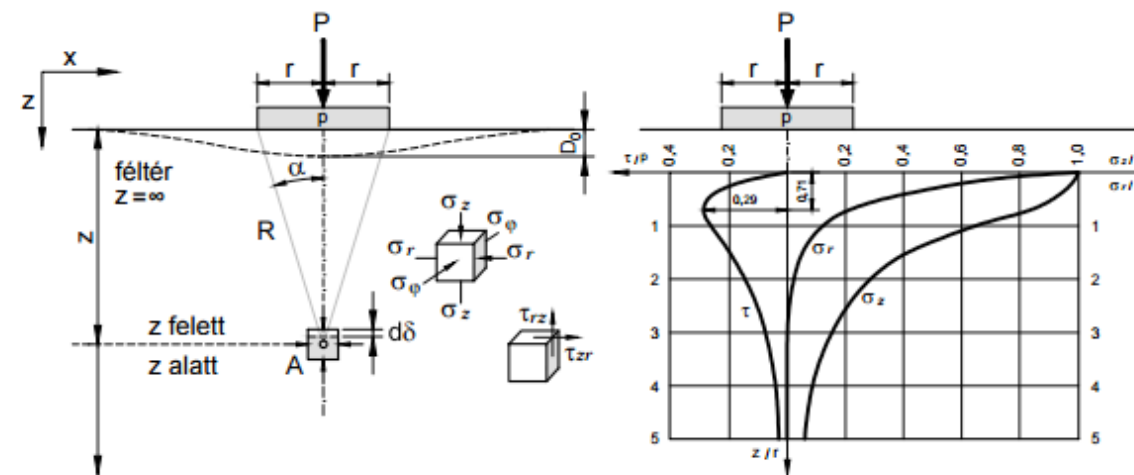
tőanyagú alaprétegek beton-cement tartalma vagy a szemcsés alaprétegek és földművek teherbírása és anyagai, ezzel biztosítva a hajlékony, illetve félmerev pályaszerkezetek megnövekedett élettartamát. Hazánkban a mérsékelt éghajlatnak köszönhetően az aszfaltburkolatú pályaszerkezeteknek -20°C illetve $+70^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleti intervallum között megfelelő fizikai és mechanikai tulajdonságokkal kell rendelkezniük, amik a kötőanyag révén a hőmérséklet függvényében jelentősen befolyásolhatóak. Kutatásom során a legnagyobb közúthálózati problémával, a melegaszfaltok egyik kulcsfontosságú teljesítményi paraméterével foglalkoztam, a maradó alakváltozással szembeni ellenállással, más néven a keréknyomképződéssel.

A pályaszerkezetet erő terhelések

A beépítendő pályaszerkezetnek egyidejűleg kell ellenállnia a forgalmi és klimatikus terheknek. A forgalomból származó hatások lehetnek függőleges statikus, illetve dinamikus terhek, mint az ütések és rezgések, valamint jelenthetnek vízszintes erőhatásokat is, mint a fékezés és gyorsítás. A klimatikus hatások a hőmérséklet, a sugárzások vagy víztartalom változásából származtathatóak. A pályaszerkezet legfontosabb feladata a forgalomból származó terhek



1. ábra: A kerékterhelés eloszlása [Tóth-Primusz-Szentpéteri, 2015]



2. ábra: A rugalmas féltér feszültségeloszlása és süllyedése körtárcsa alakú teher alatt [Primusz, 2012]

olyan mértékűre csökkentése, amit a földmű tartósan elvisel, illetve a terhek átadása a földműre.

A beépített pályaszerkezetre három feszültség hat:

1. vízszintes nyírófeszültség
2. vízszintes húzó-/nyomófeszültség.
3. függőleges nyomófeszültség

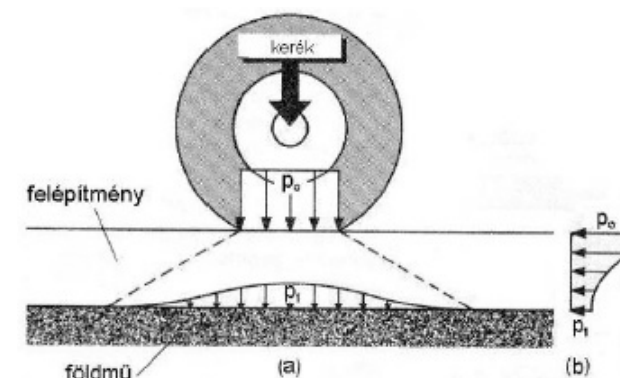
Az úton haladó járművek mivel nem csak egyenletes sebességgel haladnak, hanem a forgalmi helyzetből adódóan fékezésre és gyorsításra kényszerülnek. Ennek következménye a pályaszerkezetben kialakuló vízszintes nyírófeszültségek. Mivel a halmozott nyírási igénybevétel 4-8 cm mélységben éri el a maximumot, ezért különös jelentősége van a kopó- és kötőréteg tapadásának. Ezt mutatja a 2. ábra.

A kerékterhekből keletkező nyomófeszültség nagyjából 45° -os szögben terjed lefelé. [Kisgyörgy, 2014] Ahogy a nyomófeszültség az alsóbb rétegeket eléri, fokozatosabb

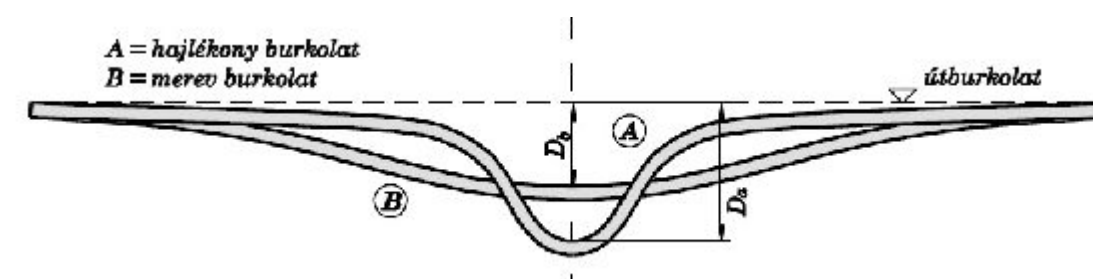
csökken hatása, hiszen növekszik a terhelést felvevő felület nagysága.

A kopóréteg feladata a klimatikus hatások elviselése, a súrlódás és egyéb felületi jellemzők biztosítása. A járművek kerekei alatt a szerkezet behajlik, behajlási vonal a kerekekkel együtt mozog, így egy kerék elhaladásakor a hajlítófeszültségek kétszer változnak ellenkező előjelűre. Az alaprétegben a periodikusan ismétlődő húzófeszültségek – megnyúlások – fáradást okoznak. A tönkremenetel akkor következik be, amikor az alsó aszfalttréteg fokozatosan csökkenő fáradási szilárdsága már a terhelésekből eredő, ismétlődő húzófeszültségek szintje alá süllyed. [Kisgyörgy, 2014] Ekkor keletkeznek az alulról felfelé terjedő fáradási repedések, melyek elérve a kopóréteget összefüggő, hálós repedéseket eredményeznek. Mivel a hajlékony pályaszerkezetek kisebb felületen adják át a terhelést a földműre, mint a merev pályaszerkezetek, a behajlási vonaluk is feltűnően eltérő. Megfigyelhető, hogy a hajlékony pályaszerkezetben lényegesen nagyobb hajlítófeszültségek keletkeznek, mint egy merevben, hiszen a keletkező húzófeszültség mértéke a hajlítás sugarától függ, s minél kisebb ez a sugar, annál nagyobb a kialakuló feszültség. [Kisgyörgy, 2014]

Mivel az aszfalt szabad mozgása korlátozott, hőmérsékletváltozás hatására termikus feszültségek ébrednek, majd halmozódnak fel az anyagban. Az aszfaltburkolatok mechanikai tulajdonságai hőmérséklet függő paraméterek. Ha csökken a hőmérséklet, nő a merevség és a teherbírás, de relaxációs tulajdonsága redukálódik. Amikor a húzófeszültség eléri az anyag húzószilárdságát, termikus repedések jelennek meg. Nyári, nagy meleg esetén ez a jelenség fordítottan igaz. A magas hőmérsékletnek köszönhetően az aszfalt relaxációja rendkívül gyors, ezzel szemben a járműteher alatt alakváltozás jelensége megfigyelhető, mely nyomvályúsodáshoz vezethet.



3. ábra: A kerékterhelés terjedése a pályaszerkezetben [Kisgyörgy, 2014]



4. ábra: Hajlékony és merev pályaszerkezetek behajlási vonala [Kisgyörgy, 2014]

Aszfaltréteg	Merevség	Fáradás	Alacsony hőmérsékleten való viselkedés	Maradó alakváltozás
Kopóréteg	x	(x)	x	x
Kötőréteg	x	(x)	x	x
Alapréteg	x	x	(x)	(x)

1. táblázat: Az egyes paraméterek fontossága a kopó-, kötő-, illetve alaprétegekben [Blab,2015]

Teljesítmény-alapú vizsgálatok jelentősége

Ez alapján igazolható a teljesítmény-alapú vizsgálatok fontossága. A pályaszerkezet kiterjesztett élettartamának biztosítása érdekében anyagainak, legfőképp a bitumenes anyagok optimalizálása az évek során egyre fontosabbá vált, nem csak az élettartam növelése, de az életciklus költségeinek csökkentése miatt is. Ennek fényében az elmúlt időszak legjelentősebb kutatási területének a beépített rétegek hosszú távú viselkedésének vizsgálata és becslése bizonyult. Aszfaltburkolatok tekintetében a kulcsfontosságú paraméterek a fáradási ellenállás, az alacsony hőmérsékleten bekövetkező termikus repedéseknek való ellenálló képesség, a komplex merevségi modulus, valamint a maradó alakváltozással szembeni ellenálló képesség magas hőmérsékleten. Ezen viselkedési formák bővebb megismerésére teljesítmény-alapú vizsgálati módszereket integráltak az európai szabványokba. [Blab, 2015]

A kopóréteg feladata a közvetlen időjárási és jármű igénybevételek elviselése, így megkülönböztetett fontosságú rétegnek számít. Elengedhetetlen, hogy nedves időben is megfelelő csúszásellenállást biztosítson, és ne alakuljon ki a megengedettnél nagyobb nyomvályú a felületén.

A kötőréteg funkciója a jármű igénybevételek, mint a fáradás és nyírás viselése, valamint a tehereloszlás és a kopóréteghez való kapcsolódás. A nyári nagy meleg napokon hőmérséklete alig néhány Celsius fokkal alacsonyabb a kopórétegenél, így ahol fékezési vagy gyorsítási hatások vannak a nyírófeszítéssel szembeni ellenállásának és hajlító-húzó feszítéssel szembeni ellenálló képességének is megfelelőnek kell lennie.

A felső alapréteg alapvető funkciója a kellő stabilitás és szilárdság mellett a hajlító igénybevételek felvétele és a vízszigetelés, míg az alsó alaprétegre a többivel szemben már kisebb mértékű terhelések érkeznék, de megfelelő merevség és alacsony repedés érzékenység szükséges.

A bemutatottaknak megfelelően az egyes rétegeknek más-más igénybevételeknek kell ellenállniuk, az egyes tönkremeneteli módokhoz az alábbi táblázat szerint rendelhetőek vizsgálatok rétegenként:

A 1. táblázatban látható, hogy merevség mind a három rétegben fontos szerepet tölt be, míg a fáradás csak az alaprétegben számottevő, ezzel ellentétben az alacsony hőmérsékleten bekövetkező termikus repedések és a maradó alakváltozás csak a felsőbb, kopó-, és kötőrétegben okoz főbb problémát.

Maradó alakváltozás

Az aszfaltbeton plasztikus deformációját befolyásoló tényezők régóta ismertek. A deformációs hajlamot növeli:

- a bitumentartalom növelése
- a kisebb viszkozitású bitumen
- a bitumenkitöltöttség

Megnevezés	Korrelációs együttható
Bitumen tartalom	0,673
Szabad hézag	0,483
Hézagok kitöltöttsége	0,530
HVEEM stabilitás	0,490
Zúzott anyag tartalom	0,229

2. táblázat: Összefüggés a nyomosodás aránya és az aszfalttulajdonságok között [Sieler, 2010]

- a szabad hézag csökkentése
- a gömbölyű szemcsék arányának növelése

A tulajdonságok és a nyomosodás közötti korrelációt az alábbi táblázat tartalmazza:

A táblázat egyértelműen rámutat arra, hogy a nyomosodási hajlamra legfőképp a bitumentartalom változása hat. Tapasztalati tény, hogy a paraméter emelkedésével a maradó alakváltozások mérete is növekedni fog. Ezen folyamat teljes körű megértéséhez, olyan vizsgálatokra van szükség, melyek képesek előállítani a valós feszültségállapotokat és terhelési viszonyokat. A maradó alakváltozások a melegaszfaltok anyagi paramétereivel és a terhelés hatására létrejövő deviátor feszültségekkel magyarázható, ennek tekintetében megállapítható, hogy a kopó-, és kötőrétegek erre a legérzékenyebbek. Vizsgálati módszerként a szabvány a dinamikus keréknyom vizsgálat mellett a triaxiális nyomóvizsgálatot is tartalmazza, s lehetőséget ad konstans vagy dinamikus változó oldalnyomás alkalmazására is, javasolható mindkét esetben a szinuszos terhelés. A pályaszerkezet rétegeiben létrejövő maradó alakváltozások becslésére a Francken által megfogalmazott összefüggés alkalmazható, mely triaxiális nyomóvizsgálatokon és lineárisan rugalmas elméleten alapul, ezáltal a szükséges feszültségek és alakváltozások lineárisan rugalmas modellek segítségével számíthatóak. A plasztikus alakváltozási modulus több hőmérsékleten, frekvencián és teherkombinációval meghatározható triaxiális vizsgálati eredmények alapján, hézag-tartalom, kúszási görbe vagy a komplex merevségi modulus segítségével, így felhasználhatóak numerikus modellek készítése során is. A triaxiális nyomóvizsgálat továbbá lehetővé teszi a deformációs ellenálló képesség szempontjából releváns optimális kötőanyag tartalom definiálását is, mely alapján megállapítható, hogy a bitumentartalom és típusa jelentősen befolyásolja az anyag maradó alakváltozásának hajlamát. Ronald Blab vizsgálatai arra irányult, miszerint létezik egy optimális bitumentartalom, ahol a kúszássebességi ráta minimális, és ez az optimum akár 0,1-0,3 m%-kal alacsonyabb, mint a Marshall-féle keveréktervezés során használt érték. [Blab, 2015]

Bitumentartalom	Jelölése
3,4 %	DD
3,6 %	DB
3,8%	DA
4 %	DC
4,2 %	DE

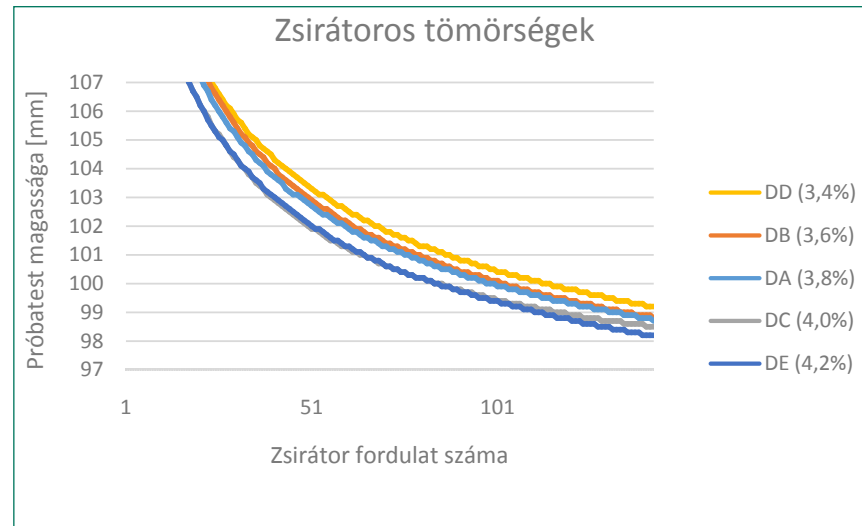
3. táblázat: Bitumentartalmakhoz tartozó jelölések

Keverék és próbatest készítés

Vizsgálati anyagom egy AC 22 kötőrétegi aszfaltbeton volt, kötőanyagnak B50/70 típusú közép-kemény bitument választottam. A keverékhez szükséges kőanyagot az Innoteszt Minőségvizsgáló, Technológiai és Fejlesztési Kft. biztosította. A szemeloszlást MSZ EN 13108-1:2006 szabványos szítással vizsgáltam, majd megterveztem az ÚT 2-3.301-1 Ütügyi Műszaki Előírás szerint a kővázat, és a keverékterv alapján bemértem a megfelelő anyagmennyiségeket öt különböző bitumentartalomhoz tartozó próbatestekhez. A vizsgálati testek jelölései a következőképp alakultak:

Az elkészített aszfaltkeverékekből bitumentartalmanként 3 db zsirátoros próbatest és 2 db lap próbatest készült. A zsirátoros próbatestek 120 fordulattal lettek elkészítve, melyekre a triaxiális vizsgálatok során volt szükségem, melyek 150 mm szélességűek lettek. A lap próbatestek a dinamikus keréknyom vizsgálatokhoz készültek. Zsirátoros tömörítés esetén az egyes keverékek tömöríthetőségét a fordulatszám függvényében megadott próbatest magasságával szokás jellemezni. Az utadók segítségével Excel fájlban rögzíti a magasság adatokat, melyeket az alábbi diagramon ábrázoltam:

A diagram alapján látható, hogy a 4,2%-os próbatestek tömörödtek be a legjobban, és ahogy a kötőanyag tartalom csökken, azzal együtt csökkent a próbatestek betömörített magassága is.



5. ábra: A zsirátoros próbatestek magasságainak alakulása

Dinamikus keréknyomképződés vizsgálat

A vizsgálat megkezdése előtt az elkészült 200×305 mm-es szegmenslapokat 60 °C-os vizsgálati hőmérsékleten kondicionálni kell.

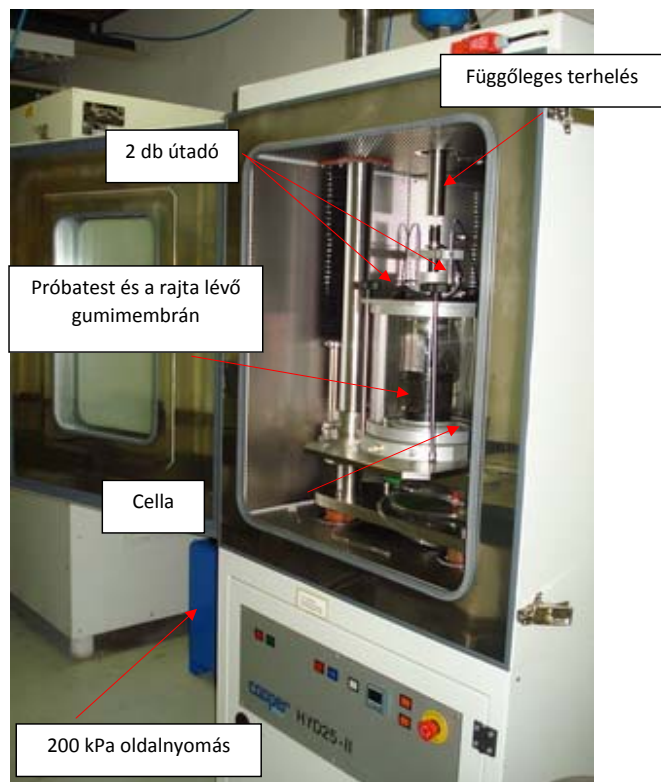
Az MSZ EN 12697-22:2003 számú szabvány 9.3.2 pontja szerint a vizsgálat 700 N-os kerékterheléssel készül, melynek kezdetekor, az első órában hétszer, majd minden 500. terhelési ciklus után a kerék függőleges helyzetét fel kell jegyezni a kerék megállítása nélkül. A vizsgálatot 10000 terhelési ciklusig vagy 20 mm-es nyommélységig kell végezni, azt kell alapul venni, amelyik hamarabb bekövetkezik.[Ávár-Szentpéteri, 2010]

Triaxiális vizsgálat

Ezt a vizsgálati módszer kevésbé ismert a dinamikus keréknyom vizsgálatokhoz képest. Először a talajmechanikában alkalmazták azzal a céllal, hogy a talajok, illetve kőzetek szilárdságát a mintavételi hely körülményeinek megfelelően szimulálva vizsgálhassák. A vizsgálatok száma nagymértékben függ a kapott minta homogenitásától és az adatok szórásától. 1968-ban Hoek és Franklin egy triaxiális cellát fejlesztett ki, hogy gyorsítsák az eredetileg lassú és drága eljárást. A cella csak a palástnyomást biztosítja, a hajlítófeszültség minimalizálása érdekében két darab kúpos nyomótest közvetíti a tengelyirányú terhelést. A henger alakú próbatest alatt és fölött szűrőkő helyezkedik el, a cella fontos eleme egy szintetikus gumimembrán, melyet a mintára helyeznek, ezzel meggátolva, hogy a palástnyomást biztosító olaj vagy víz a próbatestbe hatoljon vagy szivároгjon. Különböző méretű próbatestek befogadására alkalmas cellák léteznek, de az első verzió 38 mm átmérőjű mintákhoz készült, ahol a magasság átmérő arány 2:1 volt. Az eredményeket τ - σ diagrammon ábrázoljuk, a Mohr-Coulomb törési feltételnek megfelelően határozhatjuk meg a belső súrlódási szöget, valamint a kohéziót. [Görög, 2015]

A geotechnikából ismert eljárás alapján fejlesztették ki az aszfaltkeverékeknél használatos vizsgálatot is. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen először 1979-ben kezdett foglalkozni ezen vizsgálattal Dr. Nemesdy Ervin. 1980. januárjában jelent meg Aszfaltok statikus triaxiális vizsgálatának elméleti alapjai című dolgozata és ezzel egy időben szerezte be a tanszék az SBEL amerikai berendezést.

A triaxiális vizsgálatok célja az aszfaltkeverékek szilárdsági jellemzőinek – kohézió, belső súrlódási szög és a rugalmassági modulus- meghatározása, melyek felhasználhatóak az útpályaszerkezetek méretezése és a keverék tervezés során. A σ_1 függőleges feszültséget törésig növelik, a τ_2 - σ_3 főfeszültségek azonosak, ez megakadályozza az anyag oldalkitérését. A hengeres próbatest függőleges vagy hidraulikával működtetett erővel terhelik. Alapvetően 4 változata van: zárt rendszerű, nyílt rendszerű, a tengelyirányú nyomóerő lehet statikus, illetve dinamikus mind a két rendszer esetén.



6. ábra: Triaxiális vizsgálóberendezés

Ismételt terhelésű, triaxiális összenyomó-módási vizsgálat

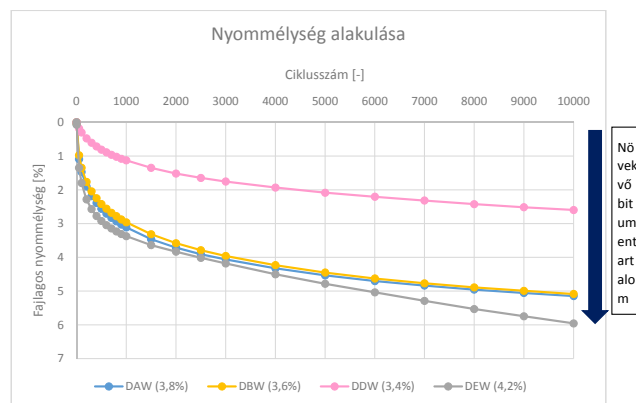
Ezzel az eljárással egy henger alakú aszfalt próbatest maradó alakváltozásával szembeni ellenállását lehet meghatározni. Miután a mintát betemperálták, két, egymással párhuzamos tárcsa közé helyezik azt és 120 s ideig előterhelik, mely terhelés csak tengelyirányú. A 2 perc leteltével ismétlődő függőleges irányú nyomást és 200 kPa oldalirányú cellanyomást helyeznek rá. Az ismétlődő tengely irányú nyomás szinuszos vagy derékszögű terhelési impulzus. A felső tárcsa átmérője 100 mm. A próbatest ismétlődő, tengelyirányú derékszögű terhelési impulzusnak van kitéve, nincs külön oldalirányú megtámasztó nyomás. A vizsgálat alatt a próbatest magasságváltozását folyamatosan mérni kell egy meghatározott számú terhelés után, ebből meghatározható a próbatest teljes tengelyirányú fajlagos alakváltozása a terhelési szám függvényében, melyek kúszásgörbén vannak feltüntetve. Ebből számíthatóak a próbatest kúszási jellemzői. Bár ez a vizsgálat nem alkalmas keréknyomképződés mennyiségi előrejelzésére, lehetővé teszi a különböző keverékek összehasonlítását, elfogadhatóságának ellenőrzését. [MSZ EN 12697-25:2005]

Kiskerekes nyomvályú vizsgálatok eredményei

A kiskerekes nyomvályú vizsgálatok a BME Út- és Vasútépítési Laboratóriumában készültek, az MSZ EN 12697-22:2003 számú szabvány szerint. A vizsgálatok 10000 ciklusig tartottak. A mérések párhuzamosan történtek, vagyis egyszerre két, azonos bitumen tartalmú minta került a berendezésbe. A 10000 ciklus után mért fajlagos nyommélységeket az alábbi táblázatban összegeztem:

Kötőanyag tartalom	Fajlagos nyommélység átlaga [%]
3,4%	4,10
3,6%	5,09
3,8%	5,15
4,0%	9,52
4,2%	5,96

4. táblázat: Fajlagos nyommélységek 10000 ciklus után



7. ábra: A fajlagos nyommélységek alakulása

Végül a fajlagos nyommélységet a ciklusszám függvényében diagramon ábrázoltam.

A diagramokon nem került feltüntetésre a 4%-os kötőanyag tartalomhoz tartozó eredmények. Ennek oka, hogy mind a dinamikus keréknyomnál, mind a további vizsgálatok során kiugró eltérést mutattak a többi adathoz képest, ami valószínűsíthetően a keverék elkészítésének pontatlanságának tudható be.

A 7. ábrán a fajlagos nyommélységeket tüntettem fel a ciklusszám függvényében, melyen jól látszik, hogy a kiskerekes nyomvályú vizsgálat során a legkisebb, azaz a 3,4%-os bitumentartalom adta a legalacsonyabb értéket. A fajlagos nyommélység a deformáció sebességét mutatja, így megállapíthatjuk, hogy a legkisebb bitumentartalmú próbatest deformálódik 10000 ciklus után a leglassabban. Továbbá elmondható, hogy a bitumentartalom növekedésével növekszik a fajlagos nyommélység, ennek megfelelően a 4,2% adta a legmagasabb értéket.

Triaxiális vizsgálatok eredményei

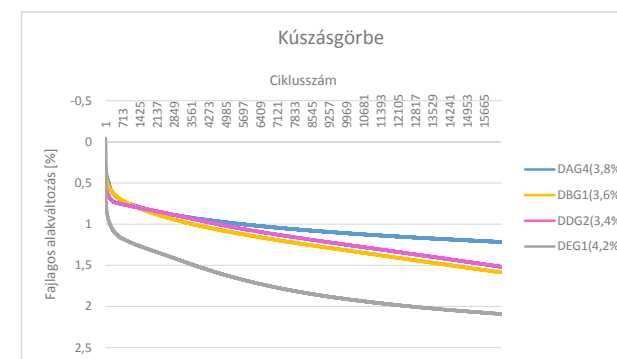
A vákuum triaxiális vizsgálatot minden keverék esetén, három próbatesten végeztem el. Az eredmények feltüntetésékor a 4%-os bitumentartalomhoz tartozó adatokat a dinamikus keréknyom eredményeinél már ismertett ok miatt itt sem került feltüntetésre.

A fenti ábrán látható, hogy a triaxiális vizsgálat eredményei szerint a 3,8%-os kötőanyagú próbatestek fajlagos alakváltozása a legkisebb, szemben a kiskerekes nyomvályú vizsgálatnál, ahol a 3,4% adta a legalacsonyabb értéket.

A magas bitumentartalmú minták esetében a nyomvályúsodás hirtelen megnövekedésének mechanikai oka vélhetően a pórusnyomás kialakulása. Azzal, hogy a bitumennel kitöltött hézagokra nyomás jut – azaz kialakul a pórusnyomás –



8. ábra: Tönkrement próbatest triaxiális vizsgálat után (4%-os bitumentartalom)



9. ábra: Vákuum triaxiális vizsgálat során kapott kúszásgörbe

a semleges feszültség megnövekszik.

Ez Terzaghi törvénye szerint a nyírószilárdságot adó hatékony feszültség csökkenését okozza.

A jelenség úgy is megfogalmazható, hogy a pórusnyomás által meggátolt további tömörödés miatt, a szemcsék közti belső súrlódás nem tud mobilizálódni, így a maradó alakváltozásokat megakadályozó nyírószilárdság lecsökken. [Sieler, 2010]

A 9.ábra alapján határoztam meg az MSZ EN 12697-25:2005 szabvány szerinti a kúszási sebességet. Ehhez először minden bitumentartalom esetén meghatároztam a teljes tengelyirányú fajlagos alakváltozást az alábbi szabványban szereplő képlettel:

$$\varepsilon_n = 100 \times \left(\frac{h_0 - h_n}{h_0} \right)$$

Ahol:

ε_n a próbatest teljes tengelyirányú maradó fajlagos alakváltozása n számú terhelés után, százalékban (%)

h_0 a próbatest előterhelése után mért átlagos magasság, milliméterben (mm)

h_n a próbatest n számú terhelés után mért átlagos magassága, milliméterben (mm)

Ezután a kúszási sebességet számoltam ki minden egyen kötőanyag tartalomhoz. Ehhez a kúszásgörbe látszólag lineáris szá-

kaszából a legkisebb négyzetek módszerével, lineáris regresszióval meghatároztam a meredekséget.

$$\varepsilon_n = A_1 + B_1 \times n$$

Ahol:

ε_n a próbatest teljes tengelyirányú maradó fajlagos alakváltozása n számú terhelés után, százalékban (%)

B_1 a látszólag lineáris szakasz meredeksége (µm/m/terhelési szám) egységben kifejezve

Ebből az f_c kúszási sebesség:

$$f_c = B_1 \times 10^4$$

Érthetőbbé téve a fentieket, bemutatom egy konkrét példával a számolás menetét. Ehhez a 3,8%-os DDA próbatestet választottam.

A teljes tengelyirányú fajlagos alakváltozáshoz meghatároztam a h_0 és h_n magasságokat a mérési eredményekből. DDA vizsgálati test eredeti magassága 98,0 mm volt, a 120 másodpercig tartó előterhelés után az útadók 0,0099 mm alakváltozást mértek, az ebből adódó h_0 paraméter 97,99 mm lett. A vizsgálat a próbaterhelést követően n = 17613 ciklusig futott, ez alapján a h_{17613} = 96,79 mm. A teljes tengelyirányú fajlagos alakváltozás a következőképp lett meghatározva:

$$\varepsilon_{17613} = 100 \times \left(\frac{97,99 - 96,79}{97,99} \right) = 1,225 \%$$

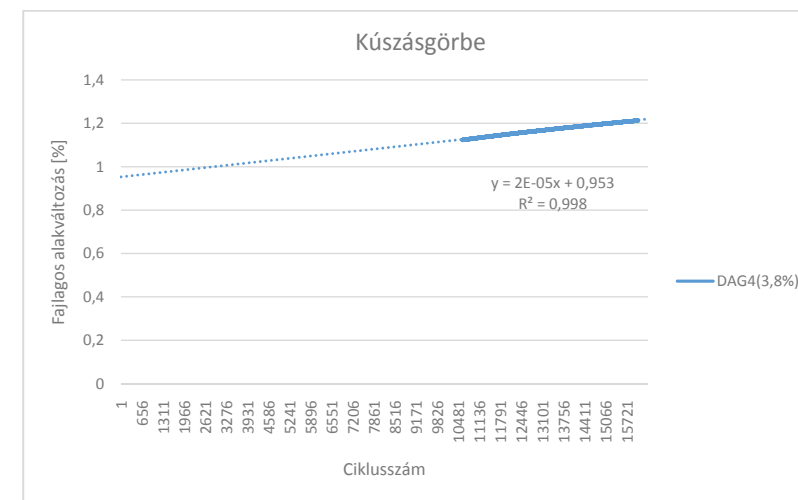
Ez után a kúszásgörbére lineáris egyenest illesztettem.

Így megkaptam a regressziós egyenletet 99,81%-os determinációs koefficienssel, mely alapján:

$$y = 0,2 \times 10^{-5}x + 0,9532$$

Ebből megkapjuk a B meredekség értékét, mely nem más, mint a, ebből már meghatározható a kúszási sebesség:

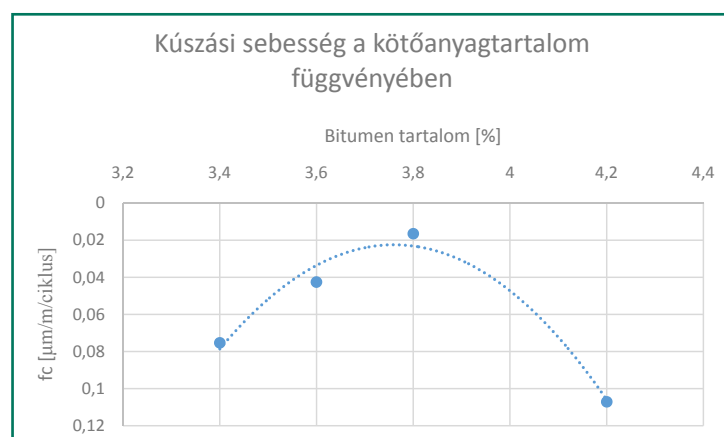
$$f_c = 2 \times 10^{-5} \times 10^4 = 0,2$$



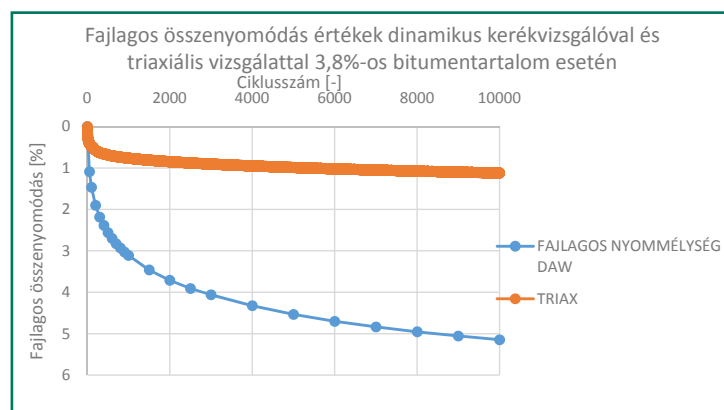
10. ábra: Lineáris regresszió

Bitumentartalom (%)	Kúszási sebesség
3,4	0,08
3,6	0,04
3,8	0,02
4,2	0,10

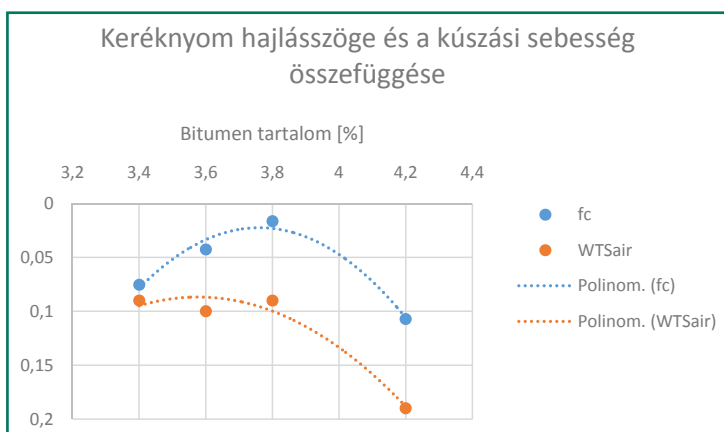
5. táblázat: Kúszási sebesség adatok



11. ábra: Kúszási sebességek a bitumentartalom függvényében



12. ábra: Fajlagos összenyomódás értékek kiskerekes és triaxiális vizsgálat esetén (3,8%)



13. ábra: Keréknyom hajlásszöge és a kúszási sebesség összefüggése

A bitumentartalmakhoz tartozó kúszási sebességeket az alábbi táblázat tartalmazza:

A kúszási sebességeket ezek után a bitumentartalom függvényében diagramon ábrázoltam.

A fenti ábra is azt szemlélteti, hogy a 3,8%-os kötőanyag tartalmú keverék nyomvályúsodik a leglassabban triaxiális vizsgálatok esetén.

A kiskerekes nyomvályú és triaxiális vizsgálati eredmények összehasonlítása

A fent szemléltetett eredmények alapján nincs 100%-os egyezés, hiszen míg a kiskerekes nyomvályú vizsgálatok során a 3,4% bitumentartalom eredményezte a legkisebb deformációkat, addig a triaxiális eljárás során a 3,8% mutatta a legideálisabb értékeket. Ennek oka szimplán annyi, hogy mind a két vizsgálat ugyanazt az anyagot vizsgálja, csak kicsit másképp. Ezért – jellegében, trendjében – hasonló eredményt adnak, bár nem ugyanazt, viszont nem számíthatóak át egymásba. Ennek szemléltetésére az alábbi diagramon kívánom megmutatni a két vizsgálat fajlagos alakváltozási különbségeit.

Az eltérő adatok oka a triaxiális vizsgálat során alkalmazott oldalnyomásból és a próbatestek geometriájának különbözőségéből adódik.

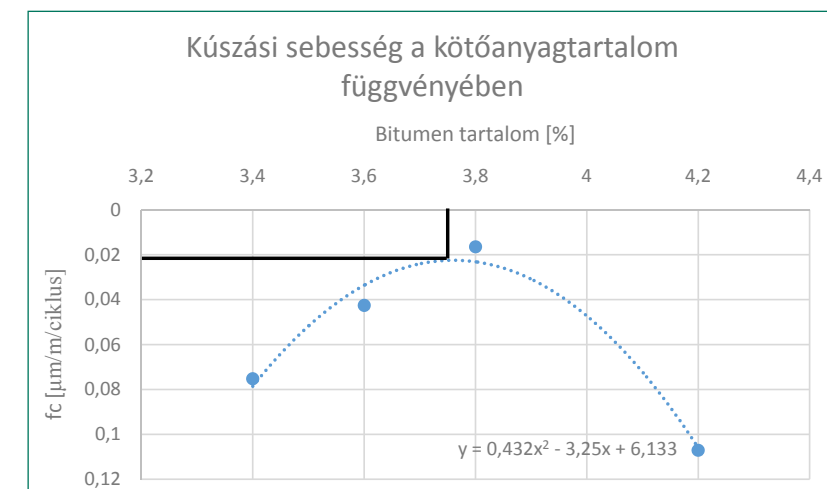
A fenti ábrán látható a triaxiális eredményekből kapott kúszási sebességek és a dinamikus keréknyom vizsgálat hajlásszögeinek eredményei. Megállapítható, hogy az eredmények között nincs kapcsolat.

Optimális bitumentartalom meghatározása

A fenti ábra szemlélteti, hogy a vizsgált bitumentartalmak közül a 3,8%-nak volt a legkisebb kúszási sebessége.

A görbe legalacsonyabb pontja mégis ettől balra található, az optimum körülbelül a 3,7%-nál van, egész pontosan a 3,76%-nál.

Az Innnoteszt Minőségvizsgáló, Technológiai és Fejlesztési Kft. a Marshall-féle keveréktervezés során 3,8%-os bitumentartalmat alkalmazott, vagyis az optimális kötőanyag tartalom ehhez képest körülbelül 0,1m%-kal alacsonyabb. Ez a kis eltérés csak az általam vizsgált keverékre igaz, más



14. ábra: Kúszási sebességek a bitumentartalom függvényében

Felhasznált alapanyagok			
Ásványi anyagok	Megnevezés (szabványos)	Származási hely	Összetétel (m%)
	ML	Tatabánya	6
	NZ 0/4	Iszka-szentgyörgy	31
	NZ 4/11	Iszka-szentgyörgy	20
	NZ 11/22	Iszka-szentgyörgy	43
Kötőanyag	Megnevezés (szabványos)	Származási hely	Kötőanyagtartalom (m%)
	50/70	OMV	3, 8
Adalékszerek	Megnevezés (szabványos)		Adagolás aránya (m%)

15. ábra: Az Innnoteszt Kft. típusvizsgálata szerinti kötőanyag tartalom

kutatás eredményei ennél nagyobb eltérést is mutattak.

A kutatás kezdetekor az alapfeltevésem szerint a triaxiális vizsgálat során meghatározható optimális kötőanyag tartalomnak körülbelül 0,1 – 0,3m%-kal alacsonyabb értéknek kell lennie, mint a Marshall-féle keveréktervezés során adódónak. Esetemben ez a feltevés beigazolódott. Az Innnoteszt Minőségvizsgáló, Technológiai és Fejlesztési Kft. által a típusvizsgálatban meghatározott 3,8%-os bitumentartalomhoz képest kutatásom során 3,76%-ot ítélték az optimumnak.

További kutatásra ad okot a további teljesítményalapú paraméterek pályaszerkezetben betöltött funkciója alapján történő vizsgálata, mellyel diplomamunkám során kívánok a foglalkozni.

Irodalomjegyzék

Ávár Vivien – Dr.Szentpéteri Ibolya: Plasztikus deformációs hajlam meghatározása kúszás, valamint vákuum triaxiális vizsgálatok segítségével, 2010

Dr.Füleki Péter: Aszfaltbeton keverékek fundamentális alakváltozási jellemzőinek kapcsolata a bitumenek teljesítményalapú paraméterével, 2013

Dr.Görög Péter: Triaxiális és közvetlen nyírószilárdság vizsgálat, 2015

Dr.Kisgyörgy Lajos: Utak, 2014

Dr.Nemesdy Ervin – Dr.Ambrus Kálmán – Dr.Pallós Imre – Dr. Török Kálmán: Az aszfaltkeverékek mechanikai, és fizikai tulajdonságainak laboratóriumi vizsgálatai, 2000

Dr. Tóth Csaba: Aszfaltkeverékek merevsége a terhelési idő, a hőmérséklet és a köváz szemeloszlásának függvényében, 2010

Dr.Tóth Csaba – Dr.Primusz Péter – Dr.Szentpéteri Ibolya: Történelmi pályaszerkezetek, Útpályaszerkezet típusok, funkciók, 2015

MSZ EN 12697-22:2003: Aszfaltkeverékek. Meleg aszfaltkeverék vizsgálati módszerei, Keréknyomképződés

MSZ EN 12697-25: Aszfaltkeverékek. Meleg aszfaltkeverék vizsgálati módszerei

MSZ EN 13108-1:2006: Aszfaltkeverékek. Anyagelőírások. Aszfaltbeton

Primusz Péter: Pályaszerkezet-gazdálkodás az erdészeti feltáráshálózatokon, 2012

Ronald Blab: Performance-based asphalt mix and pavement design, 2015

Sieler Tamás: Az aszfaltkeverék összetételének és plasztikus deformációs hajlamának vizsgálata kopórteleg keverék esetén, 2010

ÚT 2-3.302 Útügyi Műszaki Előírás: Út-pályaszerkezeti aszfalttrétegek, 2010

ÚT 2-3.301-1 Útügyi Műszaki Előírás: Útépítési aszfaltkeverékek, 2010

Hungaroring korszerősítése

Réger Bálint

Swietelsky
Magyarország Kft.
munkahelyi mérnök
HAPA FMF
első helyezett előadás.



Bevezető

1986-os átadásának 30. évfordulójára, történetének egyik legnagyobb felújításának köszönhetően teljes felületén új kopóréteget és szerelőtér burkolatot, korszerű vízelvezető rendszert és teljes hosszában új rázóköveket kapott a Formula-1 sorozat magyarországi állomása, a Hungaroring.

A felújítást a Swietelsky Magyarország Kft. végezte, a kivitelező csapat tagjaként a munkaterület átvételétől az elkészült pálya átadásáig követhetem végig a munkálatok előrehaladását.

A projekt rövid leírása

A korszerűsítést végző cég kiválasztása egy többfordulós, meghívásos pályázat keretein belül történt, a pályázatok elbírálásának szempontjai között nagy súllyal szerepelt a kivitelezési költség mellett az alkalmazni kívánt technológia és a kivitelezésben résztvevő szakemberek tapasztalata is.

A megrendelő a versenypályát üzemeltető Hungaroring Sport Zrt. volt, a felújítás terveit a pálya tervezésekor is közreműködő szakemberegárdával működő tervezőiroda készítette. A kivitelezési munkálatokat a megrendelő által felkért műszaki ellenőri gárda felügyelte.

A pálya folyamatos kihasználtsága miatt a kivitelezési szempontból kevésbé kedvezőnek mondható téli időszakban, 2015. szeptember vége és 2016. március vége között kellett elvégezni a korszerűsítést.

A felújítás fő elemei a kopóréteg csere, a boxutca beton burkolatának cseréje és a boxutca behajtó részének átépítése voltak, azonban mindezek mellett a pálya rázóköveinek cseréje, a vízelvezető rendszer korszerűsítése és bővítése, valamint egyes speciális versenypálya elemek kiegészítése és a zöld felületek felújítása is részét képezte a feladatnak.



1. kép: Az elkészült kopóréteg felülete

Különleges elvárások és tényezők

Már az ajánlati szakaszban egyértelművé vált, hogy a versenypálya jellegéből adódóan az alábbi, útépitésben megszokottól eltérő tényezőket is számításba kell venni a kivitelezés során:

- FIA belső előírásaiban meghatározott műszaki paraméterek,
- nagy médiafigyelemből adódó esztétikai elvárások,
- szokatlanul nagy és folyamatosan változó szélességű burkolat,
- közúti használattól eltérő igénybevétel.

A fentiek mind olyan tényezők, melyek a kivitelezés egyes munkafázisaiban alkalmazott technológiát is meghatározták.

Kopóréteg csere

A kopóréteg építése során a pályán a korábbiakban általánosan alkalmazott AB8 kopóréteg helyett SMA 11 (mF) 25/55-65 aszfaltkeveréket építettünk be. A keverékkel szemben támasztott megrendelői követelmény volt, hogy a kőváz egyáltalán nem tartalmazhat üledékes eredetű kőzetet. A homogén, sötét színű felület kialakításának érdekében tehát a 0/4 frakció is vulkanikus eredetű kőzetből, nógrádkövesdi andezitből állt, hasonlóan a nagyobb frakciókhoz. Egyéb tulajdonságait tekintve egy normál útépitési SMA keverékről beszélhetünk, mely polimerrel módifikált bitumen és cellulózrost adalékszer hozzáadásával készült.

A keverék gyártása a Swietelsky Magyarország Kft. Dunakeszi aszfaltkeverő telepén történt.



2. kép: Három finisher egyidejű munkavégzése a pálya egyik legszélesebb szakaszán



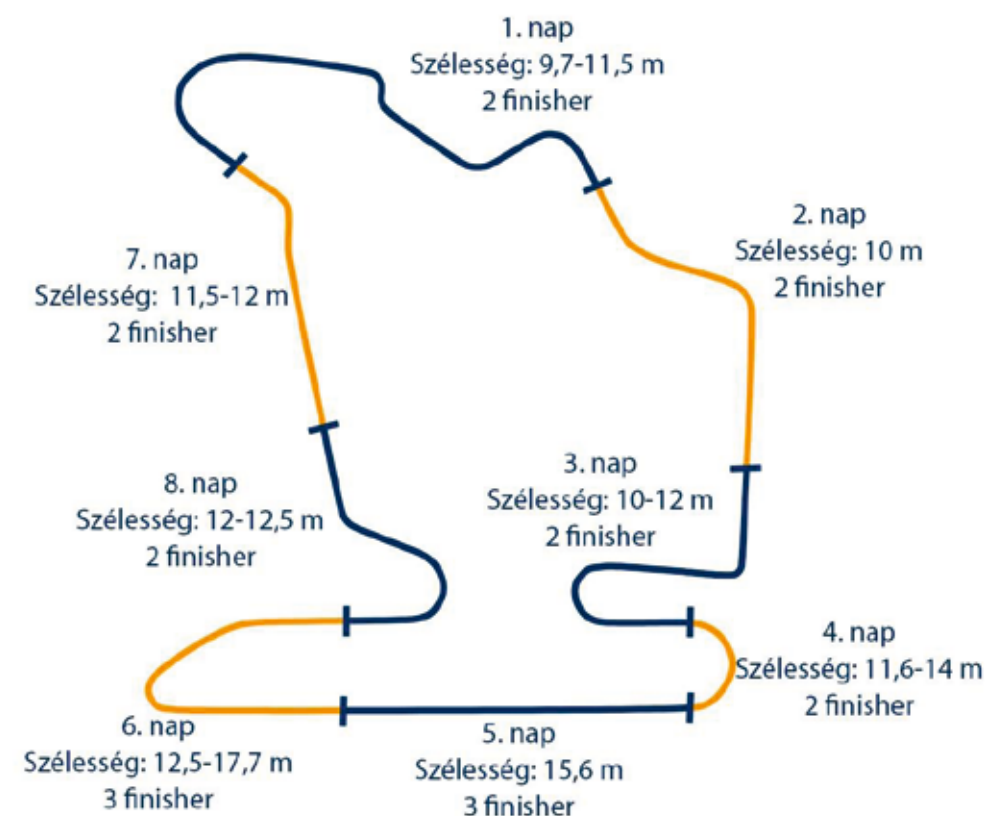
3. kép: A csatlakozások széleinél kishengereket alkalmaztunk

A versenypályára vonatkozó speciális elvárások a kopóréteg beépítésével kapcsolatosan is hangsúlyosan jelentkeztek, a főbb követelményeket és ezek aszfaltozással kapcsolatos következményeit az alábbi táblázat tartalmazza.

Az aszfaltozás szervezésekor az első feladat az aszfaltozási napok kialakítása volt. A keresztthézagok nem kerülhettek ívbe, valamint fékezési és gyorsítási zónába, hosszthézagot pedig csak melegbeton-technológiával alakíthattunk ki, így teljes szélességben egy ütemben történt az aszfaltozás. Az egyes napokon alkalmazott gépláncot az adott szakasz legkisebb és legnagyobb burkolatszélességének függvényében kellett megválasztani, a feladatot egy szélesített paddal szerelt, max. 8,5 m munkaszélességű Vögele 1900-3, és kettő darab, 6,5 illetve 5 m maximális munkaszélességű Vögele 1600-3 finisherrel oldottuk meg, mindegyik finisher előtt egy-egy fix szalagos Vögele előadagolót alkalmazva.



4. kép: Zárás az elkészült szegélyekhez



Elvárás	Következmény
Hosszhézag kialakítása nem engedélyezett.	Melegbeton-technológia alkalmazása, esetenként három finisher egyidejű használata.
Kereszthézag csak a megrendelő által kijelölt helyeken lehet.	Szigorú napi ütemezés, a finisher padszélességek és az előírások összeegyeztetésével.
Szigorú hullámossági megkötés (ÚME szerinti tűrés 50%-a, 6cm/100m)	Fokozott technológiai fegyelem, előadagolókat használatának szükségessége.



5. kép: az aszfaltkeverék előadagoló segítségével került a finisherek puttanyába



6. kép: Építés közbeni UT-02 hullámosságmérés



8. kép: Simítás tárcsás simítóval



11. kép Szegélyépítés a 13. kanyarban

A 8 aszfaltozási nap az 1. ábrán látható módon került kijelölésre. A haladás irányát meghatározta az anyagbeszállítás: a szállítójárművek a gyengébb teherbírású szervízutakat és az elkészült kopórétet nem használhatták, csak a pályán, a mart felületen közlekedhettek. Ezt a végső keresztcsatlakozás helyének kijelölésekor is figyelembe kellett venni, ezért a beközeledésre használt üzemi lehajtónál zártuk össze az új kopórétet.

Hullámosság tekintetében az ÜME által előírt legszigorúbb, autópályán kettő vagy több réteg építésére vonatkozó 12 cm/100m összhullámossági érték fele, 6 cm/100m volt a megkövetelt érték. Az ennek való megfelelés érdekében fokozott technológiai figyelemre és előadagoló használata volt szükség. Az aszfaltozás során külön műszaki felelőse volt az anyagbehordásnak, a beépítésnek és a tömörítésnek, minden résztvevő pontos helye és feladatköre előre meghatározásra került.

Az előadagoló használatának legfőbb előnye, hogy az előadagoló és a finisher között nincs fizikai kapcsolat, ezért az anyagszállító járművek billentésekor a finisher egyenletes mozgását nem szakítja meg a rátolatásból keletkező

erőhatás. Ily módon elkerülhetőek a megállásokból, lökésekkel adódó hullámok, egyenetlenségek. Mindemellett az aszfaltkeverék szemszerkezeti és hőmérsékleti szempontból is homogénebb állapotban kerül a finisher puttanyába, ezzel elősegítve a jobb minőségű burkolat kialakítását.

A régi burkolat marásakor lézerszkenneléssel előkészített marási terv alapján dolgoztunk, az előkészített felületet ismételt szkenneléssel ellenőriztük, így egy teljesen pontos felületen, egységesen 4 cm vastagságban történhetett a kopórét aszfaltozása. Annak érdekében, hogy a csatlakozó, meglévő felületek hibáit a lehető legkevésbé másoljuk az új kopórétbe, a csatlakozások széleinek kialakításakor kishengereket alkalmaztunk.

A beépítés során építés közbeni ÚT-02 szerinti hullámosságmérést végeztünk, ezzel azonnali visszajelzést és beavatkozási lehetőséget nyerve az esetleges egyenetlenségek megszüntetésére.

A fenti technológiával és gépparkkal 56947 m² felületen, közel 5500 tonna aszfalt került beépítésre az aszfaltozás nyolc napja alatt.

Boxutca szerelőtér betonozás

A kopórét cseréje mellett a másik jelentős burkolatépítési feladat a boxutca szerelőtérén a beton burkolat cseréje. Itt a felületi egyenletességre vonatkozó előírás négy méteres lécsalát mérhető maximálisan 3 mm hézagot engedélyezett, a szigorú elvárás az alkalmazható technológia kiválasztását is meghatározta. Ideális esetben ez finisheres bedolgozást



7. kép Beépítés, tömörítés



9. kép: Kéregerosztó bedolgozása



10. kép: Ismételt simítás utáni, elkészült felület

jelentett volna, azonban a boxépület közelsége miatt csak kézi bedolgozás jöhetett szóba. Végül CKh alaprétegre, ipari padlóknál megszokott technológiával, kéregerosztó használatával készült a szerelőtér burkolata. A felhasznált beton fibrillált műanyagszál hozzáadásával gyártott CP 4/2,7 bazaltbeton volt, melyből a teljes szélességben egy ütemben, 27 m hosszúságú szakaszokban mintegy 500 m³ került beépítésre. Utólagos hézagvágással és rugalmas kitöltéssel végül 8x8 méteres táblamérettel alakítottuk ki a felületet.



12. kép: Vízvezető szegélysor építése

Egyéb projektelemek

Rázókövek, szegélyek cseréje

A teljes pályán, 3962 m hosszban cseréltük új elemekre a rázóköveket és a vízvezető szegélyeket, egyes szakaszokon kísérelti, kétsoros elemeket is felhasználva. A két különböző gyártó által készített mindösszesen 10690 db, ~40-300 kg súlyú elem 80 szállítmánnyal érkezett a munkaterületre, 22 típusban, melyek méretben és formában tértek el egymástól, a beépítés helyének és oldalának függvényében. A hatékony logisztika a projekt során napi odafigyelést és pontos dokumentációt követelt, hiszen a 22 féle elemet a megfelelő darabszámban érkezésükkor azonnal beépítés helyére deponáltuk, a többletmozgatást elkerülve.

Vízvezetés

A korábbi versenyek tapasztalatai alapján a problémás részek bővítésre került a vízvezető rendszer is. A cél egyenesben és a boxutcában az eddigi pontszerű víznyelők helyett a pitfal teljes hosszán folyóka épült, egyes kanyarokban pedig új víznyelőpontok biztosítják esős időben is a pálya biztonságos használatát.

Az alábbi címen, vagy a QR kódot beolvasva megtekinthető az aszfaltozásról készült drónfelvétel.

<https://goo.gl/i72ry5>





13. kép Zöldfelületek megújítása, rendezése



14. kép: Szegélyek és burkolatok festése a boxutcában



13. kép Zöldfelületek megújítása, rendezése



15. kép: Új gumifal szakasz az 5-ös kanyar bukóterében

Zöldfelületek megújítása

A pályacsík mentén, a szalagkorlátok közötti sávban a meglévő zöldfelületek megújítása is megtörtént, a meglévő növényzetet átszellőztetve, termőföld ráhordása után hidrovetési eljárással felülvetettük, így megerősítve és fel-frissítve azt.

Speciális versenypálya elemek

A felújítással érintett bizonyos kanyarokban a bukóte-

rek és a gumifalak bővítése is megtörtént, új szalagkorlát szakaszok és műfüves szegélykiegészítések épültek. Természetesen a projekt befejezésekor a szegélyek és a burkolatok is csúszásmentes, versenypályákra szánt festékekkel nyerték el a versenyeken látható végleges formájukat, melyet a műszaki átadás-átvételt követő néhány héten belül már a Túraautó Világajnokság autói vettek használatba.

CANADER MIX hidegaszfalt és gyártástechnológiája

Tallósi Zoltán

COLAS Út Zrt Nyugat-Magyarországi területi igazgatóság
HAPA FMF második helyezett előadás



Bevezető

Nagy örömmre szolgált, hogy Az Aszfalt 2016/1. számában ismét megjelent egy cikk Dr. Geiger Andrásról és Balogh Lajostól a Gumibitumenes aszfaltkeverékek új tapasztalatairól. A publikációban alaposan bemutatják a gumibitumen hazai szabályozását, illetve vizsgálati eredményeit. Megemlítsékre került, hogy a 2015-ös évben a Colas Út Zrt. kettő olyan útépitési projektben is részt vett, ahol mart aszfalt visszaadagolással készülő gumibitumenes aszfaltkeverékeket építettek be [1]. Az aszfaltok tekintetében leginkább a Budaörsi út felújításán felhasznált keverékek teljesítménye került részletes bemutatásra. Ismerem a mondat, miszerint az ismétlés a tudás anyja, de jelen cikkben én csupán a Zalaegerszeg belváros rehabilitáció északi tehermentesítő út II. szakaszán alkalmazott keverékek teljesítményeire, illetve a keverőtelepi energiafelhasználások pozitív tapasztalataira térek ki. A témával a Széchenyi István Egyetem Ütügyi Technológus Szakmérnök képzés keretein belül foglalkoztam részletesen.

Zalaegerszegi aszfaltok teljesítménye

A zalaegerszegi projekt egy kisebb volumenű munka volt 2015-ben. Az út hossza 1350 méter, mely csatlakozik a tehermentesítő út I. ütemében megépült szakaszhoz és a Hock János utcához. A pálya keresztmetszeti kialakítását tekintve 2x1 sáv, sávonként 3,25 méter szélességgel, kiemelt szegélyek között épült meg. A projekt a Bakon

található aszfaltkeverő telepről került kiszolgálásra egy TELTOMAT V/2 – 2T 80 TT keverőgéppel, melyet üzem közben az 1. kép mutat.

A keverőtelep átlagos távolsága a munkaterülettől 18,5 km, így a fuvarozás miatti hőmérsékletcsökkenés minimálisnak tekinthető.

Mint azt már tudjuk, a felhasznált aszfaltok esetében, hazánkban elsőként alkalmaztak mart aszfalt visszaadagolást (RA) gumibitumenes aszfaltkeverékekbe [1]. A Bakon előállított kötőréteg esetében az ásványi váz megegyezett a normál bitumennel kevert aszfalt ásványi vázával, kopórétegnél is csak a nagyobb frakcióban történt minimális módosítás. Az aszfaltkeverékek ásványi összetételét az 1. táblázat mutatja.

Az AC 22 kötő (F) GmB 45/80-55 aszfaltkeverék 9 cm vastagságban került beépítésre, összesen 2600 tonna mennyiségben. Az AC 11 kopó (F) GmB 45/80-55 aszfaltkeverék 5 cm vastagságban, összesen 1615 tonna mennyiségben került felhasználásra. Mindkét keverék 10% mart aszfaltot tartalmazott. A gyártás és beépítés során sem adódtak problémák, köszönhetően kollégáim odafigyelésének és a magas technológiai fegyverem betartásának.

Az AC 22 kötő (F) GmB 45/80-55 aszfaltkeverék esetében elvégzett laboratóriumi vizsgálatok eredményeit, normál 50/70 és PmB 25/55-65 bitumennel kevert aszfaltok vizsgálati eredményeivel hasonlítottam össze. Az eredményeket a 2. táblázat mutatja, ebből látszik, hogy a mart aszfalt visszaadagolással készült keverék maradó alakváltozással szembeni ellenállása, merevsége és fádási értéke is kiváló.

Ásványi anyagok			
AC 22 kötő (F) GmB 45/80-55		AC 11 kopó (F) GmB 45/80-55	
Megnevezés	Származási hely	Megnevezés	Származási hely
Mézőköliszt	Tapolcafő	Mézőköliszt	Tapolcafő
NZ 0/2	Kádárta	NZ 0/4	Uzsa
KZ 2/4	Kádárta	KZ 4/8	Uzsa
NZ 4/11	Kádárta	KZ 8/11	Uzsa
NZ 11/22	Kádárta	-	-
22 RA 0/11	Bak, keverőtelep	22 RA 0/11	Bak, keverőtelep

1. táblázat: Az aszfaltkeverékek ásványi összetétele

Elvégzett vizsgálatok	Kötőrétegek			
	ZEG AC 22 kötő (F) GmB 45/80-55	AC 22 kötő (F) 50/70	AC 22 kötő (mNM) 25/55-65	AC 22 kötő (mf) 25/55-65
Próbatestek testsűrűsége [kg/m³]	2467	2460	2439	2461
Hézagmentes testsűrűség [kg/m³]	2604	2595	2590	2602
Szabadhézag-tartalom [%]	5,3	5,2	5,3	5,4
Vízérzékenység (ITSR) [%]	95,1	94,7	96,1	95,8
Maradó alakváltozással szembeni ellenállás (PRD ₄₀₀)	3,4	2,9	1,9	2,0
Merevség (S _{mm})	8340	7557	8539	7697
Fáradás (ε ₆)	141	130	125	152

2. táblázat Kötőrétegek vizsgálati eredményeinek összehasonlítása



1. kép: Bak keverőtelep üzem közben

Elvégzett vizsgálatok	Kopórétegek		
	ZEG	AC 11 kopó (F) 50/70	AC 11 kopó (mF) 25/55-65
	AC 11 kopó (F) GmB 45/80-55		
Próbatestek testsűrűsége [kg/m ³]	2448	2441	2432
Hézagmentes testsűrűség [kg/m ³]	2558	2554	2546
Szabadhézag-tartalom [%]	4,3	4,4	4,5
Vízérzékenység (ITSR) [%]	92,5	91	90
Maradó alakváltozással szembeni ellenállás (PRD _{AB})	4,5	4,1	4,3
Merevség (S _{min})	6857	8036	6149
Fáradás (ε ₆)	160	111	148

3. táblázat Kopórétegek vizsgálati eredményeinek összehasonlítása

Meglepő, hogy a merevségi érték meghaladja az egyik PmB 25/55-65 kötőanyaggal gyártott keverék értékét is, nem beszélve az 50/70-es kötőanyagú keverékről. A vízérzékenységet tekintve az eredmény a vizsgált keverékekhez hasonlóan kimagasló.

Az AC 11 kopó (F) GmB 45/80-55 aszfaltkeverék esetében elvégzett laboratóriumi vizsgálatok eredményeit - kötőréteghez hasonlóan - a normál 50/70 és PmB 25/55-65 bitumennel gyártott aszfaltkeverékek teljesítményével hasonlítottam össze. Az eredményeket a 3. táblázat szemlélteti.

A kopórétegek esetében a mart aszfalt visszaadagolással készült GmB kötőanyagú aszfaltkeverék, hasonlóképp a kötőréteghez, kiváló vízérzékenységgel, maradó alakváltozással szembeni ellenállással, merevséggel és fáradással rendelkezik. Elmondható, hogy az RA-t tartalmazó GmB 45/80-55 kötőanyaggal készült baki aszfaltkeverékek kiváló teljesítménnyel rendelkeznek.

Az elkészült pályaszerkezetből vett fűrt aszfaltminták vizsgálati eredményeinek átlagos értékeit összevettem a

Elvégzett vizsgálatok	ZEG			
	AC 11 kopó (F) GmB 45/80-55		AC 22 kötő (F) GmB 45/80-55	
	Fűrt minta	Labor minta	Fűrt minta	Labor minta
SSD testsűrűség [kg/m ³]	2408,4	2448	2442	2467
Hézagmentes testsűrűség [kg/m ³]	2580	2558	2621	2604
Hézagtartalom (%)	6,64	4,3	6,26	5,3

4. táblázat Fűrt aszfaltminták vizsgálati eredményeinek összehasonlítása

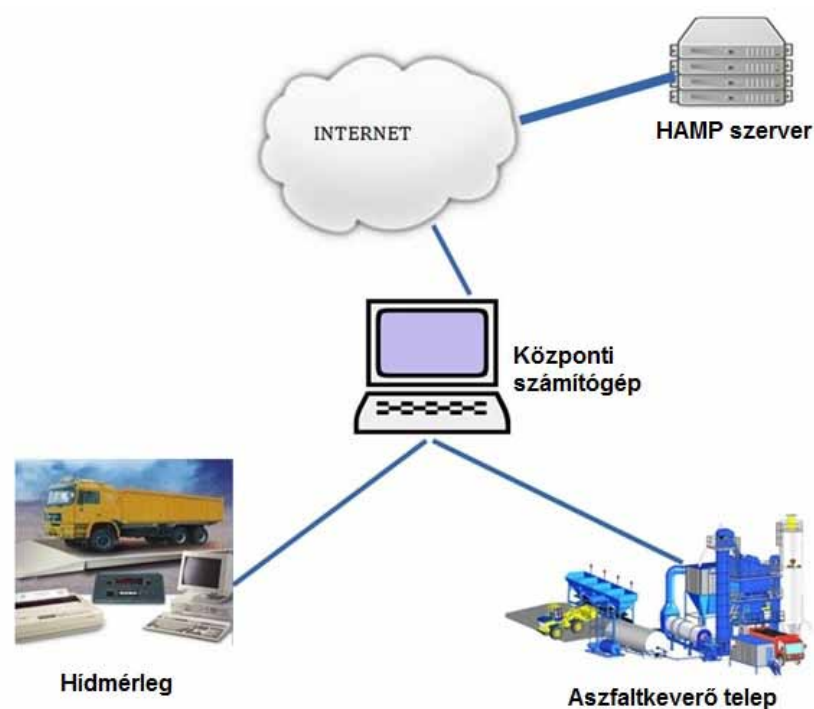
keverékek típusvizsgálati eredményeivel, melyet a 4. táblázat ábrázol.

Jól látható, hogy a fűrt aszfaltminták vizsgálati eredményei nagyon jól megközelítik a laboratóriumi körülmények között előállított keverékek vizsgálati eredményeit. Minimális eltérést a hézagtartalmaknál tapasztalhatunk, ami magyarázható azzal, hogy a beépítés egyes napjain jelentősen visszaesett levegő hőmérséklete. Ezen eredmények igazolják a jó aszfaltkeverékek jó beépítési minőségét.

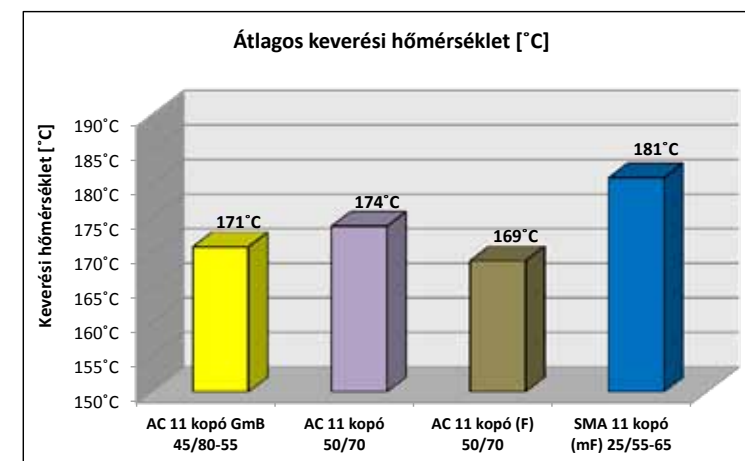
Energiafelhasználások vizsgálata a HAMP szoftver segítségével

A HAMP egy mozaikszó, melynek jelentése angolul "Hot Asphalt Mixing Plant". A program célja, hogy nyomon kövesse a bemenő adatokat, a keverőtelep termelési és felhasználási energiáit és ezekből jelentéseket hozzon létre. A szoftver működésének sematikus ábrázolását a 2. kép mutatja [2].

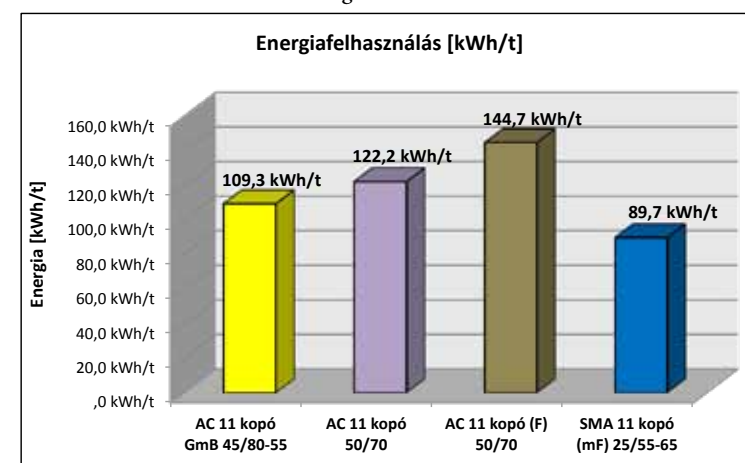
A zalaegerszegi projekt folyamán 2015. december 5-én Bakon csak az RA-t tartalmazó AC 11 kopó (F) GmB 45/80-55 aszfaltkeverék került gyártásra, így egzakt eredményeket



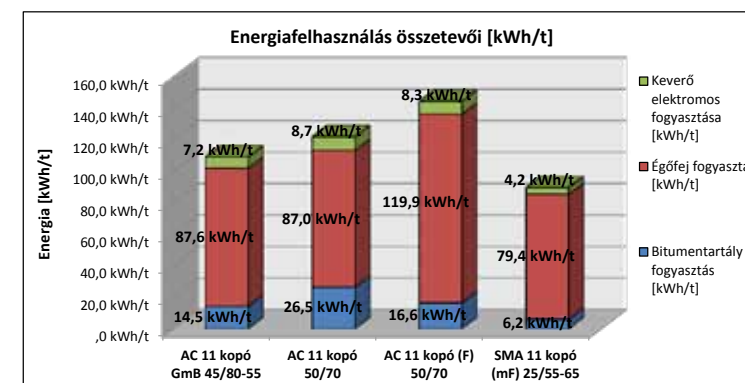
2. kép A HAMP rendszer működési elvének sematikus ábrázolása



1. ábra Átlagos keverési hőmérsékletek



2. ábra Energiafelhasználások



3. ábra Energiafelhasználás összetevői

kaptam a keverék gyártásakor felhasznált energiamennyiségről. Az eredményeket AC 11 kopó 50/70-es, AC 11 kopó (F) 50/70-es és SMA 11 kopó (mF) 25/55-65-ös keverékekkel hasonlítottam össze. Az AC 11 kopó 50/70 és AC 11 kopó (F) 50/70 keverékek hasonlóan a GmB kötőanyagú kopóréteghez 10%-ban tartalmaznak mart aszfaltot, az SMA 11 kopó (mF) 25/55-65 keverék nem tartalmaz RA-t. Elsőként az aszfaltkeverékek átlagos keverési hőmérsékleteit vizsgáltam, az adatokat az 1. ábra szemlélteti.

Jól látható a kapott eredményeken, hogy a mart aszfaltot tartalmazó keverékek keverési hőmérséklete közel azonos. Ezt követően megvizsgáltam a különböző aszfaltfajták előállításához felhasznált energiamennyiségeket a leggyártott tonnákra vetítve, ezeket az értékeket a 2. ábra mutatja.

Az RA-t tartalmazó keverékek közül a GmB kötőanyaggal gyártott aszfalt igényli a legkevesebb energiát. A mart aszfaltos keverékek magasabb energiafelhasználása a mart aszfalt nélküli SMA keverékekhez képest abból is adódik, hogy az előállításakor a mart aszfalt adagolása Bakon a keverődobba történik, így a keverék hőmérséklete visszahűl, ami plusz energiafelhasználással lesz újra optimális hőfokú. A keverékek előállításakor felhasznált energia összetevőit részletesen a 3. ábra ismerteti.

Az energiafelhasználás összetevőinek eloszlása mindegyik keverékben hasonló. A legnagyobb arányban az égőfej fogyasztása teszi ki a teljes fogyasztást, annak több mint háromnegyedét. A keverő energiafogyasztása összefügg a keverési idő hosszával is, amiből arra lehet következtetni, hogy a gumibitumenes aszfaltkeverék gyorsabban eléri azt a bevontsági szintet, mint a vizsgált normál bitumenes keverékek, ezzel is igazolva a jobb tapadási tulajdonságát [3]. Látható, hogy az RA-val készülő GmB kötőanyagú aszfaltok gyártása során nem kell nagyobb energiafogyasztásra számítani más mart aszfaltos keverékekhez képest.

Összefoglalás

Az GmB-vel gyártott keverékek teljesítménye a normál bitumennel gyártott keverékek teljesítményét felülmúlja. Az RA-t tartalmazó GmB 45/80-55 kötőanyagú keverékek teljesítménye meghaladja, vagy csak minimális mértékben marad el a PmB 25/55-65 kötőanyagú keverékek teljesítményétől. A beépítés technológiája, hasonló a PmB-vel készült aszfaltokéval, ezt a fűrt aszfaltminták vizsgálati eredményei igazolták is. Energiafelhasználás szempontjából - a jelenlegi ismeretek alapján - nem jelent plusz energiaigényt az RA-t tartalmazó gumibitumenes kötőanyaggal történő aszfaltkeverék gyártása az 50/70-es kötőanyagú keverékek előállításához képest.

Bízom benne, hogy a közeljövőben a mart aszfalt visszaadagolással készülő gumibitumenes aszfaltkeverékek szakszerű utépítési alkalmazása egyre nagyobb szerepet fog kapni hazánkban, így csökkentve a gumihulladék mennyiségét, illetve a nyersolaj felhasználását. Számítok rá, hogy tovább folytatódik a GmB fejlesztése és vizsgálata, akár más szoftverek alkalmazásával is. Véleményem szerint ez az anyag egy tartósabb, környezetbarátabb és hosszú távon gazdaságosabb megoldást jelent a jelenleg alkalmazott egyéb bitumennel készült aszfaltokhoz képest.

Felhasznált irodalom

- [1]: Dr. Geiger A., Balogh L., 2016: Az Aszfalt, A Magyar Aszfaltipari Egyesülés HAPA hivatalos lapja, XX. ÉVFOLYAM 2016/1. szám
- [2]: Uttó György UTTO SOFT HAMP user guide COLAS
- [3]: Geiger A., Holló A.: A bitumen és kőzet közötti tapadás – Fejlesztési törekvések a bitumen minőségének javítása érdekében, Az Aszfalt, XV. évf., 2010.

Aszfaltkeverékek hasító-húzó fárasztási vizsgálata és az eredmények feldolgozásának lehetőségei

Soós Zoltán



PhD hallgató, BME Út és Vasútépítési Tanszék

Habár az aszfaltkeverékek fáradási ellenállásának ismerete az aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezésének egyik legfontosabb eleme, annak vizsgálati módszerei és az eredmények értelmezése tekintetében több, egymással jellemzően nem egyenértékű módszer alakult ki, került szabványosításra, és elterjedt egy-egy ország vagy terület gyakorlatában. A releváns nemzetközi gyakorlatot tekintve ezen a területen az utóbbi időszakban egyre nagyobb mértékben kerül alkalmazásra az ún. hasító-húzó fáradás vizsgálat, amelynek bevezetése, a laboratóriumi vizsgálati gyakorlatban való számos előnye mellett, azért is komoly megfontolást érdemel, mert a módszerrel a beépített rétegek fáradási ellenállása is meghatározható, a többi vizsgálathoz képest lényegesen egyszerűbben, gyorsabban.

A cikk az aszfaltkeverékek fárasztásának főbb módszereit és az eredmények feldolgozásának elméleti és gyakorlati lehetőségeit mutatja be, melynek során részletes bemutatásra kerülnek a beépített rétegekből fúrt minták vizsgálata során szerzett eddigi tapasztalatok is.

Bevezetés

A fáradás az anyag merevségének csökkenése az ismételt terhelés hatására az egyszeri terheléshez képest. Az aszfaltkeverékek fáradási ellenállásának vizsgálata, amit, a kötőanyagként alkalmazott bitumen viszkozitása miatt, más anyagokhoz képest erőteljesebben produkál, tekintve a forgalomból származó ciklikus jellegű igénybevételt, kiemelkedően fontos az aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése szempontjából. A forgalom hatására az aszfaltretekben szerkezeti átalakulások jönnek létre, melyek folyamatosan összegződnek, majd repedések formájában megjelennek a burkolaton. A fáradás jelenségét a Wöhler (1838) és Rankie (1843) nevéhez köthető első dokumentált megfigyeléseket követően Miner fordította le az útpályaszerkezeteket érő terhekkel analóg értelmezési for-

mára [1]. Az ún. Miner-féle hipotézis, amelyet a hazai típusú útpályaszerkezetek rendszerének kialakításánál Nemesdy is felhasznált [2] [3], jellemzően a mai napig az aszfaltburkolatok méretezésének elméleti alapjaként szolgál.

Az anyag fáradási ellenállásának vizsgálati úton való meghatározására azonban a kezdeti kutatásokat követően többféle vizsgálati módszer alakult ki, amelyek közül a legmegalapozottabbnak tartottakat a CEN vizsgálati szabványba foglalta össze. Magyarország Európai Szabványügyi Szervezethez való csatlakozása után a vizsgálati szabványok magyar szabványként érvényessé váltak, a fáradásvizsgálatokra az „Aszfaltkeverékek. Meleg aszfaltkeverékek vizsgálati módszerei 24. rész: Fáradási ellenállás” című vonatkozik [4].

A fáradás elméleti megközelítései

A fáradásvizsgálatok célja a méretezés szempontjából alapvetően az, hogy előállítsák az anyagra jellemző fáradási egyenesét, melynek általános alakját a (1) egyenlet mutatja.

$$N_f = a \cdot \varepsilon^b$$

ahol:

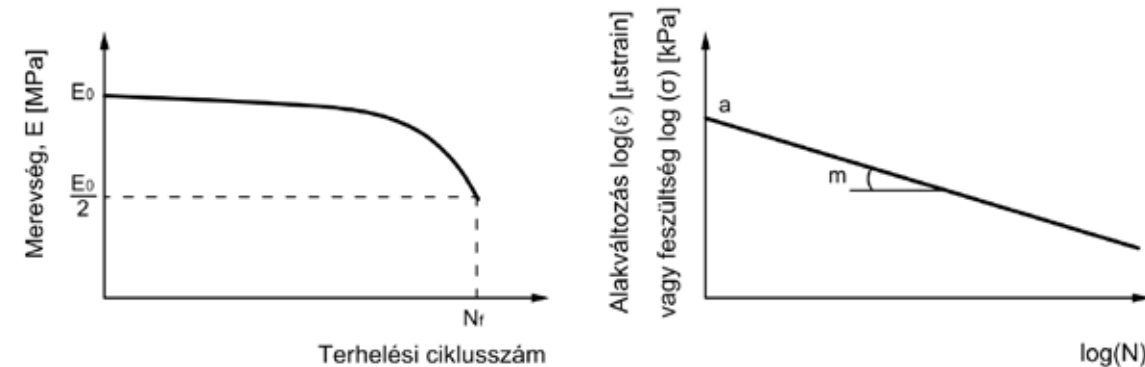
N_f : a tönkremeneteli kritérium eléréséhez tartozó teherismétlési szám,

ε : megnyúlás nagysága a próbatest kritikus pontjában [μstrain],

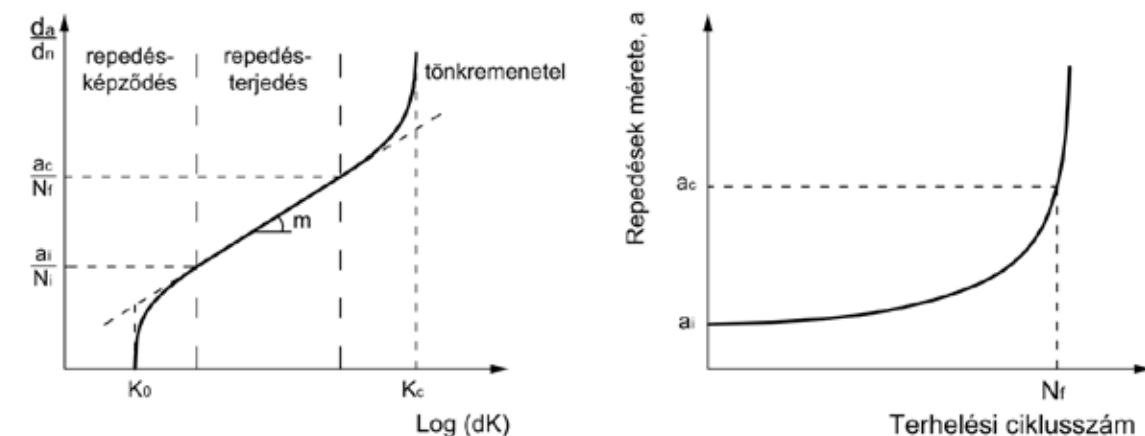
a, b : regressziós együtthatók (a fáradási egyenes mágassága, meredeksége).

A fáradás jelenségének leírására, így a fáradási egyenes előállítására alapvetően három elméleti megközelítés lehetséges, a fenomenológiai megközelítés, a törésmechanikai alapú megközelítés és a disszipált energián alapuló megközelítés. A fáradási egyenes nem más, mint a tönkremeneteli kritériumhoz tartozó terhelésméret és a terhelési szintből álló pontpárokra, log-log koordináta-rendszerben illesztett regressziós egyenes (1. ábra, jobb és az (1) egyenlet).

A gyakorlatban – jelenleg – túlnyomórészt használt megközelítés az ún. fenomenológiai megközelítés az anyagra átadott terhelés nagysága és az abból elviselt terhelésszám között keres összefüggést. Ennek megfelelően ez a megközelítés nem keres elméleti vagy mechanikai magyarázatot, hanem vizsgálati eredmények empirikus feldolgozásán alapul [5]. A tönkremenetel egyezményes kritériuma ebben az esetben az anyag komplex merevségének a kezdeti érték



1. ábra: A fáradás fenomenológiai megközelítése és a fáradási egyenes



2. ábra: A fáradás törésmechanikai alapú megközelítése

felére való csökkenése (1. ábra, bal). Ebben a megközelítésben a károsodás kumulálódása, habár lényegében szerepel az összefüggésben, részletesebben nem kerül elemzésre.

A fáradás törésmechanikai alapú megközelítésében az élettartam vége a repedésterjedés mértéke alapján határozható meg. Gyakorlati okok miatt az aszfaltkeveréket homogénnek tekintik, melyet belső szabálytalanságok, például hézagok, kezdeti repedések, anyaghibák jellemeznek. A törésmechanikában a fáradás jelenségét három fázisra osztják, amelyek a repedésképződés, a repedésterjedés és a tönkremenetel, a 2. ábra szerint.

Az első fázisban a már meglévő hibák, mikrorepedések repedésekké fejlődnek, illetve tágnak, de az anyag ép részeiben új repedések nem jelennek meg. A második fázisban a terhelési ciklusszám növekedésével az anyag ép részeiben is repedések keletkeznek. Az anyag fáradási tönkremenetelére a harmadik fázisban kerül sor, amikor az anyag ciklusonkénti gyengülése elér egy olyan tartományt, ahol a repedések ugrásszerűen növekednek, és hamarosan bekövetkezik a törési tönkremenetel.

A fáradási folyamat 2. fázisában az anyagban keletkező repedések gyorsasága és a terhelésintenzitási tényező között lineáris kapcsolat írható fel, amely a Paris-féle repedésterjedési elméletből kiindulva átalakítható a fáradási élettartamot mutató formára, a (2) egyenlet szerint [6] [7].

$$N_f = \frac{2 \cdot \left(a_c^{\frac{2-m}{2}} - a_i^{\frac{2-m}{2}} \right)}{(2-m) \cdot C \cdot (\Delta K)^m}$$

ahol:

N_f : a tönkremeneteli kritérium eléréséhez tartozó teherismétlési szám,

a_c : a közvetlenül tönkremenetelhez vezető repedés hossz [m],

a_i : a fáradási repedések növekedését okozó repedés hossz [m],

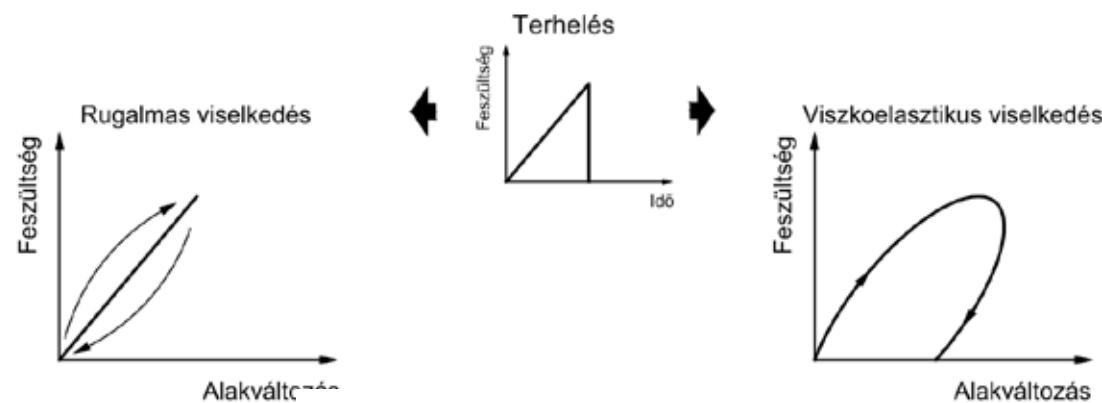
m : a repedésterjedési egyenes hajlásszöge [-],

C : a repedésterjedési egyenes ordinátája [-],

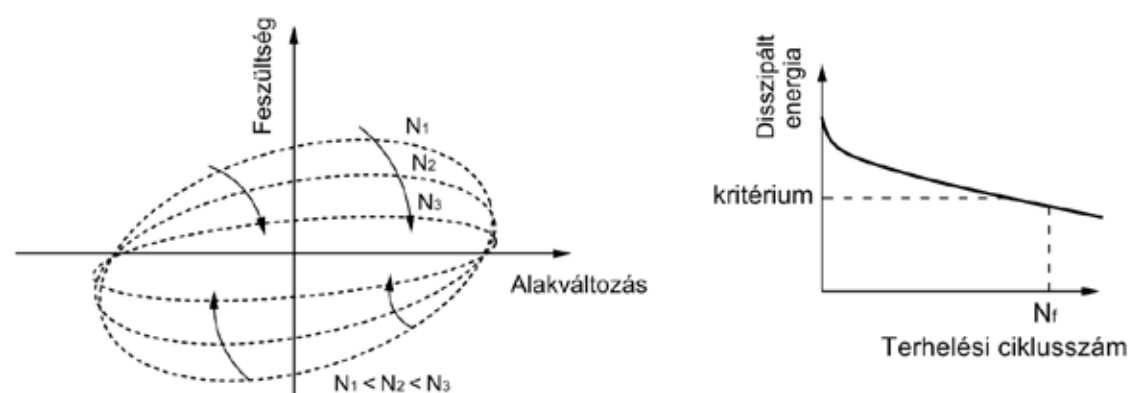
ΔK : a feszültségintenzitási faktor amplitúdója [$\text{MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}$].

Ebben az esetben tehát a tönkremeneteli kritérium jellemzően annak az állapotnak a kezdete, amelyben a repedésterjedés rohamos növekedése jellemző. A bemutatott elvi megközelítést felhasználó kutatásokon kívül számos egyéb is megtalálható, ami a terület iránti érdeklődés mellett az is mutatja, hogy még sok a kutatni való.

Meglepő lehet például, hogy csupán néhány kutatás használja a törésmechanikai megközelítés nemlineáris formáját [8]. Roque például olyan összefüggést mutatott be, amellyel a repedésterjedést az anyag fundamentális paramétereivel írja le [9], ezen felül a Kuai által bemutatott módszer a hézagtartalom és a hőmérséklet figyelembe vételére is alkalmas [10]. Khattak és Baldi további tönkremeneteli kritériumok bevezethetőségét vizsgálta, például az összegzett alakváltozás-ciklusszám függvényében [11]. Nunez a repedésterjedést és a feszültségintenzitást bitumének DSR (dinamikus nyírás) vizsgálataival vizsgálta, amely alapján azt találta, hogy a hőmérséklet növelése csökkentette mind a $\frac{da}{dN}$ mind a dK értékét [12].



3. ábra: $\sigma - \varepsilon$ görbék rugalmas és viszkoelasztikus viselkedés esetén [13]



4. ábra: A hiszterézis görbék és a disszipált energia változása a fárasztóvizsgálatok során

A harmadik elméleti megközelítés a terhelésnek kitett viszkoelasztikus anyagok által disszipált energiára vonatkozó fizikai törvényen alapul.

A terhelés hatására az anyagban energia halmozódik fel, amely, majd ha a terhelés megszűnik, az energia átalakul. A jelenséget rugalmas és viszkoelasztikus anyagok esetére Rowe nyomán a 3. ábra mutatja [13].

Az átalakulás során a rugalmas anyagok visszanyerik eredeti állapotukat, azaz a feszültség-alakváltozás görbék a terhelés és a tehermentesítés fázisában egybeesnek. Ez a visszaalakulás a teljes energiát felemészti. A viszkoelasztikus anyagok esetében azonban a terhelés és a tehermentesítés fázisát jellemző görbék különböznek. Az átalakulás közben energia disszipálódik mechanikai munka, hő, illetve anyagi károsodás formájában. A terhelési és tehermentesítési folyamat feszültség-alakváltozás összefüggése, viszkoelasztikus anyagoknál az ún. hiszterézis görbékkel ábrázolható, amelyre a 4. ábra mutat példát.

Kimutatható, hogy a hiszterézis görbék az anyag fáradása során változnak, és nem csak az alakjuk, hanem a területük is változik, a disszipált energia pedig nem más, mint a hiszterézis görbe területe, a (3) egyenlet szerint.

$$W_i = \pi \cdot \sigma_i \cdot \varepsilon_i \cdot \sin(\rho_i)$$

ahol:

W_i : a disszipált energia az i-dik terhelési ciklusban [J/m³],
 σ_i : a feszültség szint az i-dik terhelési ciklusban [Pa],
 ε_i : az alakváltozás az i-dik ciklusban [m/m],
 ρ_i : a fázisszög az i-dik ciklusban [°].

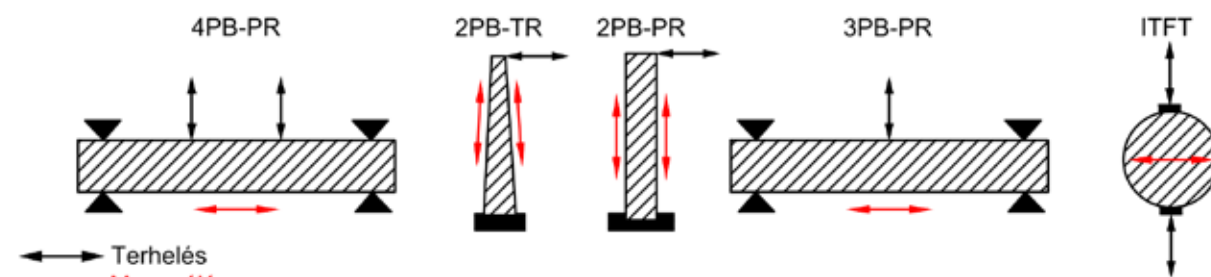
Kimutatták, hogy a disszipált energia a ciklusszám függvényében feszültségvezérelt módban növekszik, míg

alakváltozás vezérelt módban csökken, ezt felhasználva mindkét vizsgálati típus esetében megfogalmazható olyan feltétel, amely az anyag kifáradását, a fáradási tönkremenetelt jelzi [14]. Ezen feltételek azonban sokféleképpen lehetnek, például a kezdeti disszipált energia adott arányúra való változása, vagy a változás sebessége. Hasonlóképpen a törésmechanikai megközelítéshez, a disszipált energia alapú megközelítés is alkalmazható bitumenek esetére is [15].

Habár mechanikai megközelítések közül elsősorban a disszipált energián alapuló elmélet esetében kiváló korrelációkat mutattak ki az anyagi jellemzőkkel, a megközelítés mindennapi használata még nem jellemző. A törésmechanikai megközelítés esetében a használatot a további kutatási igények mellett az nehezíti, hogy a legjobban megalapozott megközelítések csak a $\frac{da}{dN} = K$ görbe lineáris szakaszának megközelítésére alkalmasak. Számos országhoz hasonlóan Magyarországon a mindennapi gyakorlatban – típusvizsgálat, esetleg gyártásközi ellenőrzés – a hagyományos, fenomenológiai megközelítést alkalmazzák, így a további vizsgálatok erre alapulnak.

A szabványos fáradásvizsgálati módszerek

Az aszfaltkeverékek viselkedése, viszkoelasztikus tulajdonságai miatt alapvetően függ a hőmérséklettől és a terhelési időtől – frekvenciától – a fárasztási vizsgálatok kapcsán ennek megfelelően többféle vizsgálati eljárás alakult ki. Saal és társai 1960-ban vélhetően elsőként mutattak be kísérleti berendezést, amelynek első eredményeit Pell 1962-ben publikálta. Ezt követően a vizsgálati módszerek és az eredmények kiértékelésével gyarapodó tudásanyag is rohamosan nőtt, világossá vált a fáradási ellenállás terhelési idő – frekvencia – és hőmérsékletfüggése, melyek elem-



5. ábra: A szabványos fárasztó vizsgálatok sematikus ábrái

Vizsgálat	2PB-TR	4PB-PR	ITFT
Próbatestek száma	18	18	10-18
dmax=11	~11,5 kg	~11 kg	~ 8-12 kg
dmax=16	~ 13,5 kg	~33 kg	~ 8-12 kg
dmax=22	~ 26,5 kg	~86 kg	~ 8-12 kg
dmax=32	~ 26,5 kg	~263 kg	~ 27-40 kg
Próbatestek pihentetése vizsgálat előtt	2-8 hét	2-8 hét	min. 1 hét

1. táblázat: A leggyakoribb vizsgálatokhoz szükséges anyagmennyiség

zése újabb elméleti és vizsgálati irányokat nyitott meg. A kutatások során alkalmazott, különféle geometriájú próbatestek különböző módon, különböző terhelési módokban történő fárasztóvizsgálatai közül a vonatkozó EN 12697-24 szabványba végül öt módszert dolgoztak ki. Az egyes szabványos módszerek között nem csak a próbatestek alakja és a tönkremenetelhez vezető igénybevétel helye különbözik, hanem a terhelés módja (elmozdulás- vagy erővezérelt) is. Az egyes módszerek részleteinek ismertetése nélkül, az 5. ábra a szabványos módszerek jellegrajzait mutatja be, az alábbiak szerint:

- négyponthas hajlítóvizsgálat hasáb alakú próbatesten (4PB-PR),
- kétpontthas hajlítóvizsgálat trapéz alakú próbatesten (2PB-TR),
- kétpontthas hajlítóvizsgálat hasáb alakú próbatesten (2PB-PR),
- háromponthas hajlítóvizsgálat hasáb alakú próbatesten (3PB-PR),
- hasító-húzóvizsgálat henger alakú próbatesten (ITFT).

A bemutatott szabványos módszerek közül a mai magyar előírások a 2PB-TR és 4PB-PR vizsgálatokkal kapott értékekre tartalmazznak, a 2PB-PR, a 3PB-PR és ITFT vizsgálatokkal kapott értékekre hazai előírások nem tartalmaznak követelményt, sem a vizsgálati módszerek, sem a berendezések nem honosodtak meg Magyarországon, az ITFT kivételével, melyet rövid ideig, kutatási célra Adorjányi használt [16].

A fenomenológiai megközelítésen alapulva a fárasztóvizsgálatok kifejlesztésének kezdete óta széles körű kutatások történtek, melyek sorra azt mutatták, hogy amellet, hogy az egyes vizsgálatokban alkalmazott próbatestek geometriája, méretei, illetve a rájuk adott terhelésben rejlő különbségek miatt nyilvánvalóan az anyag fáradási ellenállása más és más, a vizsgálatok eredményét döntően befolyásolja az alábbiak:

- a terhelési mód: az erővezérelt módban a próbatest fáradási ellenállása nő,
- a vizsgálati frekvencia: a terhelési frekvencia növelésével a fáradási ellenállás nő,
- a pihentetési ciklusok: pihentetés beiktatásával a fáradási ellenállás nő,
- a vizsgálati hőmérséklet: közepes hőmérsékleti intervallumban a hőmérséklet növelésével a fáradási ellenállás csökken.

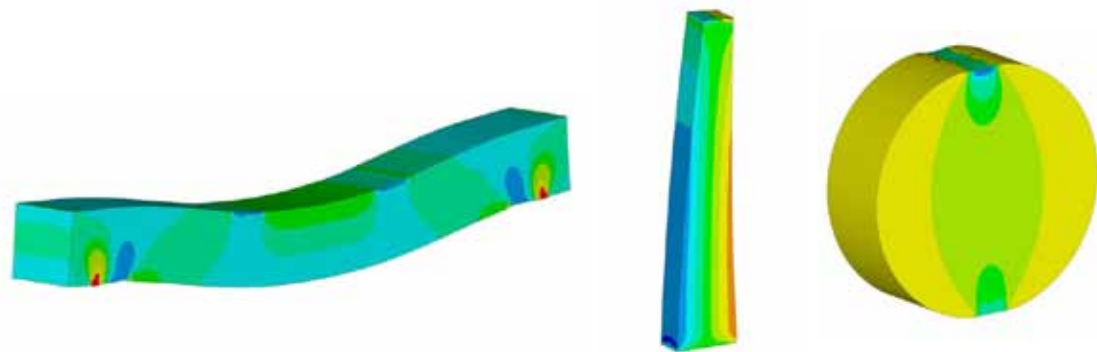
A gyakorlatban a bemutatott módszerek közül leggyakrabban a 2PB-TR, a 4PB-PR fordul elő, az utóbbi időszakban ezeken kívül az ITFT vizsgálat került előtérbe. Ennek, azon túl, hogy a vizsgálat alkalmassága bizonyított, számos gyakorlati oka van. Az egyik a próbatestek előállítása és az ahhoz szükséges anyag mennyisége, melynek tájékoztató értékeit az 1. táblázat mutatja.

Gyakorlati szempontból fontos tényező a vizsgálati próbatestek előállításának módja is fontos tényező. Míg a trapézoid és a hasáb alakú próbatestek a befoglaló, lap formájú hengerelt próbatestekből – lehetőleg a próbatest minden síkján való – fűrészeléssel állítják elő, a hengeres próbatestek előállíthatók hengeres tömörítővel, esetleg minimális fűrészeléssel. Egy az ITFT burkolatból fűrt minták fárasztó vizsgálatának elvégzésére való alkalmasságát is mutatja, ugyanis ekkor a vizsgálati minták magfűréssel előállíthatók.

Habár korábban voltak a beépített rétegek fáradási ellenállását célzó vizsgálatok hazánkban is [17], míg a próbatestek előállítása új építési rétegek esetében jellemzően megoldható, a több éves beépített rétegek nehezen vehetők ki a burkolatból, a részben fáradt anyag a fűrészelés és elmozdítás hatására sérül, törik. Ilyen körülmények között min. 18 db trapéz, esetleg hasáb próbatest előállításához jelentős feltárások lennének szükségesek.

Az ITFT vizsgálatok megbízhatósága

Az ITFT vizsgálatok reprodukálhatóságát és ismételhetőségét kutatási jelentések, szakirodalmak alátámasztják. A



6. ábra: Húzófeszültségek eloszlása a három vizsgálati mód esetén

német gyakorlatban az ITFT vizsgálat mára bevett módszer a kutatások és a gyakorlat területén egyaránt. Számos publikáció megtalálható nem csak a vizsgálati módszer használatával kapcsolatosan, hanem a vizsgálati mód elemzésével kapcsolatosan is. Az ausztrál útügyi kutatóintézet – ARRB – kutatásában Baburamani 1992-ben számításokkal igazolta a hasító-húzó fárasztóvizsgálat alkalmasságát az aszfaltkeverékek fáradási jellemzőinek leírására [18]. A francia gyakorlatban túlnyomórészt a 2PB-TR vizsgálati módszer terjedt el, azonban az elmúlt években a trapezoid alakú próbatestek nehézkes előállítása miatt az ITFT eljárással kapcsolatosan több kutatás napvilágot látott, a vizsgálat a francia gyakorlatban már meghonosodott [19]. Jelen kutatás szempontjából jelentősnek mondható a Said és munkatársai által a svájci útügyi adminisztráció finanszírozásában hét nyugat-európai laboratórium részvételével szervezett körvizsgálat. Az ugyanazon keveréken, szabványos körülmények között elvégzett vizsgálatok eredményeit a vonatkozó ISO 5725 „Mérési módszerek és eredmények pontossága (valódi értéke és precizitása)” szabványsorozatnak megfelelően értékelték ki. Az eredmények alapján kijelenthetővé vált, hogy a vizsgálat megbízhatósága magas, és alkalmas a gyakorlatban való használatra [19].

A 2PB-TR, 4PB-PR és ITFT vizsgálatok összehasonlíthatósága

A három legelterjedtebb fárasztóvizsgálat eredménye bizonyítottan nem egybevágó [20]. Ez a vizsgálati próbatestekben kialakuló húzófeszültséget tekintve nem meglepő (6. ábra). Látható, a próbatestekben a feszültség eloszlása lényegesen eltérő, a próbatestek kritikus pontjaiban keletkező megnyúlások a többi pontban keletkezőkhez képest sokfélék, ami a deformációk kumulálódásának eltérőségét

okozza az anyag különböző pontjaiban.

Ennek ellenére a szakirodalomban számos olyan kutatás megtalálható, amelyben a vizsgálatok közötti hasonlóságokat keresték, például német vizsgálatok során a 4PB-PR és ITFT vizsgálatok során párhuzamos fáradási egyeneseket találtak aszfalt alaprétegek vizsgálata során, a hagyományos megközelítés szerinti értelmezésben [21]. Ezt a képet a nottinghami egyetemen készült kutatás némileg árnyalta, melyben a három módszerrel többféle anyagot vizsgáltak, az eredményeket viszont a fenomenológiai, a disszipált energia és a törésmechanikai megközelítés szerint is feldolgozták. Az így kapott fáradási egyeneseket statisztikai próbákkal vizsgálták. Az eredmények azt mutatták, hogy az ITFT vizsgálatok és a négy pontos hajlítóvizsgálatok statisztikailag hasonlóak a fáradási egyenesek meredekségét tekintve, azok magassága azonban statisztikailag is eltérő, nem csak látszólag. Amellett, hogy bizonyítást nyert az, hogy az erővezérelt és elmozdulásvezérelt módban végzett ITFT vizsgálatok eredménye között nem szignifikáns a különbség, a 4PB-PR és ITFT vizsgálattal kapott fáradási egyenesek meredekségének statisztikai hasonlóságát is kimutatták [14].

A szakirodalmakat áttekintve az látszik, hogy, habár az egyes fáradásvizsgálatok eltérő eredményeket szolgáltatnak, az ITFT vizsgálat elfogadottan alkalmas az aszfaltkeverékek fáradási ellenállásának jellemzésére.

Az ITFT vizsgálat és az eredmények értelmezése

A gyakorlati szempontokon kívül az ITFT vizsgálati mód egyik legnagyobb előnye az, hogy a próbatestre

adott terhelés jellege a két- és négy pontos hajlítóvizsgálatoknál alkalmazotthoz képest közelebb áll a valósághoz. A szabványos terhelési mód ugyanis minden terhelési ciklus után rövid pihentetést tartalmaz, ami a forgalmi terheléshez igen hasonló – rövid idejű terhelést követő relaxációs idő. A terhelés frekvenciája 2 Hz, amely során az első 0,1 sec alatt megtörténik a terhelés felépítése, majd 0,4 sec pihentetés következik (7. ábra). A vizsgálat során a próbatestre átadott terhelés egy része maradó alakváltozásként kumulálódik az anyagban.

A vizsgálat elvégzése erővezérléssel, többféle feszültségi szinten történik, de az ITFT vizsgálatokat nagy arányban alkalmazó nagy-britanniai gyakorlatban megtalálható az eljárás elmozdulásvezérelt változata is. A terhelésszinteket úgy kell megválasztani, hogy a próbatest fajlagos alakváltozása a 100-400 μ strain tartományba, élettartama a 103-106 ciklusszám tartományba essen. Az állandó feszültség szint mellett, a próbatest középpontjában mért vízszintes alakváltozás ismeretében számítható a megnyúlás is, a próbatest középpontjában, a (4) egyenlet szerint.

$$\varepsilon = \left(\frac{2 \cdot \Delta H}{\Omega} \right) \cdot \left(\frac{1 + 3 \cdot \nu}{4 + \pi \cdot \nu - \pi} \right)$$

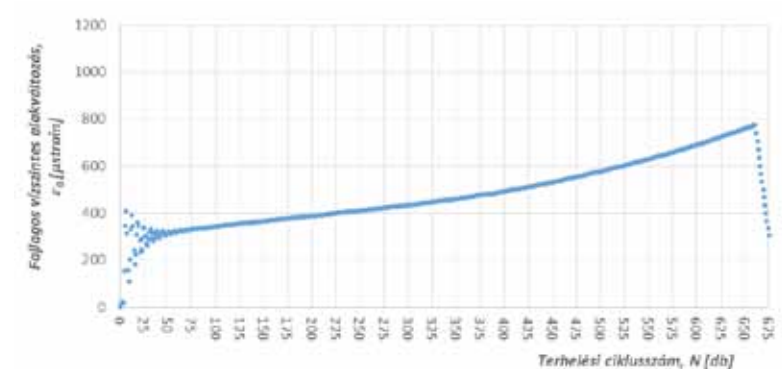
ahol:

- ε : a megnyúlás a próbatest középpontjában [μ strain],
- ΔH : a vízszintes alakváltozás [mm],
- Ω : a próbatest átmérője [mm],
- ν : a Poisson-tényező [0,35].

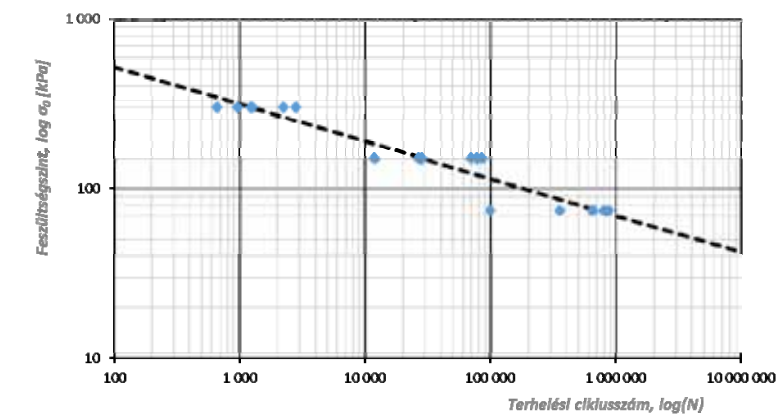
A vizsgálatához kétféle tönkremeneteli kritérium fogalmazható meg. Az egyik a 2PB-TR és 4PB-PR vizsgálatokhoz hasonlóan, tapasztalati jelleggel a kezdeti alakváltozás az állandó erőterhelés melletti kétszeresére való növekedése, a másik kritérium a próbatest tényleges törése (ketté hasadása). A szabvány és a tapasztalatok szerint a két kritérium eléréséhez hasonló teherismétlési szám adódik. A szabvány 2013. évi verziója – habár csak említés szinten – lehetőséget ad a disszipált energia alapú megközelítés alkalmazására is, amely korábbi kiadásban nem szerepelt, ez a mechanikailag megalapozottabbnak tekinthető megközelítés integrálódásának kezdetét jelzi a hétköznapi gyakorlatba.

Lehetőségünk nyílt a pályaszerkezetből fűrt 100 mm átmérőjű hengeres minták MSZ EN 12697-24:2013 E melléklet szerint hasító-húzó fárasztóvizsgálatának elvégzésére. A burkolatból 18 db, 100 mm átmérőjű próbatest került kifűrésre. Az alsó rétegből, kifűréseléssel, 40 mm vastagságú próbatestet kerültek előállításra. A 8. ábra az AAE5 jelű próbatest alakváltozás-ciklusszám görbét mutatja, 300 kPa terhelési szinten vizsgálva. A grafikonon látható a korábban említett ingadozás a vizsgálat első ciklusaiban.

A próbatestre adott feszültség szint a 100. terhelési ciklus elérése előtt – a szabvány feltételezése és a saját tapasztalatok szerint is – állandósul a beállított szinten, amelynek elérése előtt a függőleges terhelés ingadozása okán a próbatest vízszintes irányú alakváltozása a vizsgálat első terhelési ciklusaiban szintén ingadozik.



8. ábra: Az AA01 jelű próbatest alakváltozás-ciklusszám görbéje

9. ábra: : ITFT fáradási egyenes, $[\log(\sigma_0) - \log(N)]$, $R^2 = 0,92$

A szabvány szerint a kezdeti megnyúlás értékét ennek megfelelően a 100. terhelési ciklusban mért alakváltozásból kell számítani, a (4) egyenlettel analóg módon. A kezdeti megnyúlás a példaként mutatott esetben 341 μ strain-re adódott. A vizsgálatok során a kezdeti megnyúlás kétszeresét választva tönkremeneteli kritériumként, a görbe alapján meghatározható a tönkremenetelt okozó N_f ciklusszám, amely 660-ra adódott.

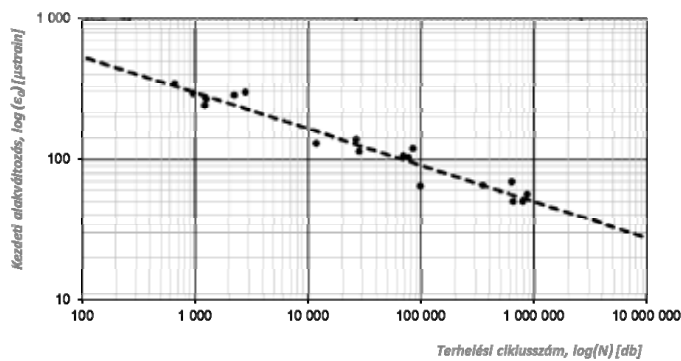
A vizsgálat erővezérelt módban, három különböző terhelési szinten, szintenként 6 próbatesten történt, az eredményeket a 9. ábra mutatja.

Láthatóan az egyes vizsgálatok esetében ugyanazon feszültség szinten vizsgált próbatestek között a kezdeti megnyúlás értékei között eltérések vannak, amely származhat például a próbatestek inhomogenitásából, a magfűrés vagy fűréselés során történt sérülésből, beépítéskori egyenlőtlenségből is. Mivel a vizsgálat feszültségvezérelt módban történik, a méretezéshez felhasználható – hagyományos – megnyúlás-ciklusszám fáradási egyenes összeállításához a bemutatott kezdeti megnyúlás kiválasztása szükséges, tekintve, hogy a próbatestben keletkező megnyúlások a konstans terhelés mellett a ciklusszám növekedésével növekednek.

A kezdeti ε_0 megnyúlások és a hozzájuk tartozó N_f tönkremeneteli ciklusszámot log-log koordináta rendszerben ábrázolva, majd lineáris regressziót alkalmazva előállítható a Wöhler-féle fáradási egyenes. Az eredményt a 10. ábra mutatja.

A log-log koordináta rendszerben szoros illeszkedést mutató 0,945 determinációs együtthatóval, lineáris egyenes illeszthető az adatokra. A fáradási egyenlet alakját az (5) egyenlet mutatja.

$$\varepsilon_0 = 1759 \cdot N^{-0,2571}$$



10. ábra: ITFT fáradási egyenes, $[\log(\varepsilon_0) - \log(Nf)]$, $R^2 = 0,945$

ahol:

ε_0 : a kezdeti megnyúlás a próbatest középpontjában [μstrain],
 N : a tönkremenetelhez vezető terhelési ciklusszám [db].

Ez az átalakítás a biztonság javára való közelítéssel a méretezés során felhasználható értékeket eredményez, azonban fontos kiemelni, hogy a vizsgálat elmozdulásvezérelt változatának kidolgozása, a szükséges vizsgálati berendezés bevezetése a méretezéshez jobban felhasználható adatok

előállítását lehetővé tenné. ITFT fásasztóvizsgálatot elmozdulásvezérelt módban például a nottinghami egyetemen végeztek, ahol az eszközt külön erre a célra átalakították. A tapasztalatok szerint mindkét esetben kiváló ismételhetőséggel jellemezhető a vizsgálat, a két vezérlési móddal kapott fáradási egyenesek pedig statisztikailag összevethetőek [22].

Az ITFT vizsgálatokat a jövőben a gyakorlati alkalmazásuk során jelentett előnyök mellett a pályaszerkezetből fúrt minták fásasztóvizsgálatainak elvégezhetősége miatt is célszerű bevezetni Magyarországon. A vizsgálat hazai tapasztalatok és nemzetközi kutatások alapján jó ismételhetőséggel jellemezhető, a fáradási ellenállás a hagyományos fenomenológiai megközelítés szerint is jól leírható Wöhler-féle fáradási egyenessel.

A vizsgálati módszer számottevő előnye az aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek megerősítésének méretezése során is jelentkezik. Az olyan útpályaszerkezetek esetében, ahol a meglévő aszfaltretek relatíve vastagok, megfelelő merevségűek és együttdolgozóak, a szerkezetnek vélhetően jelentős hátralevő fáradási élettartama van. Ennek figyelembe vétele, például a fáradási egyenesnek a bemutatott ITFT vizsgálatokkal való meghatározásával, lehetséges és célszerű, mely által a szükséges erősítőréteg vastagsága, egy megfelelő mechanikai méretezési eljárás betartása mellett, csökkenthető.

Hivatkozások

- [1] M. A. Miner, „Cumulative Damage in Fatigue,” The American Society of Mechanical Engineers 67, pp. 159-164, 1945.
- [2] E. Nemesdy, „Az aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezésének új szabályozása Magyarországon,” Közlekedéssépítés- és Műépítéstudományi Szemle 42:(6), pp. 205-215, 1992a.
- [3] E. Nemesdy, „Az új magyar típus-útpályaszerkezetek mechanikai méretezésének háttere,” Közlekedéssépítés- és Műépítéstudományi Szemle 42:(8), pp. 293-306, 1992b.
- [4] MSZ EN 12697-24, „Aszfaltkeverékek. Meleg aszfaltkeverékek vizsgálati módszerei 24. rész: Fáradási ellenállás,” 2013.
- [5] F. K. M. Hamed, „Evaluation of Fatigue Resistance for Modified Asphalt Concrete Mixtures Based on Dissipated Energy Concept,” PhD Thesis, TU Darmstadt, Germany, 2010.
- [6] P. C. Paris és F. Erdogan, „A critical analysis of crack propagation laws,” Journal of Basic Engineering 85:(4), p. 6, 1963.
- [7] E. Masad, V. Branco, D. N. Little és R. L. Lytton, „A unified method for the analysis of controlled strain and controlled stress fatigue testing,” International Journal of Pavement Engineering 9:(4), pp. 233-246, 2008.
- [8] B. Mobasher, M. Mamlouk és H.-M. Lin, „Evaluation of Crack Propagation of asphalt mixtures,” Journal of Transportation Engineering 125:(5), pp. 405-413, 1997.
- [9] R. Roque, B. Birgisson, B. Sangpetngam és Z. Zhang, „Hot Mix Asphalt Fracture Mechanics: A Fundamental Crack Growth Law For Asphalt Mixtures,” Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists 71, pp. 816-827, 2002.
- [10] H. D. Kuai, H. J. Lee, J. H. Lee és S. Mun, „Ftigue crack propagation model of asphalt concrete based on viscoelastic fracture mechanics,” Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. No. 2181, pp. 11-18, 2010.
- [11] M. J. Khattak és G. Y. Baldi, „Analysis of Fatigue and Fracture of Hot Mix Asphalt Mixtures,” ISRN Civil Engineering Vol. 2013, pp. 1-10, 2013.
- [12] J. Y. M. Nunez, E. D. Leonel és A. L. Faxina, „Fatigue characteristics of modified asphalt binders using fracture

mechanics,” Engineering Fracture Mechanics 154, pp. 1-11, 2016.

[13] G. M. Rowe, „Application of the dissipated energy concepts to fatigue cracking in asphalt pavements,” Ph.D. thesis, University of Nottingham, 1996.

[14] C. Maggiore, G. Airey és P. Marsac, „A dissipated energy comparison to evaluate fatigue resistance using 2-point bending,” Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition) 1:(1) DOI:http://dx.doi.org/10.1016/S2095-7564(15)30088-X, pp. 49-54, 2014.

[15] S. Shen, G. D. Airey és H. Huang, „A Dissipated Energy Approach to Fatigue Evaluation,” Road Materials and Pavement Design 7:(1), pp. 47-69, 2006.

[16] K. Adorjányi, „Experience with indirect tensile fatigue test of asphalt mixtures,” th International seminar Q-2003: Asphalt pavements, reconstruction, rehabilitation, maintenance. ISBN:80-8070-061-3, pp. 110-114, 2003.

[17] L. Pethő és C. Tóth, „Long-term pavement performance evaluation,” 7th RILEM International Conference on Cracking in Pavements 4. DOI: 10.1007/978-94-007-4566-7_26, pp. 267-276, 2012.

[18] P. S. Baburamani, „Fatigue characterisation of Asphalt Mixes by Indirect Tensile (Diametral) Testing: a Literature review,” Research report ARR234, ARRB Group, Brisbane, Ausztrália, p. 12, 1992.

[19] J. M. Vieira, D. Desmoluin és P. Pellevoisin, „Indirect tensile fatigue test for asphalt mixes commonly used in France,” Proc. 5th Euraspalt & Eurobitume Congress. 13-15 June 2012 Istanbul, Törökország, p. 16, 2012.

[20] A. A. A. Molenaar, „Prediction of Fatigue Cracking in Asphalt Pavements. Do we follow the right approach?,” Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2001, pp. 155-162, 2007.

[21] C. Weise, S. Werkmeister és F. Wellner, „Determination of the fatigue behaviour of asphalt base mixes using the indirect tensile and the 4 point bending test,” Proc. 2nd Workshop on Four Point Bending. University of Minho, Minho, Portugal, pp. 325-336, 2009.

[22] C. Maggiore, „A comparison of different test and analysis methods for asphalt fatigue,” PhD disszertáció, University of Nottingham, 2014.

Útburkolati jel gazdálkodás korszerű módszerei a Budapest Közút ZRt.-nél

Váncza Felícia

okl. közlekedésmérnök, a Budapest Közút ZRt. Forgalomtechnikai Igazgatósága létesítmény mérnök



Parragh Bence

Budapest Közút Műszaki előkészítő mérnök



A Budapest Közút ZRt. bemutatása

A Budapest Közút ZRt. látja el a Fővárosi Önkormányzat tulajdonában lévő utak, hidak, műtárgyak, egész Budapesten a forgalomtechnikai létesítmények, valamint a nem fővárosi tulajdonú, de a közösségi közlekedés által igénybe vett utak kezelési, üzemeltetési és fenntartási feladatait. Társaságunk munkatársai arra törekednek, hogy minél gyorsabbá és biztonságosabbá tegyék a közúti és közösségi közlekedést Budapest úthálózatán. Az 1101 km közúthálózatról (forgalomtechnikai szempontból a teljes 4320 km-es úthálózatról), 287 db közúti hidról és felüljáróról, 75 db aluljáróról, továbbá 100 db lépcsőről és támfalról gondoskodunk. A Forgalomtechnikai Igazgatóság hatáskörébe 1060 db jelzőlámpás csomópont, 129 498 db közúti jelzőtábla, 446 941 m² útburkolati jel tartozik.

Társaságunk fő tevékenysége ennek megfelelően a közút-fenntartáshoz kapcsolódik. Ezen túlmenően P+R parkolók üzemeltetését, teherforgalmi behajtási engedélyek kiadását is végezzük, valamint egyes metró- és útfelújítási beruházások esetén mérnök tevékenységet is ellátunk. A nyilvántartási feladatunk korszerűsítése, illetve mérnökeink munkájának megkönnyítése érdekében az Informatikai Igazgatóságon térinformatikai adatbázist hoztunk létre, mely folyamatosan fejlesztés alatt áll, az egyes szakágak igényeinek megfelelően.

A Forgalomtechnikai Igazgatóságon folyamatosan figyelemmel kísérjük a fővárosi úthálózat forgalmi és forgalombiztonsági paramétereit, forgalmirend-felülvizsgálatokat végzünk, végeztetünk. A forgalom megváltozó igényei szerint módosítjuk a forgalmi rendet, és a közúti jelzőberendezéseket, segítve a közlekedők minél gyorsabb és folyamatosabb közúti közlekedését. Gondoskodunk a forgalmi rendet szabályozó eszközök, létesítmények folyamatos és biztonságos működtetéséről. Nyilvántartjuk az aktuális forgalmi rend és a forgalomszabályozás adatait, elvégezzük a kapcsolódó adatszolgáltatásokat. Működtetjük a közúti forgalomirányító központot, elvégezzük a szükséges programmódosításokat, összehangolások tervezését, megvalósítását. Változtatható jelzéstartalmú táblákkal tájékoztatjuk a Férihegyi repülőtérre vezető út, a Hűvösvölgy, a 6-os út és az M1, M7 autópályák felől érkezőket a forgalmi körülményekről, a Du-

na-hidakhoz való várható eljutási időről, illetve dinamikus foglaltság-kijelző táblákat üzemeltetünk, amelyek aktuális információt jelenítenek meg a parkolók szabad kapacitásáról. Üzemeltetjük a több mint 200 kamerából álló zártlancú közúti forgalomfigyelő rendszert, illetve a főváros közúti intelligens közlekedési rendszereit. Közúti forgalmi diszpécser-szolgálatot működtetünk folyamatos, 24 órás üzemből a forgalmi torlódások, illetve a közúti jelzőberendezések és egyéb forgalomtechnikai eszközök meghibásodásának hatékonyabb elhárítása érdekében.

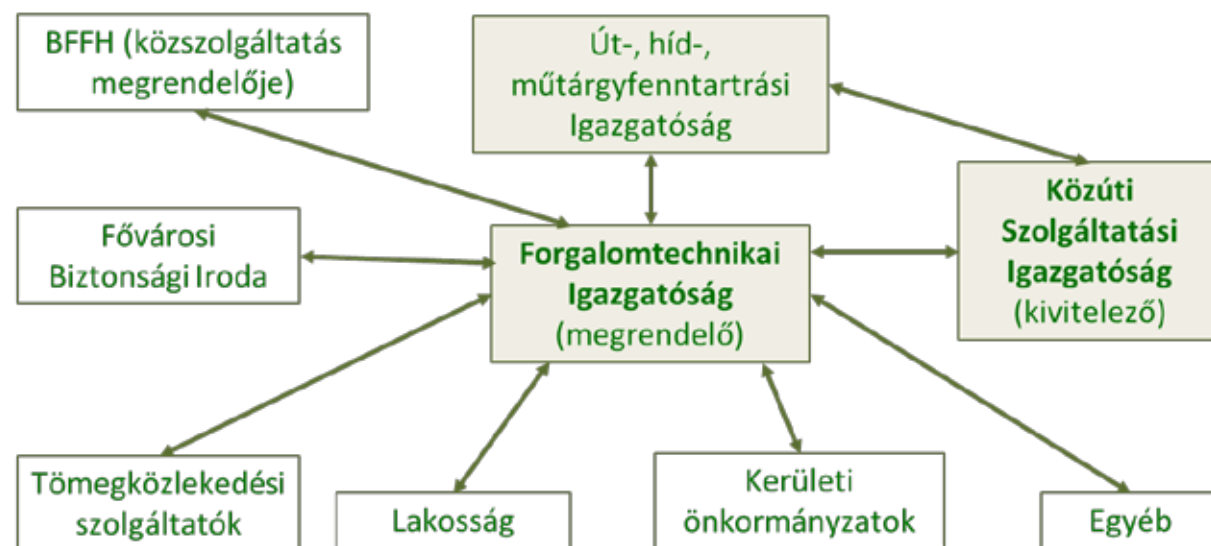
Forgalomtechnikai tevékenységünk részét képezi, hogy a város területén lévő burkolatjelek megfelelőségéről folyamatosan gondoskodjunk. A legújabb számítások szerint a város területén 446 941 m² burkolati jel fenntartásáról gondoskodunk, ennek nagy része tartós kivitelű. Ebből évente 40-50 000 m² felújítást tudjuk elvégezni a Fővárosi Önkormányzat által rendelkezésünkre bocsátott forrásból. Tekintetbe véve, hogy a tartós kivitelű jelek felújítását 3 évente, a festett jeleket évente el kellene végeznünk, látható, hogy a rendelkezésre álló finanszírozási keret megemelésére volna szükség.

Érdemes megjegyezni, hogy a felújító festésen túl évente mintegy 4 – 5.000 m² új burkolati jelet létesítünk saját hátszékben.

A burkolatjel-fenntartási tevékenység érintett szereplői

A fent leírtak szerint a fenntartási feladatok elvégzéséhez a forrást a Fővárosi Önkormányzat bocsátja rendelkezésünkre. Minden évben háromszintű javaslatot teszünk a következő évben végzendő munka mennyiségére és forrásigényére, és a Közgyűlés ennek alapján dönt a felhasználható keretről.

További fontos szereplői a folyamatnak azok a társ-szervezetek és ügyfelek, akik különböző igényeket fogalmaznak meg tevékenységi körükhöz kapcsolódóan, vagy környezetükben. Ezek közül a legfontosabbak a kerületi önkormányzatok, a tömegközlekedési szolgáltatók, a Fővárosi Biztonsági Iroda, valamint a lakosság. Kiemelt szerepet kapnak a „házon belüli” megrendelések. Az Út-, hid-, műtárgyfenntartási Igazgatóság a burkolat javítását közvetlenül rendeli



1. ábra

meg a kivitelezést végző Közüti Szolgáltatási Igazgatóságtól. A burkolat-helyreállításról a társigazgatóságok értesítik a Forgalomtechnikai Igazgatóságot, ahol megrendelésre kerül a megsemmisült burkolatjelek pótlása.

Az érintett szereplők közötti kapcsolatrendszer az 1. számú ábra szemlélteti.

A burkolatjel-fenntartási tevékenység keretében elvégzendő feladatok

A burkolatjel-festési feladat nagy részét az éves Fenntartási program teszi ki. Ezen kívül történnek még forgalmi-rend-módosítások üzemeltetési forrásból, burkolatbontást követő burkolatjel-helyreállítások, felújítunk taximegállókát, a „Zebra-program” keretében új gyalogos-átkelőhelyeket létesítünk, ideiglenes tereléseken építünk ki forgalomkorlátozókat, a Társaságunk által végzett útfelújításokon megvalósítjuk a végleges forgalmi rendet, illetve külső megbízásokat is vállalunk (ahol a forrást általában a megbízó, például a BKV vagy a BKK biztosítja).

A munkafolyamat a felsorolt esetekben eltérően alakul. A továbbiakban, mivel ez a két megrendeléstípus a legjellemzőbb, a Fenntartási programot és az üzemeltetési forrásból megvalósuló forgalmi-rend-módosítást mutatjuk be részletesen.

A Fenntartási program esetében mindig a meglévő jelek állapotának felmérésével kezdünk, általában már a megelőző időszak végén (november-december hónapban). Ennek során a teljes úthálózatot bejárjuk, és szemrevételezés alapján összeírjuk azokat a helyszíneket, amelyeken a burkolatjel-felújítás elvégzése indokolt. Az egyes címekhez prioritást rendelünk, melynek meghatározásához figyelembe vesszük a beérkező kéréseket is. Kiemelt fontossággal kezeljük továbbá a gyermekintézmények környezetében elhelyezkedő jelzéseket, a jelzőlámpás szabályozás nélküli kijelölt gyalogos-átkelőhelyeket, a kerékpáros infrastruktúra elemeit, továbbá a forgalombiztonsági szempontból veszélyes helyszíneket. A rangsorolásnál további szempont, hogy a Belváros és a turisták által gyakran látogatott útszakaszok rendezett városképet mutassanak. Arra is igyekszünk tekintettel lenni, hogy az egyes kerületek között az elvégzett teljesítéseket minél egyenlőbben osszuk fel. A rangsor felállítása után meghúzzuk azt a határt, amelyek kivitelezésére a szükséges forrás

biztosított. Tervezéskor általában nagyjából 10% tartalékteret biztosítunk az év közben beérkező kérések teljesítésére.

Az utóbbi évek során vezettük be a kivitelezési munka hatékonyságának növelése érdekében, hogy azokon az útvonalakon, ahol az a leginkább indokolt, az összes burkolatjel felújítását elvégezzük, a szakaszon lévő csomópontokban a mellékirányú járműosztályozókat is beleértve, amely eljárás egységes felújítási képének utakon való megjelenéséért pozitív visszajelzéseket kaptunk az úthasználóktól. A módszer segítségével kapacitásaink tervezése optimálisabbá vált, tehát több erőforrás tudunk fordítani egyéb feladataink elvégzésére.

- A burkolati jel fenntartási programunkat tematikus ütemekre osztjuk, melyek a következők:
- buszmegállók,
- mozgáskorlátozottak részére fenntartott várakozóhelyek,
- évenként felújítandó burkolatjelek (például kerékpáros festett jelek, térkő burkolaton lévő jelek, különösen veszélyes helyek),
- nagyfelületű burkolatbontást követő burkolatjel-helyreállítás,
- gyalogátkelőhelyek,
- egyéb címek (jellemzően útvonalak).

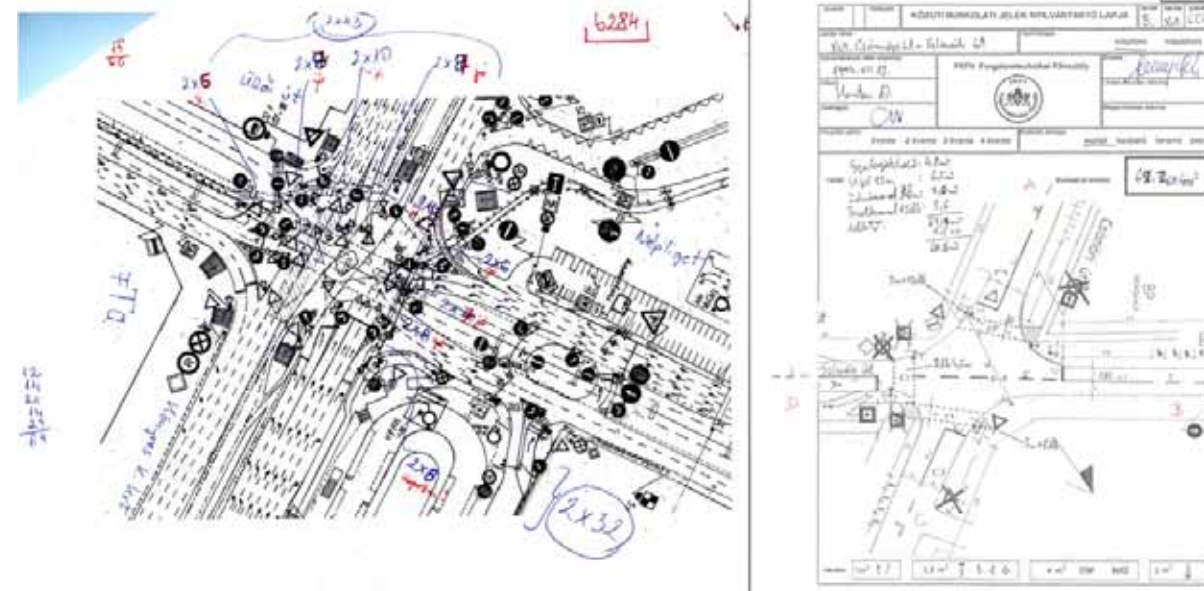
Amikor a helyszínek kiválasztása megtörtént, a nyilvántartás aktualizálása következik. A megrendelés az erre rendszeresített szoftverben történik, és minden esetben mellékelünk helyszínrajzot is, amely alapján a kivitelező egyértelműen el tudja végezni a kiadott feladatot.

A forgalmi-rend-módosítást leggyakrabban a forgalomtechnikai kezelő kezdeményezi.

A meglévő állapot helyszíni vizsgálatát és felmérését követően az üzemeltető tervet készít a változásokról. Ez házon belül engedélyezésre kerül, majd a megrendelés részletei online módon kerülnek át a kivitelezést végző Közüti Szolgáltatási Igazgatósággal közösen használt informatikai ügyviteli rendszerbe.

A papír alapú nyilvántartástól a korszerű térinformatikai rendszerig

A korábbi években a nyilvántartás alapját papír alapú szelvények és kataszterek képezték. Ezt használtuk mind a



2. ábra

karbantartási, mind pedig a tervezési feladatokhoz. Munkánkat a TR-Soft 2000 Kft. által készített, ügyvitelt támogató szoftverek segítik.

A 2. ábrán a régi, papír alapú nyilvántartólapokra mutatunk két példát, a 3. ábrán a TRSoft Burkolatjelek program kezelőfelülete látható.

A Fenntartási program esetében a kataszteri lapokat képként szkennelve csatoljuk a TRS Burkolatjelek programhoz. A rajzon az egyes csomóponti ágak azonosítót kapnak, a helyszínen lévő jelek beazonosítható módon, egyesével rögzítésre kerülnek. A helyszíneket típusonként csoportosítjuk a könnyebb keresethez érdekében, és minden helyszín egyedi azonosítót kap. Ez a helyszínrajzon is feltüntetésre kerül. A megrendeléseknél eltérő színnel kiemelésre kerül, mi is a konkrét elvégzendő feladat, és ez kapcsolódik a rendszerben kiválasztott jelekhez. Így például, ha egy csomópontban csak egy darab gyalogátkelőhely festését kérjük, az a helyszínrajzról könnyen beazonosítható.

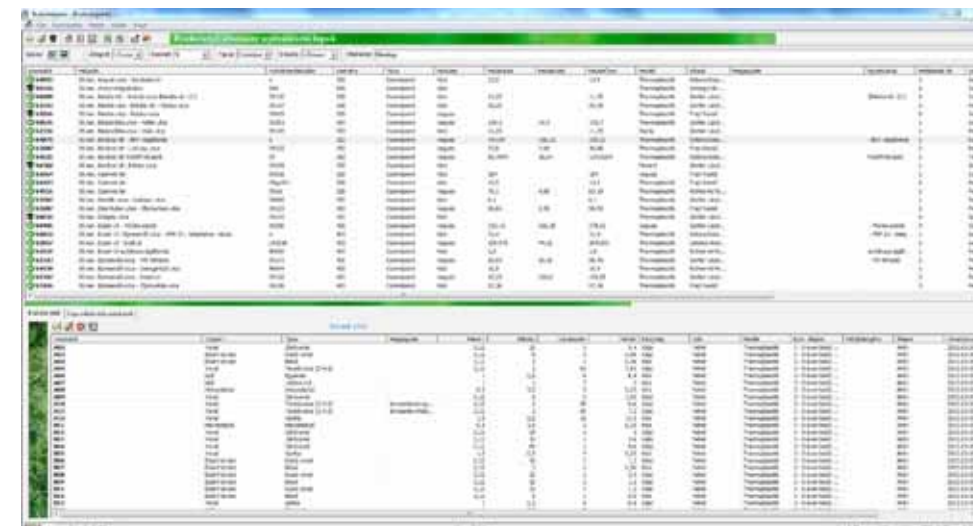
A TRS rendszerben az egyes jeleknek számos tulajdonságát is nyilvántartjuk, így például az adott jel anyagát, készíté-

sének technológiáját, a burkolat típusát, stb.

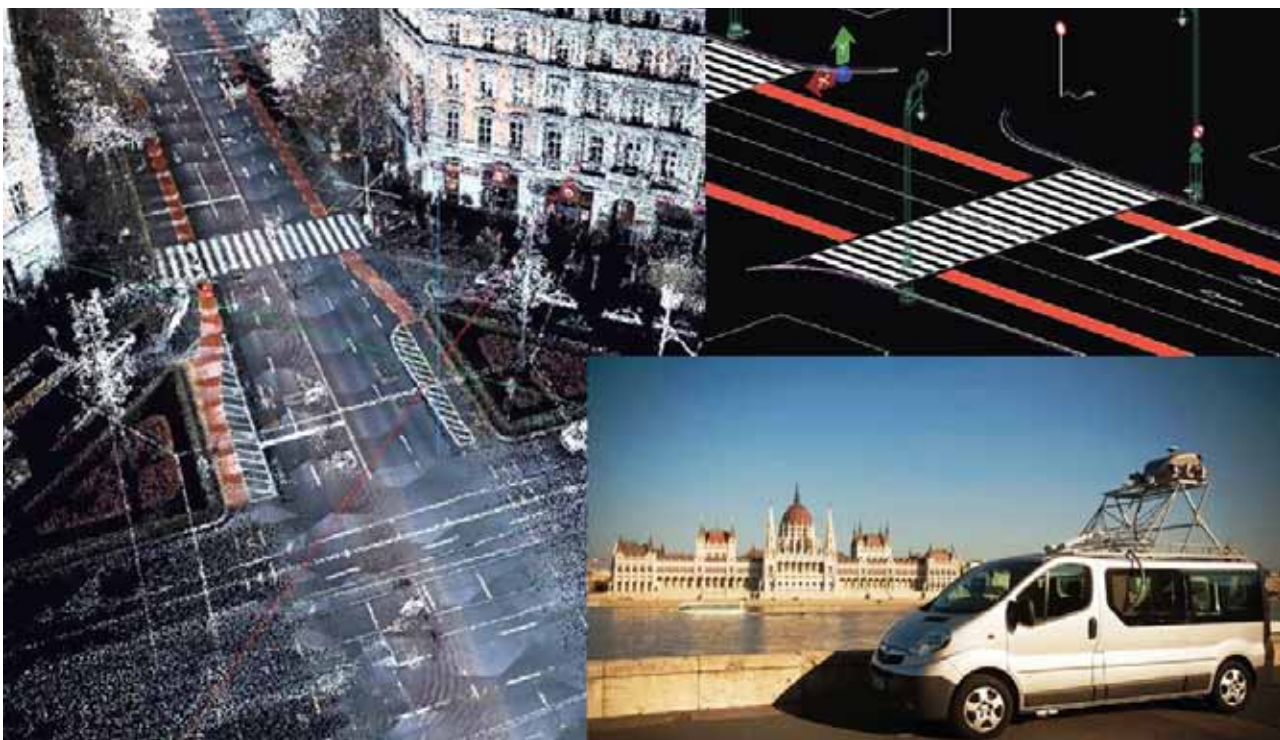
Itt rögzítjük a megrendelések adatait is. A kivitelezőnél gombnyomásra megjelennek a részletek. Ezt követően itt tudja előállítani a munkalapokat és a teljesítéseket tartalmazó készre jelentéseket, felmérési naplókat is.

Korábban gyakran jelentett problémát, hogy az útfelújítások szakaszhatára általában nagyobb csomópontokban van, ezért a kereszteződés helyszínrajzát áganként kellett összerakni a szelvényből és papír alapú megvalósulási tervekkel. Az eltérő ábrázolásmód és méretarány miatt ez nem volt egyszerű feladat. A kataszteri lapokon feltüntetett adatok nagyon vegyesek voltak, ügyintézőnként eltérő stílusban és tartalommal kerültek megjelenítésre. A felújítási szakaszhatár sem mindig derült ki egyértelműen.

Ennek kiváltására Társaságunk 2011. második félévében kezdte el kifejleszteni térinformatikai alapú adatbázisát, az AUTOCAD MAP 3D alapú Mérnöki Modult (MM). Időközben elkészült a Mérnöki Modul új ESRI alapú változata, melyet a KAPU nevű rendszeren keresztül érhetnek el a munkatársak. A Mérnöki Modulban lévő térinformati-



3. ábra



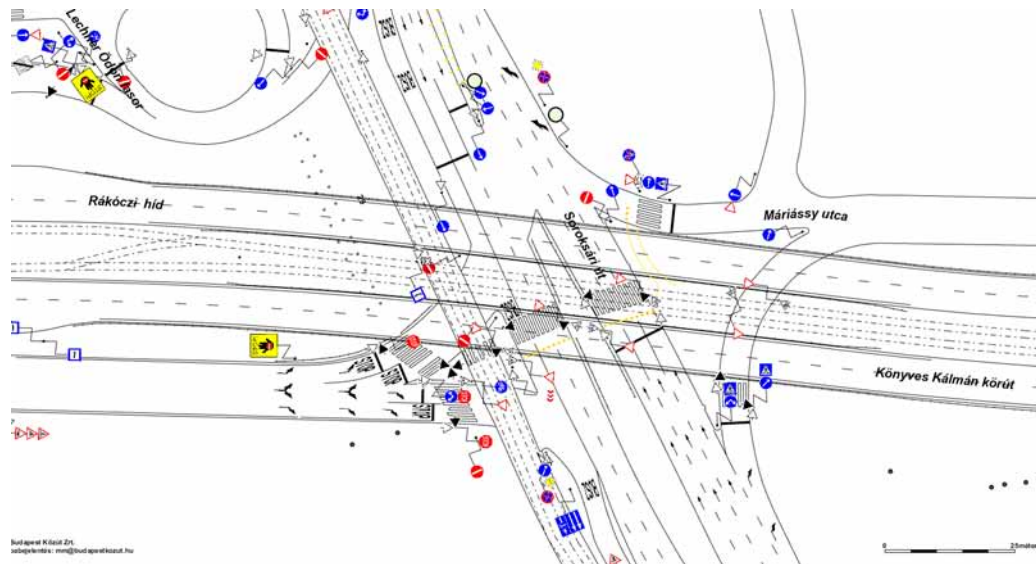
4. ábra

kai adatok alapját korábban a szkennelt forgalomtechnikai nyilvántartási térképek képezték, de 2013. évtől kezdődően folyamatosan felmért adatok kerültek az MM. adatbázisába, melyeket a legkorszerűbb mobil lézerszkenneres, geodéziai pontosságú technológiát alkalmazó Közút Adatgyűjtő Rendszer (KARESZ) szolgáltatja. A KARESZ 1 db mobil lézerszkennerből, 6 db ipari kamerából és Inerciális GPS alapú helymeghatározó rendszerből áll. A város teljes úthálózatát felmérve először pontfelhőben jelennek meg az adatok. Ezt vektorizálva és téradatokkal ellátva állt elő a Mérnöki Modulban megjelenő, lekérdezhető térinformatikai térképfelület. Az adatgyűjtést végző jármű, a pontfelhő és az abból előállított térkép a 4. ábrán látható.

A KAPU-ban a felhasználók egyéni igényeknek megfelelően testre szabhatják a megjelenő térképi rétegeket, adatokat, így minden szakterület egyszerűen megtalálhatja a szá-

mára fontos információkat. Az adatfeltöltés, a nyilvántartás pontosítása, bővítése és integrálása ügyviteli rendszereinkhez jelenleg is folyamatosan zajlik. A tervezéshez a korábbi papírszelvények helyett már a KAPU rendszerből exportált AutoCAD alapú helyszínrajzok állnak rendelkezésünkre. Az AutoCAD MAP 3D rendszert a HungaroCAD-dal közösen az egyedi igényeinkhez igazított HunForg modullal egészítettük ki. Az ebben elérhető táblakönyvtár és burkolatjel-állomány szintén a Forgalomtechnikai Igazgatóságon készült. Fejlesztése-bővítése folyamatos annak érdekében, hogy a városban található összes, mintegy 2100-féle jelzőtáblát meg tudjuk jeleníteni rendszerünkben.

Mind a tervezéshez, mind a fenntartási feladatok megrendeléséhez a KAPU-ból lekért alaptérképeket használjuk. A kész helyszínrajzra a 5. ábrán mutatunk példát.



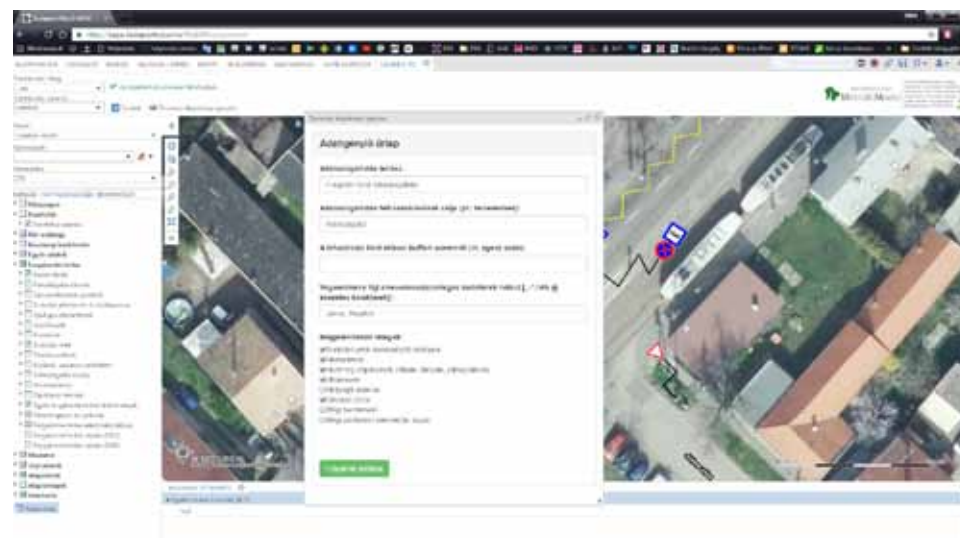
5. ábra



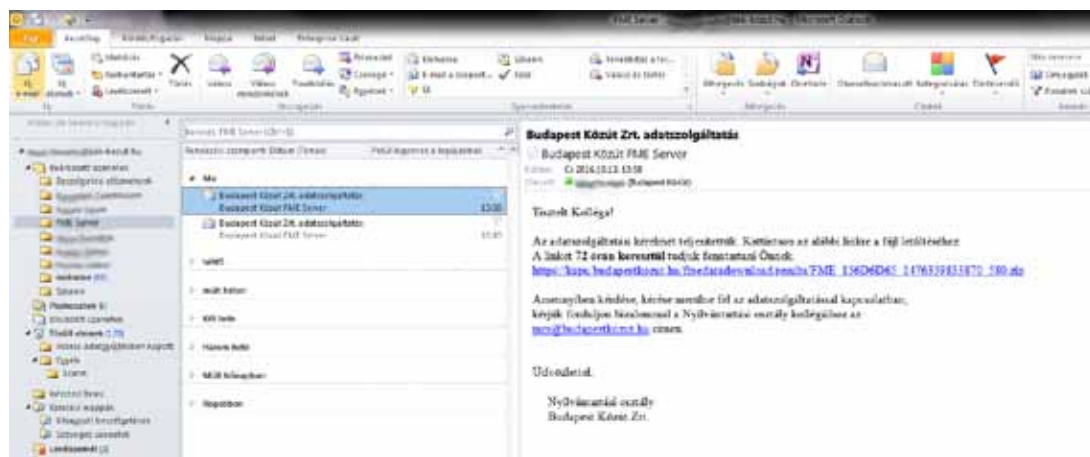
6. ábra: A KAPU bejelentkező felülete



7. ábra Az adatlekérés folyamata 1.



8. ábra. Az adatlekérés folyamata2.



9. ábra. Az adatlekérés folyamata3.

A KAPU bejelentkező felülete a 6. ábrán, a letöltés folyamata pedig a 7-9. ábrákon látható.

Az érintett területeken először is pontosítjuk a KARESZ által felvett adatokat. Ez több okból is szükséges: először is előfordulhat, hogy a felvétel idején az adott helyszínen ideiglenes forgalmi rend volt érvényben. További hátrány, hogy a nagy mértékben kopott burkolatjeleket a lézerszkennerek nem látja, így ezek nem jelennek meg a felvett adatok közül. A harmadik ok, amiért az ellenőrzést el kell végezni, hogy könnyen lehet, hogy a helyszín a felmérés óta módosult. Érinthette valamely beruházás, vagy saját hatáskörben végezhetünk változtatást. De az is gyakran előfordul, hogy ismeretlenek megrongálják, eltávolítják a közúti jelzéseket, vagy éppen újakat helyeznek ki kezelői hozzájárulás nélkül. Ilyenkor az eredeti állapot helyreállításáról is intézkednünk kell.

Jelenleg abban az irányban igyekszünk rendszerünket továbbfejleszteni, hogy a megrendelési folyamatot támogató TRS rendszerünket a térinformatikai rendszerrel közvetlenül összekössük, és a korábban már felvett adatok a térképi adatbázisba átkerüljenek. Kísérleteket folytatunk arra vonat-

kozóan is, hogy a KARESZ által végzett felmérések támogatassák a megrendelések tervezését egy szoftver segítségével. Az összes útburkolati jelet a pontfelhőben megjelenő pontok sűrűsége és egyéb tulajdonságai alapján egy referencia értékhez viszonyítva automatikusan bekezeljük. Így könnyen eldönthető, mennyire indokolt a felújítása, ami nagy segítséget jelent a Fenntartási program összeállításánál. Akár automatikus szűrések és lekérdezések segítségével a címlista könnyen megadható, a helyszínek rangsorolása pillanatok alatt elvégezhető.

A burkolatjel-fenntartás során alkalmazott technológiák

A Budapest Közút ZRt. az itt bemutatott technológiákat alkalmazza a burkolatjelek kivitelezéséhez és eltávolításához. Minden technológiához más gépet alkalmazunk. Változatos gépparkunkból a 10. ábrán adunk ízelítőt.



10. ábra



11. ábra Helyzetjelző vonalak

Melegplasztik (TP)

A Melegplasztik (TP) technológia alapja egy hőre lágyuló, oldószer-mentes thermoplasztikus festék. Legnagyobb előnye, hogy hosszú ideig és tartósan ellenáll a forgalom okozta koptató hatásnak. Mivel igen költséges megoldás, így főként a járművek koptató hatásának erősen kitett helyszíneken alkalmazzuk. A kivitelezés során a szobahőmérsékleten szilárd festéket 260 fokra hevítjük. Ezen a hőmérsékleten a festék folyós állapotúvá válik. A létesítés során az olvadt festéket az útburkolatra öntik. A nyílak, feliratok és egyéb pontoszerű jelek esetében sablonokat alkalmazunk. A helyzetjelző vonalakat és gyalogos átkelőhelyeket jellemzően simítóladával készítjük el (lásd 11. ábra).

A hosszanti jelek speciálisan erre a feladatra szolgáló célgéppel készülnek. Az éjszakai láthatóság fokozása érdekében üvegyöngyöt használunk, melyet a kézi jelek esetében a még meg nem szilárdult anyagra kézzel terítjük. A gépi jelek esetében ennek adagolását is a festőgép végzi.

Hidegplasztik (HP)

A másik tartós eljárás, a Hidegplasztik (HP) technológia során egy két vagy háromkomponensű, üvegyöngyöt is tartalmazó burkolati jelet hozunk létre. Az útburkolatra először egy kellő réteget hordunk fel, majd az abban helyezzük el a lehetőség szerint színhelyes üvegyöngyöket. Ha a kívánt színtől eltérő üvegyöngyöket alkalmazunk, színező festőréteggel érjük el a kívánt színezést. A technológia igen költséges ezért csak olyan esetben használjuk ahol extra hosszú élettartamot szeretnénk elérni. Leginkább a lassító harántcsikozásoknál illetve a vörös kivitelben készülő kerékpárutakon alkalmazzuk (12. ábra).

További hátránya, hogy a kivitelezés technológiája ropant időigényes – mind az elkészítést, mind pedig a szilárdulást tekintve. Az időjárási feltételek is csak szűk tartományban megfelelőek. Mindezen túl a festést végzőkre gyakorolt



14. ábra



12. ábra. Hidegplasztik burkolati jelek



13. ábra

élettani hatásai is igen kedvezőtlenek.

Mivel az egyes technológiák egymással nem teljesen kompatibilisek, külső kivitelezők által végzett munkák esetében is csak nagyon indokolt esetben fogadjuk el.

Premark jelek

A premark jelek előregyártott, tartós termoplasztikus burkolatjelek.

Leggyakrabban piktogramok készítéséhez használjuk. Tipikus példa a kerékpáros nyomok (13. ábra), vagy színhelyes, a veszélyt jelző vagy tilalmi táblák jelzésekével megegyező jelek létesítése (14. ábra).

Anyaga és felülete üvegyöngyöt tartalmaz a fényvisszaverő képesség fokozása érdekében. A burkolat felszínéhez melegítő segítségével rögzítjük.

A gyakorlatban problémát jelent, hogy a készen kapható premark jelek méretei sokszor nem szabványosak, továbbá anyaguk nem kompatibilis az általunk használt burkolatjelfestékek anyagával, így a felújításuk problémát okoz. A félig lekopott jelek felületére sem a hagyományos festékek, sem az új premark jelek nem tapadnak meg kellőképpen, ezért az újbóli létesítés előtt vagy meg kell várunk, míg az eredeti piktogram teljes mértékben lekopik, vagy marással meg kell tisztítanunk a burkolatot, károsítva ezzel azt. Szintén gondot jelent a burkolatbontás során hiányossá váló jelek javítása. Fenti okok miatt ezt csak úgy tudnánk megoldani, ha egy új premark jelből kivágnánk a hiányzó részt és azzal kipótolnánk az eredeti jelet. Ez azonban meglehetősen költséges lenne. Egy színhelyes premark jel létesítésének árából thermoplasztik technológiával nagyjából tíz alkalommal tudjuk elvégezni a felújítást.

Tapasztalatunk szerint a színhelyes premark piktogramok gyorsan szürkévé válnak, így a burkolattól nem ütnék el jelentősen, ezért figyelemfelkeltő hatásuk nem olyan erős, mint a hagyományos jeleké. Az eddig létesített jelek esetében megfigyeltük, hogy viszonylag gyorsan felpattogznak a burkolatról, így élettartamuk rövidebb annál, mint amit eredetileg vártunk.

Festett burkolati jelek

Két jellemző technológiát, a Csökkentett oldószertartalmú (HS) festéket, illetve a Spray plasztikot (SP) alkalmazzuk festett burkolati jelek kivitelezése esetén.

Ezeket jellemzően parkoláshoz kapcsolódó jelek, kerékpárutak illetve forgalom elől elzárt területek létesítésekor használjuk (ld. 15. ábra), mivel ezen jelek esetében a legkisebb a járműforgalom koptató hatása.

Burkolati jelek eltávolítása

Bizonyos esetekben, például útfelújítások vagy kerékpáros fejlesztések esetén szükségessé válik a meglévő burkolati jelek eltávolítása.

Festett burkolati jelek esetén jellemzően a feketítést alkalmazzuk (16. ábra), aminek keretében csökkentett oldószertartalmú fekete festékkel festjük le a meglévő jeleket.

A technológia előnye, hogy gyorsan és minimális zajhátással végezhető, alacsony szaktudással is.

Melegplasztik burkolati jelek esetén a megszüntetésre

marógépet alkalmazunk. A technológia hátránya azonban, hogy a munkavégzés jelentős zajhatásokkal jár, és ronszolja a burkolat felületét.

Az alkalmazott technológia kiválasztása

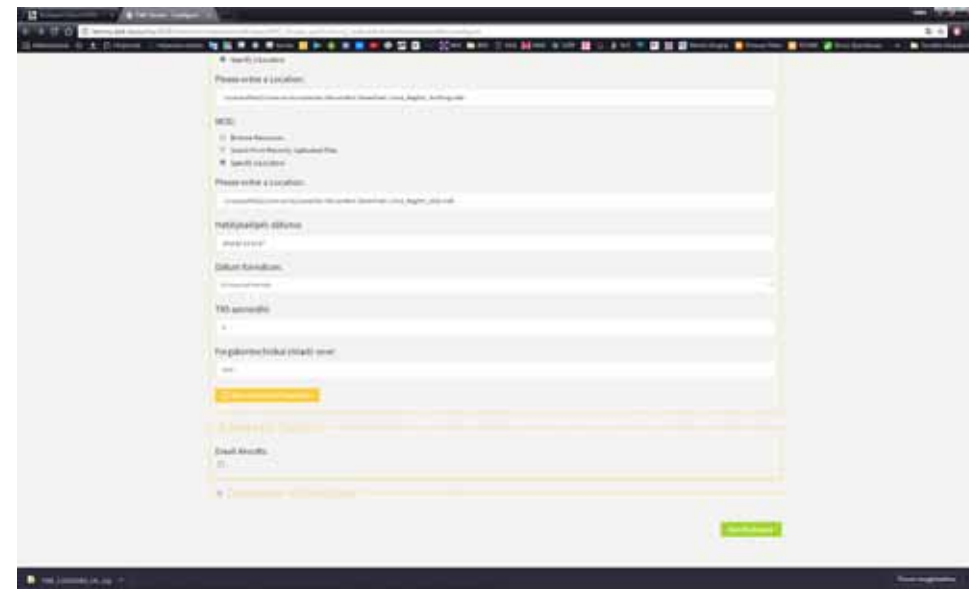
A technológia megválasztása során számos tényezőt kell figyelembe vennünk. Mivel a munkánk nagy részét jellemzően belterületi útszakaszokon kell végeznünk, a kivitelezés sok tekintetben különbözik a hagyományos külterületi burkolatjel-festéstől. Budapesten igen változatos körülmények között válhat szükségessé a meglévő burkolati jelek felújítása vagy újak kivitelezése. A projekt helyszíne így igen fontos, hiszen ez határozza meg, hogy mekkora koptatóhatás várható, illetve, hogy mely gépet tudjuk alkalmazni a szűk helyeken. A helyszínen belül igen változatos burkolatminőség is előfordulhat, amely szintén befolyásolja a technológiaválasztást. További fontos szempont a szerződésben vállalt garancia és a technológiai előírás.

A belterületi utakon végzett burkolati jelek kivitelezését számos tényező tudja nehezíteni. Az egyik legjellemzőbb a nem elegendő útszélesség, valamint a helyhiány. Az esetek többségében nincs lehetőség az útszakasz lezárására, így az autóforgalom folyamatos jelenléte mellett kell elvégeznünk a munkát. A legszűkebb utcák esetén ez csak parkolási tilalom bevezetésével oldható meg, azonban szomorú tapasztalat, hogy az autóvezetők hajlamosak figyelmen kívül hagyni a kihelyezett „Megállni tilos” jelzőtáblákat. Ilyen esetekben kénytelenek vagyunk többször is visszamenni ugyanarra a helyszínre. Legvégső esetben elszállító autót kell hívunk, amely átmenetileg félreteszi a tilosban parkoló járműveket. Ez amellet, hogy költséges megoldás, jogi kérdéseket is felvet. Ha egy jármű véletlenül közben megsérül, a tulajdonos kártérítési igényt nyújthat be. Ezért általában a közterület-felügyelet, vagy a rendőrség segítségét és jelenlétét kérjük.

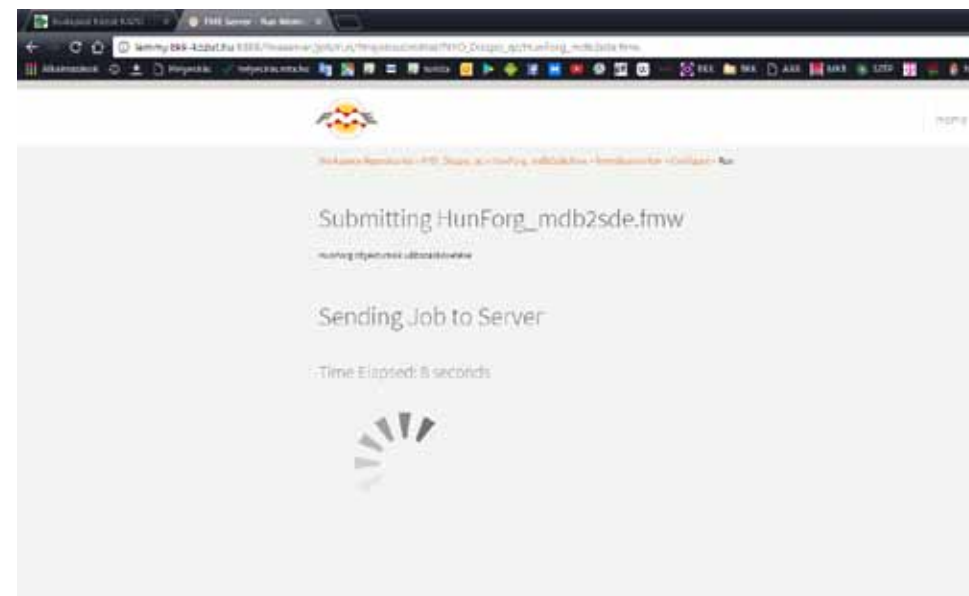
Fentiekén túl – mint bármely kivitelezést – minket is nagyban befolyásol a csapadékos, vagy hideg időjárás.

Műszaki ellenőrzés

Ha minden nehézséget sikerül leküzdenünk és végül elkészül a kért munka, elküldjük a felmérési naplókat és a készre jelentést a Forgalmotechnikai Igazgatóságnak, vagy a projekt műszaki ellenőrének (külső megrendelések esetén).



17. ábra



18. ábra

Az Igazgatóságon dolgozó kollégák jellemzően rendelkeznek műszaki ellenőri jogosultsággal, így a belső kivitelezési munkákon túl a külső kivitelezésben készült beruházásokon megvalósult burkolati jeleket is ellenőrzik a műszaki átadás-átvételi eljárás során.

Helyszíni bejárással és mérésekkel megállapítjuk, hogy a kivitelezés megfelel-e a jogszabályi és egyéb előírásoknak, valamint a megrendelésben meghatározott követelményeknek. Mennyiségi és minőségi ellenőrzést is végzünk az elszámolások leigazolhatóságának megállapítása érdekében.

Ha valamilyen eltérést tapasztalunk, azt jelezzük a Közúti Szolgáltatási Igazgatóság számára, akik pedig végrehajtják a szükséges módosításokat.

A műszaki ellenőrzés során tett észrevételeinket és a vizsgálatok eredményét jegyzőkönyvben rögzítjük. Nappali és éjszakai ellenőrzést egyaránt végzünk, e két esetben eltérő űrlapot használunk, más adatokat veszünk föl.

Szükség esetén a kivitelezők munkáját helyszíni művezetéssel segítjük.

A folyamat a nyilvántartásba vétellel zárul le. A műszaki ellenőrzés során a helyszínt ismét alaposan felmérjük. A megrendeléshez készített helyszínrajzot ez alapján pontosítjuk és a Nyilvántartási Osztálynak átadjuk. Itt a kollégák az átadott adatállományt egy szoftver lefuttatásával és manuálisan is ellenőrzik.

Ha az megfelel a szerkesztési szabályoknak, a változásokat feltöltik a Mérnöki Modulba (ld. 17. és 18. ábra), így az az összes felhasználó számára rögtön elérhetővé válik. A módosításokhoz a TRS rendszerben elérhető adatokat, például a készre jelentés dátumát is bejegyzik. A rögzített eltérések visszavezetése a TRS rendszer nyilvántartó moduljában is megtörténik, így ha az adott helyszínen újból szükségessé válik a burkolatjelek felújítása, az előkészítés már rövidebb időt vesz igénybe.

Társaságunk fiatal kollégái nyitottak az innovációra ezért újabb és újabb területet vonunk be a digitális, „Smart City Budapest”-i világába, amely megújulási folyamat elvezet a közlekedés napjainkban zajló forradalmi léptékű átalakításához.



15. ábra

16. ábra

Töltőanyagok komplex anyagszerkezeti vizsgálata

Dr. Géber Róbert

okl. anyagmérnök
Miskolci Egyetem Kerámia-és
Polimermérnöki Intézet
egyetemi adjunktus



1. Bevezetés

Jelen munka célja olyan vizsgálati eredmények ismertetése és mérés technikai módszerek bemutatása, melyek segítségével megismerhetők az aszfaltkeverékekben használt ásványi töltőanyagok technológiai szempontból lényeges tulajdonságai.

A kutatási munka során a töltőanyagként elterjedten alkalmazott ásványi anyag, a mészkőliszt, valamint egy gyártási melléktermékként rendelkezésünkre bocsájtott dolomit örlemény átfogó anyagszerkezeti vizsgálatára került sor. Az alkalmazott modern vizsgálati módszerek segítségével az ásványi összetétel, a mikro- és makroszerkezeti jellegzetességek (szemcseméret, szemcsealak), a felületi és anyagszerkezeti (fajlagos felület és pórustartalom), valamint termikus tulajdonságok (a gyártástechnológia és beépítés során alkalmazott hőmérsékletek hatása) feltérképezése történt meg.

Az eredmények elősegíthetik a keveréktervezést, és nemcsak hasznos információval szolgálhatnak az ásványi anyagok és a bitumen közötti kölcsönhatások pontosabb megértéséhez, hanem gyakorlati szempontból is hozzájárulhatnak a gazdaságosabb aszfalt előállításához is.

2. A töltőanyagok szerepe az aszfaltkeverékekben

Jól ismert, hogy a töltőanyagok (fillerek) nemcsak az aszfaltkeverékek ásványi vázának legfinomabb frakciói, hanem a kötőanyaggal alkotott keverékük (aszfalthabarc) az aszfalt egyik legfontosabb komponense [1, 2, 3]. A fillerek legfőbb feladata a bitumen adszorbeálása, valamint a finomságukkal az ásványi váz hézagait is kitöltik [4, 5]. A töltőanyagok és a bitumen közötti kohézió, a kötés kialakulásának pontos mechanizmusa a mai napig nem teljesen ismert, ezért célszerű a fillerek lehető legtöbb tulajdonságát megvizsgálni, amelyek alapvetően befolyásolják a felhasználásukkal előállított aszfalt tulajdonságait is.

Melyek ezek a tulajdonságok? Mivel töltőanyagként elsősorban a karbonátos kőzeteket célszerű alkalmazni, ezért elengedhetetlen ismerni az ásványi anyagok pontos összetételét. A töltőanyagban fellelhető agyagásványok és egyéb – akár kis mértékben is – előforduló „szennyező” anyagok

ugyanis jelentősen ronthatják nemcsak a ragasztó hatás erősségét, hanem a burkolat mechanikai szilárdságát.

A töltőanyagok polidiszperz rendszerek, melyben a szemcsék mérete és mennyisége változik, ezért a szemcsék méret szerinti eloszlásának ismerete elengedhetetlen. A bitumen lekötése és a térkitöltés szempontjából is fontos az, hogy a töltőanyag frakcióban mekkora mennyiségben fordulnak elő a nagyon finom szemcsék.

A szemeloszlás mellett a szemcsealak, morfológia is hatással van az aszfalt tulajdonságaira, ugyanis a szögletes szemcsék növelik az ásványi váz belső sűrűsödését. A töltőanyagok felületi tulajdonságai, belső anyagszerkezeti sajátosságai, porozitása elsősorban a lekötött bitumen mennyiségét, és a szelektív diffúzió mértékét befolyásolják.

Az aszfaltgyártási technológia során az ásványi anyagok, így a töltőanyagok is több ponton hőhatásoknak vannak kitéve (szárítódob, melegrosta, keverő), valamint a készanyag kiszállítása, beépítése és a használat során a hőmérséklet minden esetben befolyásoló hatással bír.

Mindezek ismeretében jelen kutatási munka célja a töltőanyagok – az aszfalttechnológiában használatos vizsgálati módszerektől eltérő –, újszerű mérés technikai módszerekkel történő átfogó vizsgálata, amellyel a bitumen-filler kölcsönhatás mechanizmusa jobban megismerhető.

3. Vizsgálati módszerek és berendezések

A kutatómunka során két ásványi anyag (alsózsolcai mészkőliszt és pilisvörösvári dolomit) komplex anyagszerkezeti vizsgálatára került sor. A minták előkészítése során a szükséges frakció ($d < 0,063 \text{ mm}$) előállítására szabványos szita-sor, tömegállandóságig való szárításuk pedig laboratóriumi szárítószekrény segítségével történt. Az elvégzett vizsgálatokat három témakör szerint lehet csoportosítani:

- szemcseméret-szemcsealak,
- mikroszerkezet, felület,
- hőfizikai tulajdonságok.

A töltőanyagok néhány jellemzőjét az 1. táblázat mutatja be.

	Mészkőliszt (Alsózsolca)	Dolomit (Pilisvörösvár)
Ásványi összetétel [m/m %]	100 % CaCO_3	100 % $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$
Anyagsűrűség, ρ [g/cm^3]	2,71	2,84
Hidrofil tényező, η [-]	0,76	0,89

1. táblázat. Töltőanyagok néhány jellemzője

A töltőanyagok ásványi összetételének meghatározása röntgen pordiffrakciós módszerrel (XRD vizsgálat), egy Bruker D8 ADVANCE típusú röntgen diffraktométer alkalmazásával történt, mellyel mind minőségi, mind pedig mennyiségi fázisanálízis elvégezhető. Az ásványi összetétel alapján mindkét töltőanyag tiszta, egyéb ásványt, vagy szennyezőanyagot nem tartalmaz. Mindkét anyag karbonátos kőzet, amely a bitumennel kedvező kapcsolatot képes kialakítani. Ezt a tulajdonságukat a hidrofil tényezőjük értéke is alátámasztja. Mivel $\eta < 1$, ezért a töltőanyagok hidrofób tulajdonságúak.

A töltőanyagok szemeloszlásának meghatározása Horiba LA-950V2 típusú lézerggranulométerrel történt. A műszer nedves eljárású módszert alkalmaz, melynek során egy zárt mérőrendszerben áramlik a minta, amelyet lézersugárral világítunk meg. A szemcséken a lézersugár diffraktálódik, amelyet szemcseméret szerinti különböző detektorokkal érzékelünk. A szemcsék jobb szétoszlátása nátrium-pirofoszfát diszpergálószert, illetve ultrahangos kezelés alkalmazásával történhet.

A töltőanyagok morfológiájának, szemcsealakjának és felületi sajátosságainak optikai vizsgálata Cambridge Stereoscan 150 B pásztázó (scanning) elektronmikroszkóp (SEM) segítségével történt. A műszerrel nemcsak képalakítás, hanem kémiai elemanalízis is elvégezhető.

A mikroszerkezeti vizsgálatok során a BET (Brunauer-Emmett-Teller) -féle fajlagos felület, valamint az anyagon belüli pórusméret-eloszlás meghatározására is sor került. A fajlagos felületi értékeket nitrogén adszorpció elven működő, TriStar 3000 típusú műszerrel határoztuk meg, mely során az adszorpcióis izoterma felvétele is megtörtént. A pórusméret-eloszlást PASCAL 140 és 440 típusú higanyos poroziméterrel végeztük el. A vizsgálat során folyamatosan növekvő nyomással ($p_{\text{max}} = 400 \text{ MPa}$) higanyt – a legtöbb anyagot nem nedvesítő cseppfolyós halmazállapotú fém – préselünk az anyag pórusaiba. Az anyag belsejébe penetrált higany mennyiségéből és az alkalmazott nyomásértékekből meghatározható a pórusátmérő, valamint a pórusméret-eloszlás.

A hőfizikai tulajdonságok vizsgálatok a töltőanyagokban hevítés hatására végbemenő átalakulások, reakciók megfigyelése volt a cél. Mivel ezek az ásványi anyagok a gyártástechnológia és a beépített burkolat használata során is ki vannak téve a hőmérséklet hatásainak, ezért különösen fontos a hőmérséklet töltőanyagokra kifejtett hatását tanulmányozni. Differenciális termoanalitika (DTA) segítségével a töltőanyagokban végbemenő endoterm és exoterm reakciókat, valamint a tömegváltozást határozhatjuk meg, míg differenciális pásztázó kalorimetriával (DSC) az ásványi anyagok fázisátalakulásai, illetve fajlagos hőkapacitásai tárhatóak fel.

Mivel a legtöbb anyag a hőmérséklet emelésének/csökkentésének hatására zsugorodhat, vagy tágulhat, emiatt célszerű megvizsgálni a töltőanyagok hőtágulását, relatív méretváltozásának mértékét is. Érdekes lehet, vajon a tech-

nológiai szempontból magas hőmérsékleten, a keverés során történik-e méretváltozás az ásványi anyagokban, illetve a beépítést követő visszahűlés során mekkora mértékű méretváltozást szenvednek a töltőanyagok. A hőtágulást Linseis L75 típusú lézerdilatométerrel (5°C/min fűtési sebesség, $T = 30^\circ\text{C}$ – 200°C fűtési és hűtési szakaszok), a méretváltozás vizuális megfigyelését pedig MicroVis típusú hevítőmikroszkóp (5°C/min fűtési sebesség, $T_{\text{max}} = 200^\circ\text{C}$) segítségével végeztük el. A berendezés további lehetőséget nyújt a kőzet és a bitumen közötti nedvesítés meghatározására is.

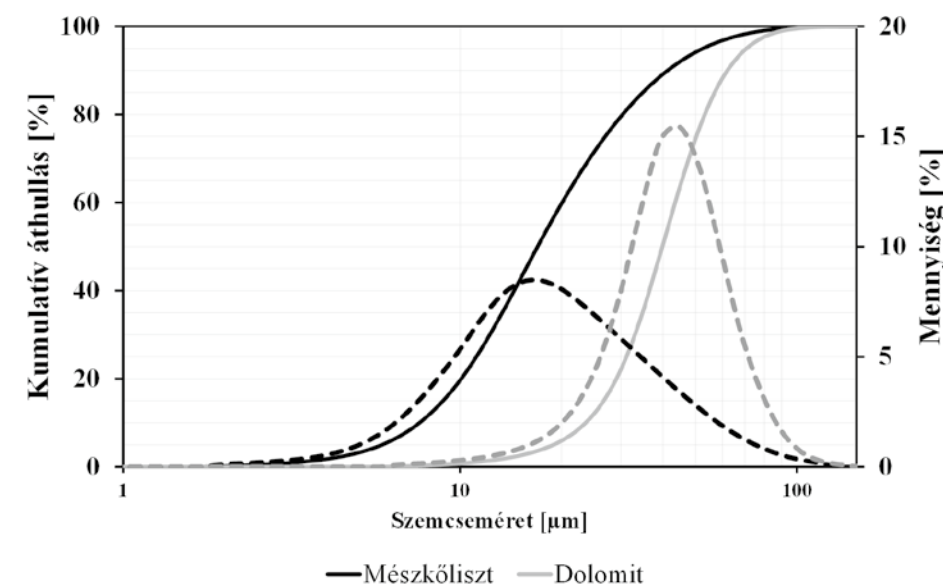
A töltőanyagok hővezető-képességének meghatározása C-Therm TCi típusú hővezetésmérővel történt $T = 21^\circ\text{C}$, 60°C , 135°C és 180°C vizsgálati hőmérsékleteken, modellezve a szobahőmérséklet, a legmagasabb nyári üzemi hőmérséklet, a beépítési hőmérséklet, valamint a keverési hőmérséklet hatásait. A hővezetési tényező meghatározása, illetve ez a mérés technikai módszer alkalmas lehet egyéb alternatív töltőanyag hővezető képességének meghatározására is, például öngyógyuló aszfaltok adalékanyagainak vizsgálata esetén is.

4. Eredmények

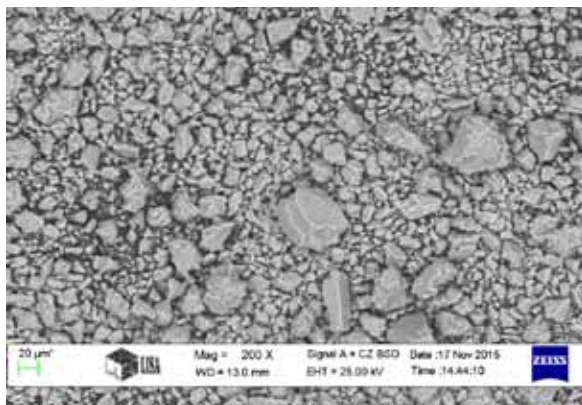
Az ásványi töltőanyagok szemeloszlás görbéit az 1. ábra szemlélteti.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a vizsgált frakciók polidiszperz rendszerek, melyekben a szemcsék mérete mintegy két nagyságrendet ölel át. A gyakorisági görbék jól szemléltetik a töltőanyagok szemeloszlásának jellegét, így azok szemeloszlásában jelentős különbségek fedezhetők fel. A mészkőliszt széles szemeloszlást mutat, finom részben ($d < 10 \mu\text{m}$) gazdag, ugyanis a frakció fele $20 \mu\text{m}$ -nél kisebb szemcséket tartalmaz, átlagos szemcsemérete pedig $16,82 \mu\text{m}$. A dolomit ettől eltérően szűk szemeloszlású, legnagyobb mértékben a $30 \mu\text{m}$ -nél durvább szemcsék alkotják a vizsgált anyag halmazát. Átlagos szemcsemérete $39,84 \mu\text{m}$.

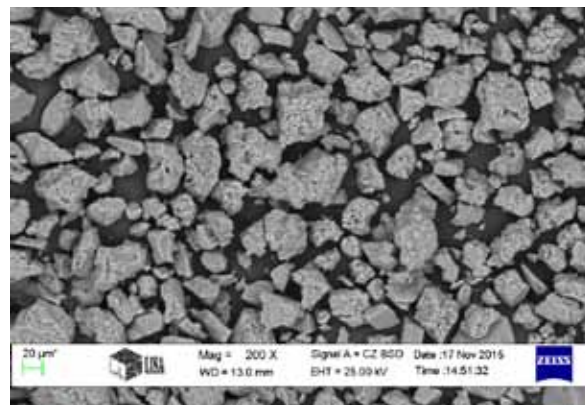
A 2. ábrán a töltőanyagok pásztázó elektronmikroszkóppal készített felvételei láthatóak, különböző nagyításokban ($N = 200X$ és $N = 1500X$). A kisebb nagyítású felvételeken jól összehasonlítható a töltőanyagok szemszerkezete és morfológiája, amelyek alátámasztják a szemeloszlás görbéket is. A nagyobb felbontások jól szemléltetik az egyes szemcsék alakjait, valamint megmutatják azok felületét.



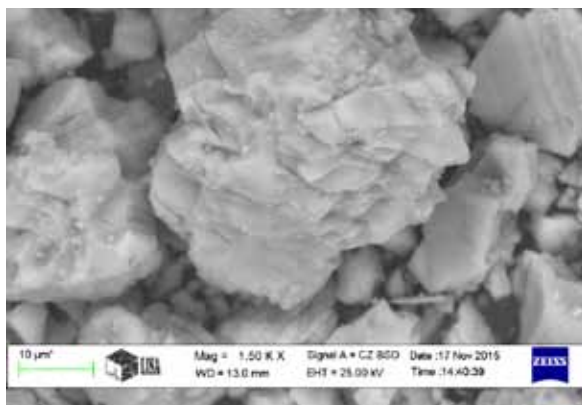
1. ábra: Töltőanyagok szemeloszlás görbéi



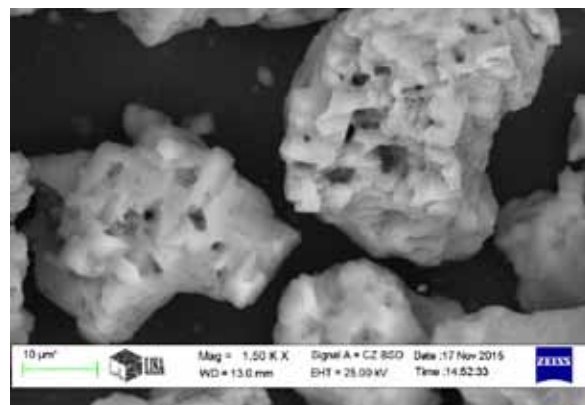
Meszkőliszt (N=200X)



Dolomit (N=200X)



Meszkőliszt (N=1500X)



Dolomit (N=1500X)

2. ábra: Töltőanyagok elektronmikroszkópos felvételei

A dolomiton porozításra utaló jelek is jól megfigyelhetők.

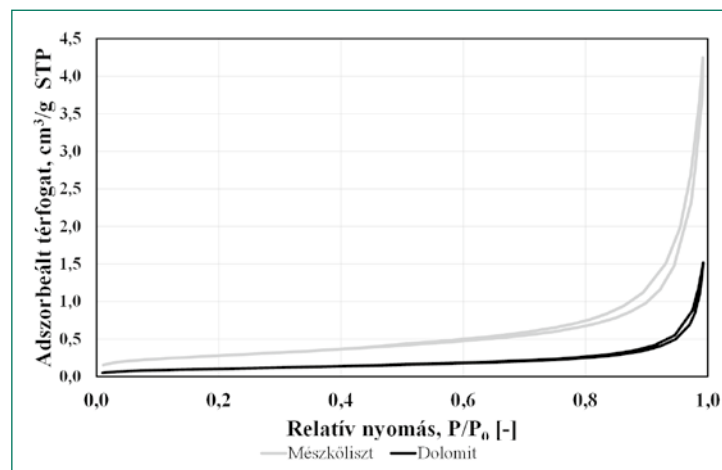
A szemcsék pórustartalma, a felületükön lévő repedések, a feltapadt mikronos és szubmikronos szemcsék növelik a töltőanyag fajlagos felületét, ezáltal hatással vannak a felületen megköthető bitumen mennyiségére is. A 3. ábra a fajlagos felület vizsgálat során meghatározott adszorpciós izotermákat mutatja be. A görbék a nitrogén gáz adszorpciója és deszorpciója során hiszterézis görbét eredményeznek, melynek területéből következtetni lehet a fajlagos felületre. Minél nagyobb a hiszterézis, annál nagyobb a fajlagos felület értéke. A mérés során meghatározott pontos értékek a következők: Meszkőliszt_{BET}: 1,02 m²/g, Dolomit_{BET}: 0,38 m²/g. A fajlagos felületi jelenség visszavezethető a töltőanyagok szemeloszlás vizsgálatának eredményeire. A nagyméretű szemcsék felülete fajlagosan kicsi, a finom szemek nagyszámú jelenléte pedig a felületet növeli. Ha a töltőanyag nagyszámú, kisméretű szemcsét tartalmaz, az a fajlagos felület értékének növekedésében nyilvánul meg. A dolomit fajlagos felülete a meszkőliszthez hasonlóan lényegesen kisebb. Ennek oka a dolomit szemeloszlásával jól magyarázható.

A 4. ábra a töltőanyagok porozítását, pórusméret-eloszlását ábrázolja. A bitumen és a kőváz közötti kölcsönhatás a határfelületükön végbemenő adszorpciós folyamatoktól függenek, a fizikai adszorpciót pedig a töltőanyagok porozítása jelentősen befolyásolja. A 4. ábrán jól megfigyelhető, hogy a meszkőliszt kis mennyiségben tartalmaz pórusokat, melyek jellemző mérete 5 µm-nél kisebb. Az átlagos pórusátmérő 5,49 µm. A dolomit esetén – ahogyan arra az elektron-

mikroszkópos felvételek alapján is következtetni lehetett – nagyobb mennyiségű és jellemzően nagyobb átmérőjű pórusok találhatók meg, melyek átlagos mérete 11,05 µm.

A differenciális termóanalízis során meghatározott derivatogramokat az 5. ábra szemlélteti. A vizsgálatkor a töltőanyagokban végbemenő hőmérséklet- és tömegváltozásokat egy ismert anyag (*alumínium-oxid*) változásához képest határozzuk meg. A meszkőliszt hevítésekor az egylépcsős folyamat során karbonátos bomlás megy végbe 790 °C körüli kezdő hőmérsékleten.

Az endoterm reakció során CO₂ gáz fejlődése (*tömegcsökkenés*) mellett CaO (*égetett mész*) keletkezik.



3. ábra: Töltőanyagok adszorpciós izotermái

A dolomit hevítésekor ugyanakkor két endoterm reakció figyelhető meg. A kétlépcsős folyamat során mindkét esetben tömegvesztés lép fel, ugyanis a dolomitból CO₂ gáz szabadul fel. Először a MgCO₃ CO₂ tartalma, majd a CaCO₃ gáztartalma távozik a rendszerből. A termikus reakció végtermékeként *égetett mész és égetett magnézia* keletkezik.

A vizsgálatokkal alátámasztható, hogy az aszfalt-technológiai szempontból fontos hőmérsékleteken a töltőanyagok tulajdonságai hevítés hatására nem változnak meg. A termóanalízissel ugyanakkor igazolhatóak a röntgen pordiffrakciós vizsgálatok során tett megállapítások, miszerint a vizsgált töltőanyagok összetételében egyéb ásványok, vagy szennyeződések nem találhatók.

A töltőanyagok differenciális pásztázó kalorimetriai (DSC) vizsgálata során meghatározott görbék a 6. ábrán láthatóak.

A vizsgálati módszer segítségével meghatározhatók a szilárd anyagok átalakulási hőjének (*fázisátalakulás, szilárd anyagok bomlása, stb.*) számszerű értékei. A vizsgálat során egy előre meghatározott hőmérsékleti görbe alkalmazásával mérhető a mintában végbemenő folyamatok hője. A DSC görbén megjelenő csúcsok az anyagban bekövetkező változásra utalnak, integrálással pedig az átalakulás entalpiaváltozásának (*a vizsgált anyag által felvett, vagy leadott energiamennyiség*) pontos értéke is meghatározható.

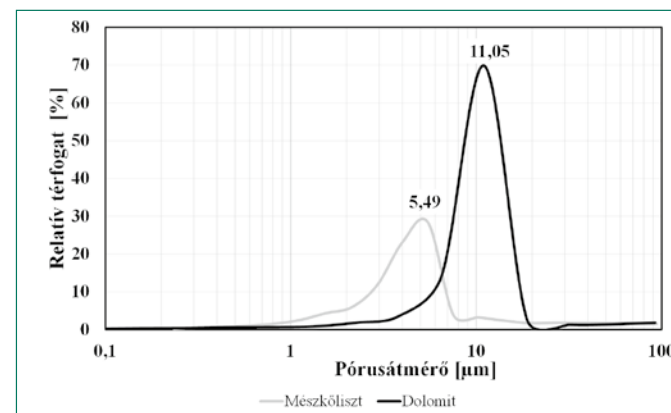
A vizsgált hőmérséklet-tartományban a fűtési és hűtési szakaszok során a töltőanyagokban fázisátalakulás, illetve egyéb reakció nem ment végbe. A görbéken jól elkülöníthető csúcsok nem láthatóak.

A DSC vizsgálat eredményéből egy másik anyag-jellemző, a fajlagos hőkapacitás értéke is meghatározható (7. ábra). Elmondható, hogy a dolomit fajlagos hőkapacitása, - azaz az a hőmennyiség, amely az anyag 1 °C-kal történő hőmérséklet-emelkedéséhez szükséges – magasabb, mint a meszkőliszté. Az is megfigyelhető, hogy a vizsgálati hőmérséklet-tartományban a dolomit fajlagos hőkapacitása intenzívebben növekszik, a legmagasabb hőmérsékleten a kezdeti értékhez képest mintegy 20 %-kal nő a hőkapacitás értéke. A meszkőliszt esetén a növekedés mértéke körülbelül 10 %.

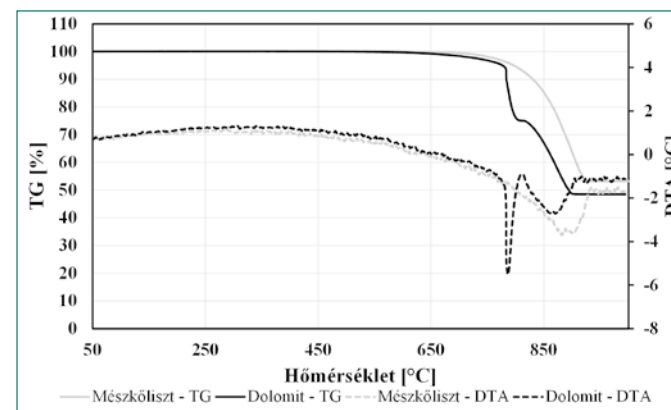
A 8. ábra a hevítőmikroszkópos vizsgálatok eredményeit mutatja be. A vizsgálat során a hőmérséklet növelésével egyidejűleg egy kisméretű (*d=2 mm, h=4 mm*) hengeres próbatest magasságváltozását vizsgáljuk. Mivel a kiértékelés digitális képelemzés segítségével történik, így tulajdonképpen a minta méreteinek pixelekből történő mérését végezzük el. A vizsgálat eredménye a minta magasságának százalékos változása. Amint az a 8. ábrán is jól megfigyelhető, sem a meszkőliszt, sem pedig a dolomit magassága nem változik a vizsgálat során.

Az ásványi anyagok magasságváltozása mellett a hőtágulás, azaz a hőmérséklet hatására bekövetkező relatív hosszváltozás mértékének meghatározására is sor került.

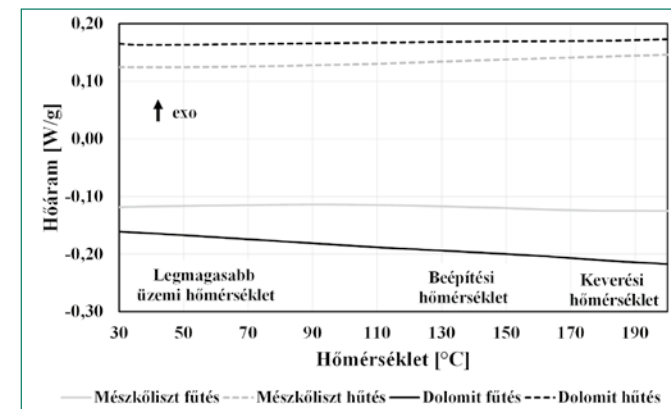
A vizsgálatokhoz használt lézerdilatométer pikométer nagyságrendű pontossággal képes meghatározni a minta hosszváltozását. Sajnos a dolomit préselése nem volt lehetséges (*ennek oka a préseléshez képesti viszonylag durva szemeloszlás*), így a vizsgálatokhoz szükséges hengeres próbatestet (*d=7 mm, h=20 mm*) nem sikerült elkészítenünk. Emiatt a 9. ábra csak a meszkőliszt



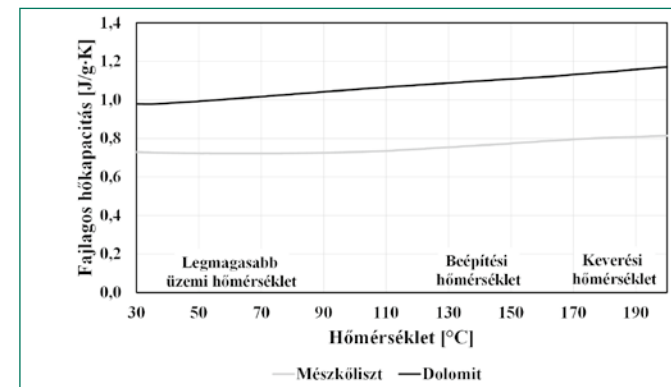
4. ábra: Töltőanyagok pórusméret-eloszlása



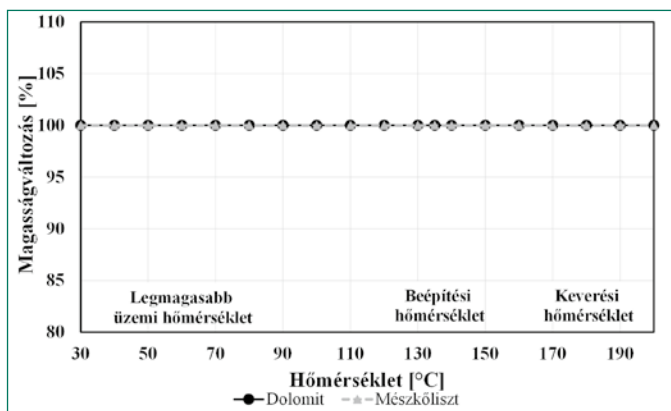
5. ábra: Töltőanyagok derivatogramjai



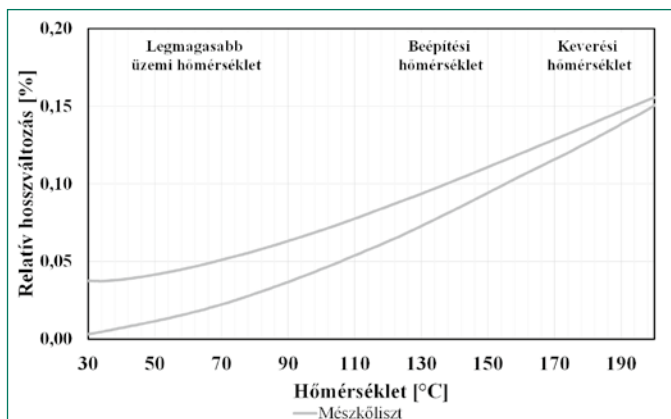
6. ábra: Töltőanyagok DSC görbéi



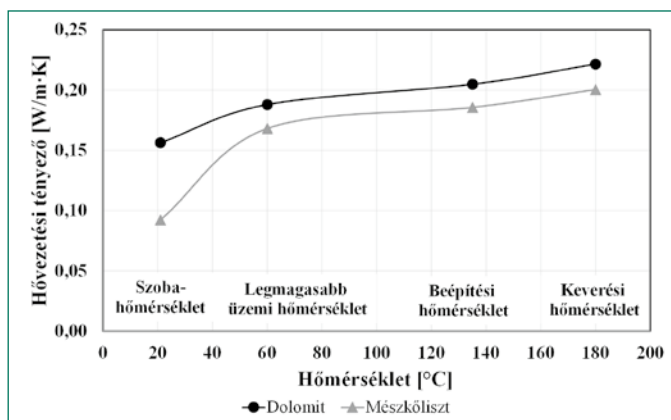
7. ábra: Töltőanyagok fajlagos hőkapacitása



8. ábra: Töltőanyagok magasságváltozása a hőmérséklet függvényében



9. ábra: Mész-kölszt relatív hosszaváltozása



9. ábra: Töltőanyagok hővezetési tényezői

relatív hosszaváltozását mutatja be.

Ahogy az a 9. ábrán is jól megfigyelhető, a préselt minta magassága 200 °C-ra történő fűtése során 0,15 %-kal növekedett, míg a visszahűlés végén 0,04 %-os maradék hosszaváltozás állt be. Ez a hőtágulás azonban annyira kicsi, hogy gyakorlati szempontból elhanyagolható.

A hőfizikai vizsgálatok közül utolsóként a töltőanyagok hővezetési tényezői kerültek meghatározásra. A vizsgálati eredményeket a 10. ábra mutatja be.

Megfigyelhető, hogy a töltőanyagok hővezető képessége a hőmérséklet emelkedésével növekszik. A hővezetési tényező növekedése az alacsonyabb vizsgálati hőmérsékleteken

($T=21\text{ °C}$ és $T=60\text{ °C}$) a legintenzívebb. A hőmérséklet további emelkedése már csak kisebb mértékű növekményt eredményez. Az eredmények alapján elmondható, hogy a mész-kölszt hővezető képessége kisebb, mint a dolomité, a különbség pedig leginkább az alacsonyabb vizsgálati hőmérsékleten jelentős. Az is megfigyelhető, hogy a mész-kölszt hővezetési tényezője a csúcshőmérsékleten a kezdeti érték duplájára nő.

5. Összegzés

A kutatási munka során két töltőanyag (mész-kölszt és dolomit) komplex anyagszerkezeti vizsgálatára került sor, melynek célja annak bemutatása volt, hogy az aszfalttechnológiában alkalmazott hagyományos vizsgálati módszerek mellett, milyen egyéb anyagszerkezet-vizsgálati eljárások alkalmasak az ásványi anyagok tulajdonságainak feltárására. A vizsgálati eredmények az alábbi gondolatokban összegezhetők:

Az alkalmazott vizsgálati módszerekkel a töltőanyagok számos egyedi (összetétel, morfológiai és anyagszerkezeti sajátosságok, felületi jellegzetességek, termikus tulajdonságok, hő hatására lejátszódó reakciók, stb.) tulajdonsága feltárható.

A két töltőanyag szemeloszlásából adódó különbségek más anyagjellemzőjükre (fajlagos felület, porozitás) is hatással vannak.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a kutatás során megvizsgált töltőanyagok tulajdonságai a technológiai hőmérsékletek hatására érdemben nem változnak meg, azok technológiai szempontból inert anyagként viselkednek.

Köszönetnyilvánítás

A kutatómunka a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Felhasznált irodalom

W Grabowski, J Wilanowicz The structure of mineral fillers and their stiffening properties in filler-bitumen mastics *Materials and Structures* **41** 793-804

P S Kandhal, C Y Lynn, F Parker Characterization tests for mineral fillers related to performance of asphalt paving mixtures *NCAT Report No. 98-2*

A Zulkati, W Y Diew, D S Delai Effects of Fillers on Properties of Asphalt-Concrete Mixture *Journal of Transportation Engineering* **138** 902-910

N V Maidanova, D A Rozental Asphalt adsorption in relation to the surface area of the mineral filler and content of aromatic oils *Russian Journal of Applied Chemistry* **79** 1386-1387

J Craus, I Ishai, A Sides Some Physico-Chemical Aspects of the Effect and the Role of the Filler in Bituminous Paving Mixtures *Journal of Association of Asphalt Paving Technologists* **47** 558-588.

Beton terelőfal és korlát építése, a fizikai elválasztás korszerűsítése az M3, M5 és M7 autópályákon

Potori László

Magyar Közút Nonprofit Zrt
EU Beruházási osztály
beruházási mérnök



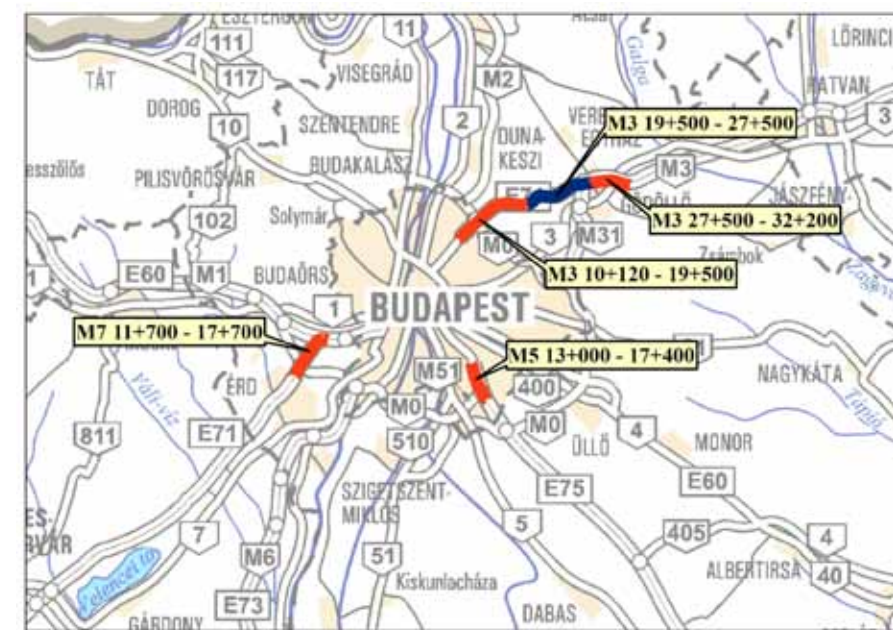
terén megköveteli a biztonságos közlekedés meglétét, az átfogó cél tehát nem más, mint az utazó közönség életének védelme, az úti céljuk biztonságos megközelítésének lehetővé tétele.

Beton terelőfalak építése az M3, M5, M7 autópályákon

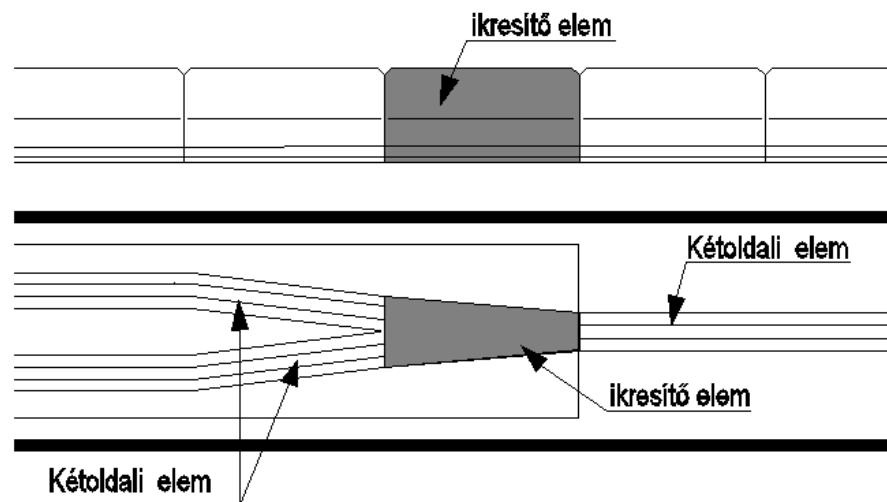
A hosszas előkészítő munka után 2015 augusztusában a beton terelőfal építés megindult az alábbi fővárosi bevezető szakaszokon:

- **M3 autópálya (Kivitelező: DF Konzorcium – Duna Aszfalt Kft. és Ferrobeton Zrt.)**
- M3 autópálya 10+120 – 13+450 km szelvények között
- M3 autópálya 13+450 – 27+500 km szelvények között
- M3 autópálya 27+500 – 35+200 km szelvények között
- **M5 autópálya (Kivitelező: Colas Hungária Zrt.)**
- M5 autópálya 13+000 – 17+400 km szelvények között
- **M7 autópálya (Kivitelező: EuroAszfalt Kft.)**
- M7 autópálya 11+700 – 17+700 km szelvények között

A nyílt uniós közbeszerzési eljárás műszaki dokumentációja (tervek) alapján a teljes kivitelezési szakaszon szimmetrikus kialakítású legalább H2 visszatartási fokozatú előregyártott vasbeton terelőelem kihelyezését írt elő (a ko-



A megvalósult beton terelőfal szakaszok az M3, M5, M7 autópályák bevezető szakaszain



Y elem elvi kialakítása, kapcsolódása

rábban növényzettel borított elválasztó sáv aszfalttal, mart aszfalttal történő burkolása után).

A H2 ütközési ellenállás azt jelenti, hogy az összekapcsolt elemeknek a kis súlyú gépjárművek nem extrém sebességgel vagy hajlásszöggel történő ütközésén túl egy bizonyos sebesség és hajlásszög tartományban ütköző autóbust is vissza kell tudni terelnie a közlekedési sávba. Az ide vonatkozó EN 1317-2 számú szabvány megkülönböztet (konkrét rendszer vagy anyag meghatározása nélkül) **gyenge, normál, emelt, illetve igen emelt** feltartóztatási fokozatot, mely besorolás alapján a H2 feltartóztatási fokozat emelt szintűnek felel meg.

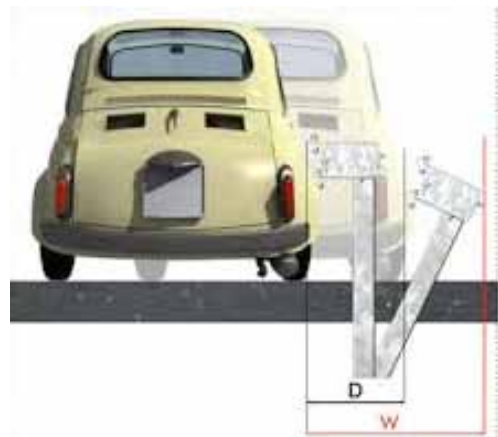
A terelőfalak az üzemi átjárókban többségében egy soron kerültek átvezetésre, végükön ikresítő elemmel (Y

elem) történik a csatlakozás az egy sorban kihelyezett elemekhez. Az alkalmazott ikresítő elemnek a folyópályán alkalmazott elemmel azonos anyagúnak és egyben a rendszerbe illeszkedőnek kellett lennie.

Azokon a szakaszokon, ahol az elválasztó sávban elhelyezett műtárgyak (portálok, hídpillérek) indokolták, a tervezett elemek rögzítésre kerültek a burkolathoz, műtárgyak esetén a sávalaphoz. A műtárgyaknál, illetve a portáloknál a beton terelőfalak feltartóztatási foka szintén H2, a hatástartományuk W1, mely azt jelenti, hogy az elem teljes elmozdulása (beleértve az elem szélességi méretét) a vasbeton elem ütközési síkjától maximum 0,6 m lehet. A szabvány szerint a hatástartomány W1-W8 között változhat, ahol W8 a 251-350 cm közötti tartományt jelenti



Y elem (BSS rendszer)



D: deflection dynamique – dinamikus elhajlás

W: working width – működési szélesség

Működési szélesség osztályozása

W1 1-60 cm

W2 61-80 cm

W3 81-100 cm

W4 101-130 cm

W5 131-170 cm

W6 171-210 cm

W7 210-250 cm

W8 251-350 cm

A visszatartó rendszer alakváltozási fokozatai, hatás fokozatok

Az elválasztósávban teljes hosszban elbontásra kerülnek az eredetileg kihelyezett vezetőkorlátok. A műtárgyak védelmei a jelenlegi vezetőkorlátok helyett külön szakági terv szerint átépítésre kerültek. Kivételt képez ez alól néhány műtárgy, ahol a hídszegélyre szerelt kétsoros vezetőkorlát megtartásával kellett a védelmet kialakítani.

A vakítás elleni védelem Netlon fénytörő háló korlátra/falra szerelésével, tüzihorganyzott acél tartószerkezettel került megvalósításra.

Részletekbe menően az M3 és M5 autópályákon a kivitelező a Ferrobeton Zrt. által gyártott BSS rendszer elemét építette be. A beépítésre kerülő, jellemző folyópálya elemek, a BSS DBA DM „KT 1” jelű közúti vasbeton terelő elemek, melyek a két soros elrendezésnek köszönhetően H4b feltartóztatási fokozattal bírnak. Ez az ajánlati felhívásban elvártaknál magasabb feltartóztatási fokozatot (igen emeltet) jelent, ami már egy szabványosan terhelt kamion megállítására alkalmas.

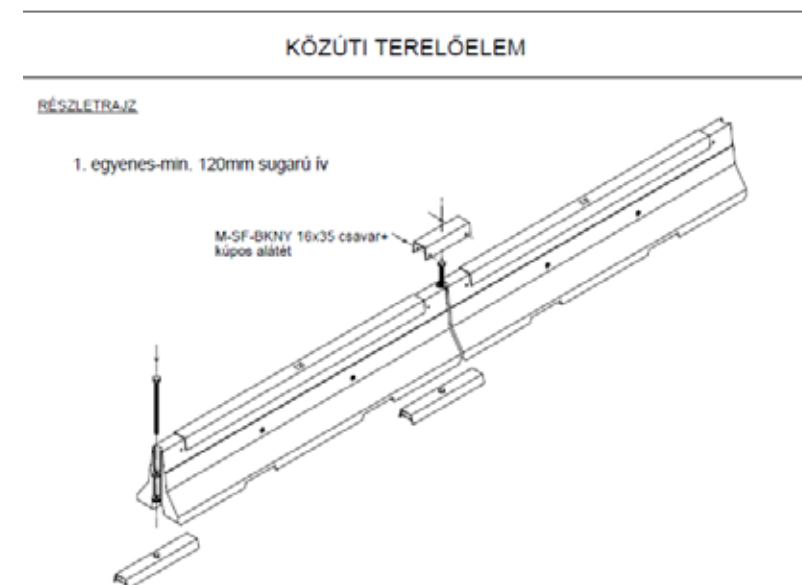
A rendszer kiépítése során kiegészítő elemek (kezdő vagy végelemek) biztosítják a meglévő acélszalag korláthoz történő kapcsolódást a szakaszhatárokon. Y elemek kapcsolják össze az üzemi átjárókban alkalmazott egysoros elrendezést az üzemi átjárón kívüli kétsoros elrendezésű szakaszokkal.

Ahol a két pálya magassági különbsége vagy íves vonalvezetése megkívánta, illetve a műtárgyak esetén a hídpillérek védelme érdekében a W1-es hatástartományi követelmények (max. 0,6 m elmozdulás) előírták, az elemek a burkolathoz, sávalaphoz rögzítésre kerültek.

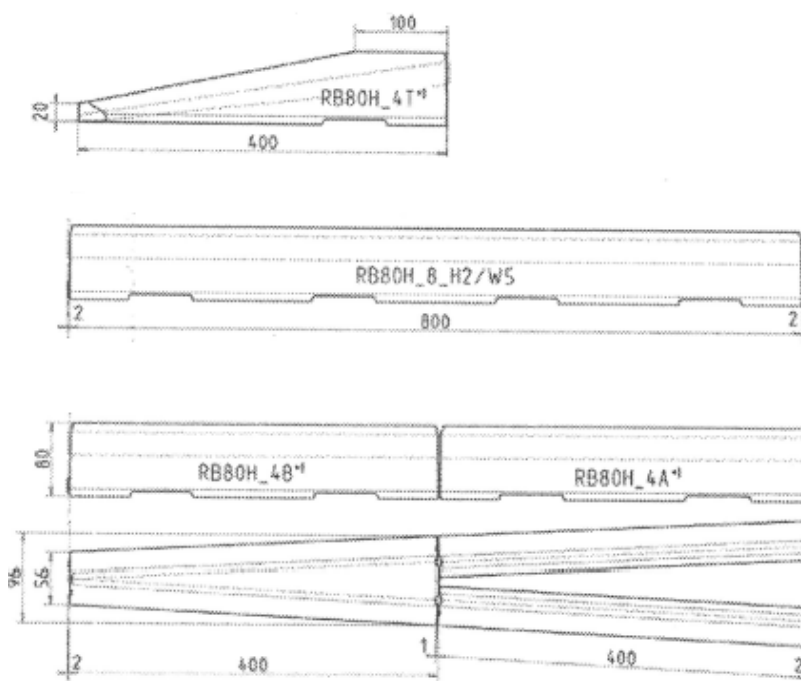
Az alábbi ábrán jól látható, hogy a 4 méteres elemek közti kapcsolatot egyrészt egy sín biztosítja, melyre az elemek ráülnek, ebbe a sínbe kerül becsavarásra az elemek végén található gyűrűkön átbújtatott csavar. A további kapcsolatot a két elem tetejére emelt „sapka” biztosítja, mely szintén az elemek végéhez csavaros kapcsolattal került rögzítésre. Ezen elemek az elemek közti kapcsolatot, erőátvitelt kétség kívül biztosítják, azonban így az összeszerelést, illetve szükség esetén az elemsor megbontását, lokális újbóli összeszerelését időigényessé teszik.

Az M7 autópályán az SW Umwelttechnik Magyarország Kft. által gyártott REBLOC rendszer, RB/80/8 H2W5 elemei kerülnek jellemzően beépítésre, mely elemek hossza 8 méter.

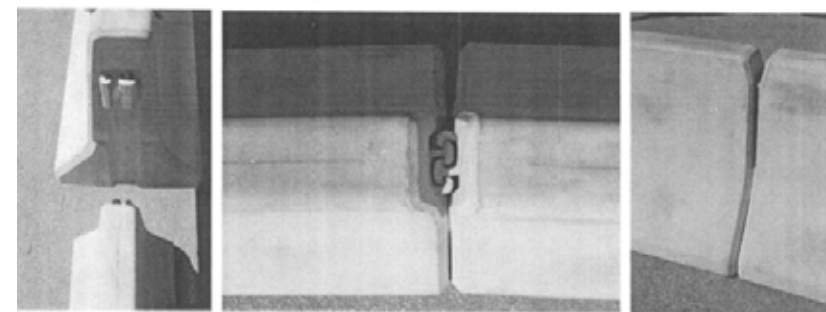
Az ábrán látható, hogy a kapcsolatot biztosító speciális elemek, „kuplungok” alkalmazásával nincs szükség pótalkatrészekre, ugyanis a rendszer így is képes teljesíteni a szabványban előírt követelményeket, ennek és a hosszának köszön-



BSS DBA DM „KT 1” jelű közúti vasbeton terelő elem



Végelem, folyópálya elem (8 méter), „Y” elem (REBLOC rendszer)



REBLOC RB/80/8 H2W5 vasbeton terelő elem (M7 autópálya)

hetően a telepítés gyorsabb, biztonságosabb, az elemek cseréje is egyszerűbb, így a karbantartási költségek is lényegesen kisebbek lehetnek, szemben az M3 és M5 autópályákon használt BSS rendszerrel.

Összefoglaló

A beruházás szükségességét a pályaelhagyásos balesetek megelőzése indokolta, továbbá az üzemeltetési költségeket is figyelembe véve kb. a 40 000 jármű/nap forgalom felett indokolt a beton terelőfal építése az elválasztósávban, az acél szalagkorláttal szemben. Ez Magyarország esetében Budapest mintegy 50 km-es körzetében minden gyorsforgalmi utat jelent, ezek alapján kerültek kiválasztásra a fenti szakaszok.

Továbbá az a tény is indokolta a fejlesztés megvalósításának szükségességét, hogy az amúgy már előregedett, meglévő szalagkorlátok beépítésekor még nem volt egységes európai szabvány érvényben, a minősítés nélküli szalagkorlátok töréscsúsztra nem voltak bevizsgálva, így visszatartási képességük még a beépítéskor is ismeretlen volt. A 2010 óta érvényben lévő e-ÚT 04.04.12. számú, a közúti visszatartó rendszerekről szóló útügyi műszaki előírás már tartalmazza, hogy a gyorsforgalmi utak elválasztó sávjában mindkét oldalon legalább H2 visszatartási fokozatú rendszert kell kiépíteni.

És nem utolsósorban a baleseti statisztika javulása mindenképp elvárható a beruházástól, számszerűsítve a baleseteket a Magyar Közút rendelkezésére az alábbi adatok állnak rendelkezésre Magyarországra vetítve:

2011 és 2012 években összesen 45 db elválasztó sávi korlátátszakításos baleset történt az akkori ÁAK hálózaton, ebből 6 volt halálos kimenetelű, míg 4 esetben súlyos, 8 esetben könnyű sérülést szenvedtek a résztvevők, és 27 esetben anyagi káros kimenetelű baleset történt. Az esetek jelentős részében a másik pályán haladó járművel frontális ütközés is történt, egyes esetekben előfordult, hogy az átszakított korlát „felfnyársalta” a sérült járművet. A beton terelőfal megépítésével ezen pályaelhagyásos balesetek száma gyakorlatilag nullára csökkenthető lett volna.

A Magyar Közút Nonprofit Zrt. kezelésben lévő gyorsforgalmi úthálózaton 2014-ben 27 olyan baleset történt, melyben egy jármű az elválasztó sávi szalagkorlátot átszakítva áttért az ellenkező irányú pályára. Ebből 2 halálos, 2 súlyos, 2 könnyű sérüléses volt. 2015. I. féléves adatok hasonló tendenciát mutatnak 14 balestből 1 halálos, 1 súlyos és 1 könnyű sérülés történt. Beton terelőfal megléte esetén ezek a balesetek szintén elkerülhetőek lettek volna.

Az M3 autópályán 2013-ban, 2014-ben és 2015 első félévében összesen 13 olyan baleset történt, melyben egy jármű az elválasztó sávi szalagkorlátot átszakítva áttért az ellenkező irányú pályára. Ebből 1 halálos, 1 súlyos, és 1 könnyű sérüléses volt. Ahol jelenleg a betonfal épül, ott 2013-ban két ízben is történt korlát átszakításos baleset (32-es és 33-as kilométerek), egyszer egy kamion, a másik balesetben pedig egy személygépjármű került az ellentétes oldalra, személyi sérülés egyik balesetben sem történt, ami a forgalomnagyság ismeretében hatalmas szerencse.

Az eddigi tapasztalatok azt mutatják, hogy a beépített a falak az elvártaknak megfelelően teljesítenek. (M0 autótúti déli szektorában és az M1-M7 autópálya közös fővárosi bevezető szakaszán).

A témában készült tanulmányok és a külföldi tapasztalatok megerősítik, hogy a nagy forgalmú útszakaszokon a hosszú távú üzemeltetési szempontokat figyelembe véve a vasbeton terelőfal építése a kedvezőbb megoldás a vezetőkorláttal szemben. Például a vezetőkorlátot annak sérülése esetén cserélni kell, míg a beton terelőfal esetén erre ritkán van szükség. A vezetőkorlát cseréje szinte minden esetben forgalomkorlátozással, így a forgalom zavarásával is jár. Ugyanígy forgalmi korlátozással jár a középső elválasztósávi növényzet gondozása (fűnyírás, sövényvágás), melyet csak a belső forgalmi sáv szakaszos lezárásával lehet végrehajtani.

Az Amerikai Egyesült Államok nem csekély méretű hálózata vizsgálgatva a különösen nagy forgalmú utakon, ahol nem aránytalanul széles az elválasztósáv (< 20 m) a beton terelőfal alkalmazása a leghatékonyabb, a cserélendő acél-szalag korlátok helyére legtöbb esetben szintén beton terelőelemet építenek csakúgy, mint az új gyorsforgalmi utakon. De ezt a tendenciát mutatják a hozzánk közelebb lévő európai példák, úgymint Belgium, Franciaország, Svájc is.



Üzemi étjáró az M3 autópályán



Elemek az M5 autópályán



M3 autópálya



SW Umwelttechnik Magyarország Kft. majosházai gyárüzem



Építés alatt (M3 és M7 autópályák)



M7 autópályára szállított elemek átvétele (SW Umwelttechnik Magyarország Kft.)

Közüti vasbeton szerkezetű hidak fenntartása – Országos vasbeton szerkezetű hídállomány összetétele és állapota 2015. évi OKA adatok alapján

Kovács Ákos



Innoteszt Kft.
Főtechnológus

Közüti hidak állapotának ismertetése Hídállományunk összetétele

Az országos közúti hálózaton - a Magyar Közút kezelésében a 2015. évi OKA adatok alapján - 7256 db híd található, mely nem tartalmazza a „koncessziós” beruházásban megvalósult, egyéb kezelők fenntartása alatt álló további 397 db műtárgyat, valamint az önkormányzatok, társulások

és egyéb gazdaságok fenntartásában lévő ~ 5700 db hidat sem. A közel tizenhárom ezres közúti hídállomány mellett ~ 3000 db vasúti híd, továbbá 2 m-nél kisebb nyílású át-eresz (28 389 db) is található.

Hídállomány jellemzése 2015. évi OKA adatok alapján

Az útkategóriánkénti elemzés azt mutatja, hogy a Magyar Közút kezelésében lévő hidak - felület szerint - 46%-a gyorsforgalmi utakon, 23%-a 1.-2. számjegyű utakon, 30%-a 3.-5. jelű utakon létesült.

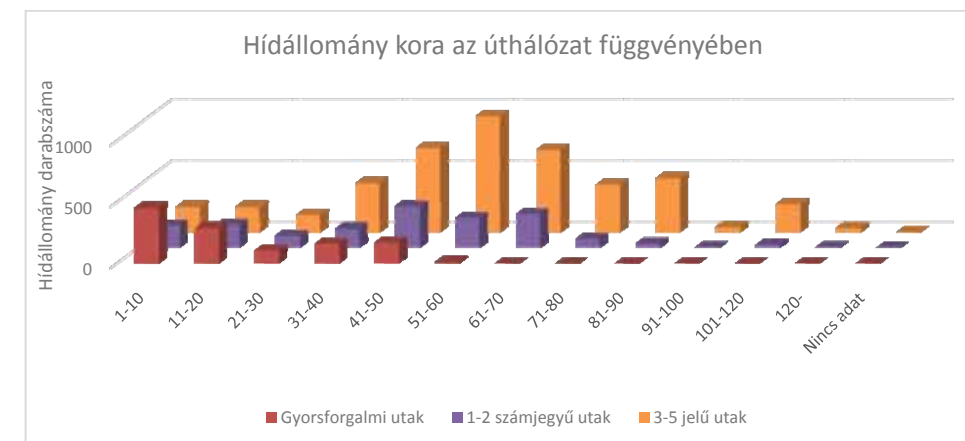
A hídállomány kor szerinti megoszlása az úthálózat függvényében (3. ábra) azt mutatja, hogy a teljes állomány 52%-a 50 évnél fiatalabb. Az 50 évnél fiatalabb hidak 31%-a gyorsforgalmi úthálózaton, 25,4%-a 1-2 számjegyű utakon, míg a 43,4%-a 3-5 jelű utakon található. Megfigyelhető tendencia, miszerint a gyorsforgalmi úthálózat hídállományának fejlődésével szemben az 1-2 számjegyű utak továbbá a 3-5 jelű utak hídállománya az utóbbi évtizedekben stagnálás, vagy enyhe csökkenés jeleit mutatják.

Hídállomány útkategóriánkénti megoszlása 2015. évi OKA adatok alapján						
Forgalmi kategóriák		Hídszám		Szerkezeti hossz		Pályafelület
db		%	[m]	%	[m ²]	%
1	Gyorsforgalmi utak	1200	17%	69210	40%	1014833
2	1.-2. számjegyű utak	1632	22%	38912	22%	503920
3	3.-5. jelű utak	4424	61%	64989	38%	663839
Összesen:		7256	100%	173111	100%	2182592

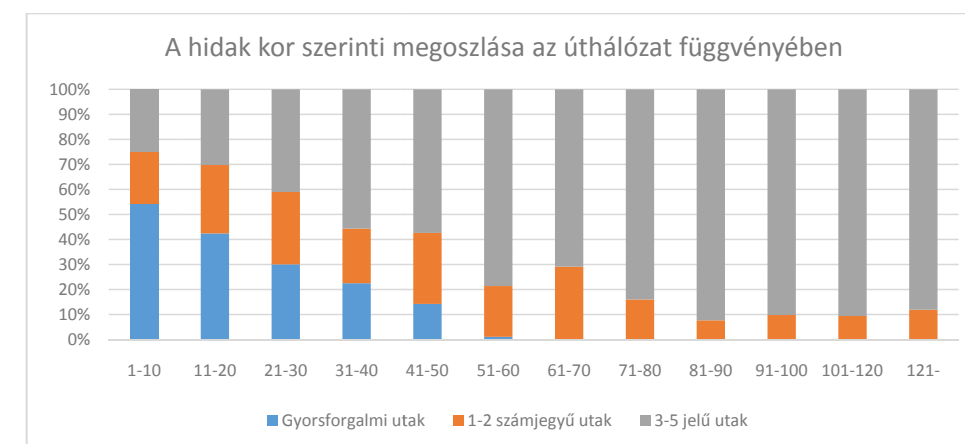
2. ábra: Hídállomány útkategóriánkénti megoszlása 2015. évi OKA adatok alapján

Hídállomány kora 2015. évi OKA adatok alapján								
Hidak kora [év]	Gyorsforgalmi utak		1-2 számjegyű utak		3-5 jelű utak		Összes [db]	
	db	%	db	%	db	%	db	%
1-10	456	38%	177	11%	209	5%	842	12%
11-20	293	24%	189	12%	209	5%	691	10%
21-30	104	9%	100	6%	142	3%	346	5%
31-40	163	14%	158	10%	403	9%	724	10%
41-50	171	14%	341	21%	689	16%	1201	17%
51-60	13	1%	245	15%	949	21%	1207	17%
61-70	0	-	277	17%	675	15%	952	13%
71-80	0	-	74	5%	388	9%	462	6%
81-90	0	-	37	2%	444	10%	481	7%
91-100	0	-	5	0%	46	1%	51	1%
101-120	0	-	24	1%	231	5%	255	4%
120-	0	-	5	0%	37	1%	42	1%
Nincs adat	0	-	0	0%	2	0%	2	0%
Összesen	1200	100%	1632	100%	4424	100%	7256	100%

3. ábra: Hídállomány kora 2015. évi OKA adatok alapján

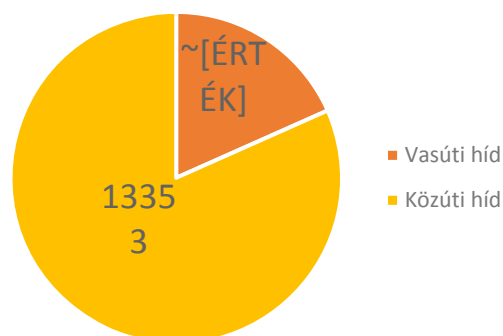


4. ábra: Hídállomány kora az úthálózat függvényében

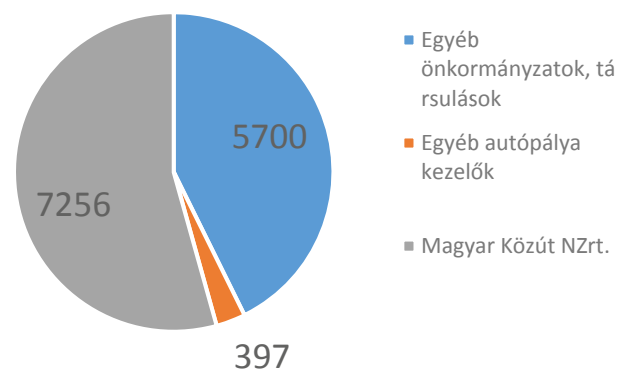


5. ábra: A hidak kor szerinti megoszlása az úthálózat függvényében -

Hídállományunk összetétele



Közüti hídállomány

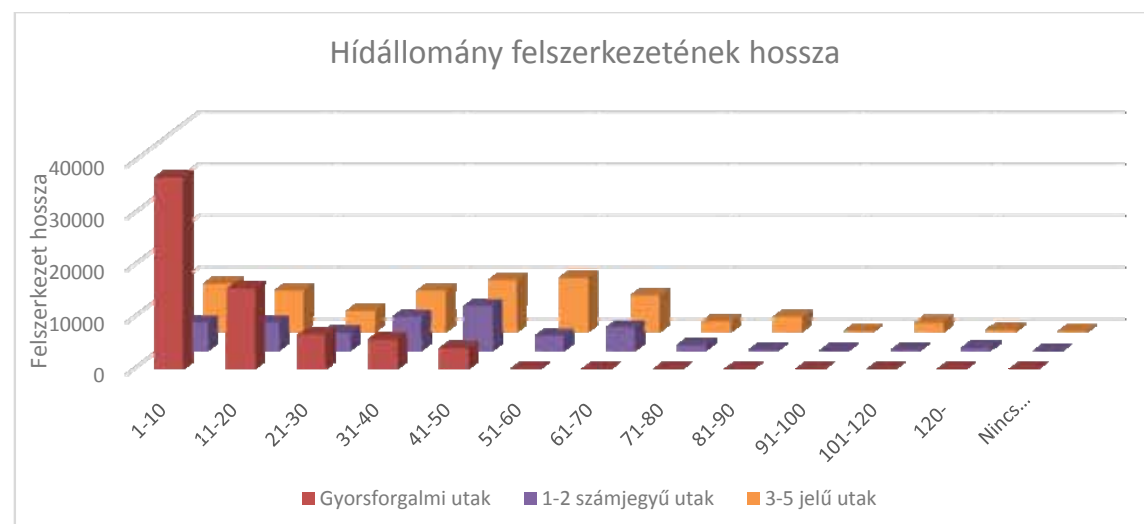


1. ábra: Hídállomány és a közúti hídállomány összetétele

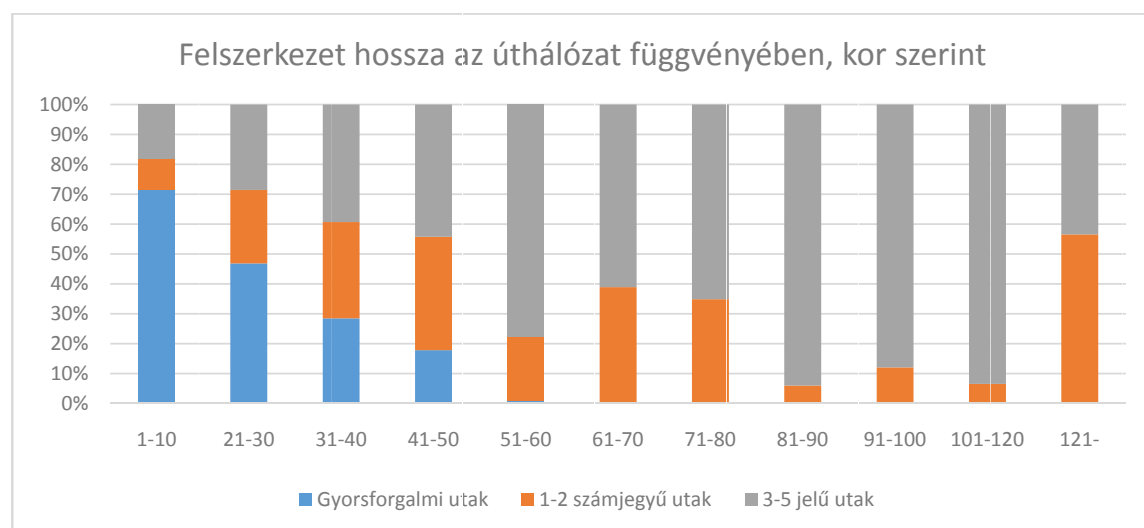
Hídállomány felszerkezetének hossza 2015. évi OKA adatok alapján

Hidak kora [év]	Gyorsforgalmi utak		1-2 számjegyű utak		3-5 jelű utak		Összes [db]	
	[m]	%	[m]	%	[m]	%	[m]	%
1-10	36954	53%	5426	14%	9395	14%	51775	30%
11-20	15617	23%	5379	14%	8039	12%	29035	17%
21-30	6624	10%	3470	9%	4042	6%	14136	8%
31-40	5807	8%	6564	17%	8015	12%	20386	12%
41-50	4065	6%	8632	22%	10067	15%	22764	13%
51-60	142	0%	2877	7%	10543	16%	13562	8%
61-70	0	-	4557	12%	7147	11%	11704	7%
71-80	0	-	1124	3%	2098	3%	3222	2%
81-90	0	-	187	0%	2920	4%	3107	2%
91-100	0	-	32	0%	233	0%	265	0%
101-120	0	-	135	0%	1931	3%	2066	1%
120-	0	-	525	1%	403	1%	928	1%
Nincs adat	0	-	0	0%	156	0%	156	0%
Összesen	69209	100%	38908	100%	64989	100%	173106	100%

6. ábra: Hídállomány felszerkezetének hossza 2015. évi OKA adatok alapján



7. ábra: Hídállomány felszerkezetének hossza

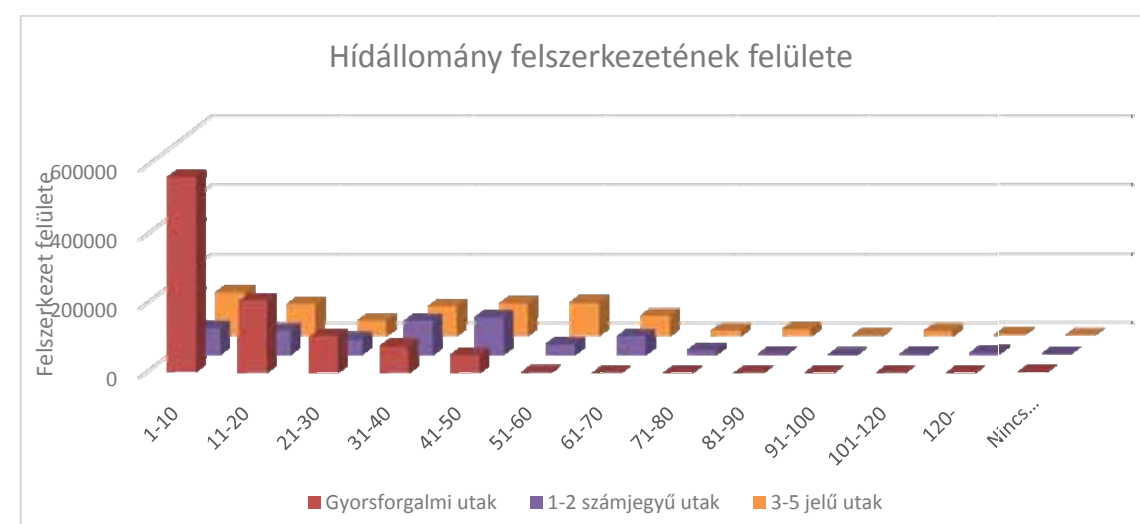


8. ábra: Felszerkezet hossza az úthálózat függvényében, kor szerint

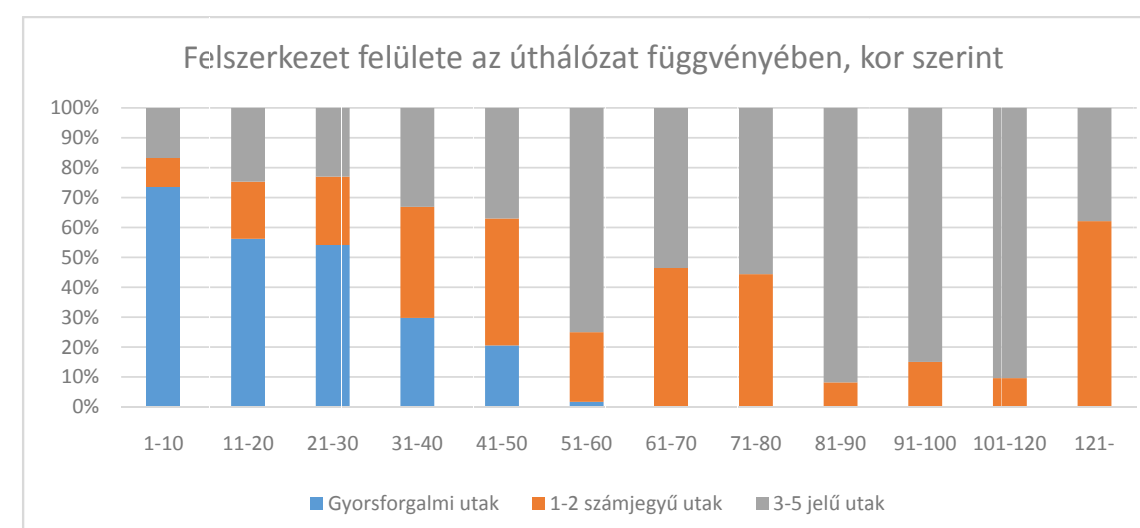
Hídállomány felszerkezetének felülete 2015. évi OKA adatok alapján

Hidak felülete	Gyorsforgalmi utak		1-2 számjegyű utak		3-5 jelű utak		Összes [db]	
	[m ²]	%	[m ²]	%	[m ²]	%	[m ²]	%
1-10	567749	56%	77040	15%	127382	19%	772171	35%
11-20	208602	21%	71036	14%	91533	14%	371171	17%
21-30	106034	10%	44745	9%	45064	7%	195843	9%
31-40	77609	8%	96812	19%	86293	13%	260714	12%
41-50	52631	5%	108611	22%	94749	14%	255991	12%
51-60	2208	0%	30322	6%	97755	15%	130285	6%
61-70	0	-	52413	10%	59803	9%	112216	5%
71-80	0	-	13464	3%	16857	3%	30321	1%
81-90	0	-	1950	0%	21880	3%	23830	1%
91-100	0	-	340	0%	1920	0%	2260	0%
101-120	0	-	1665	0%	15653	2%	17318	1%
120-	0	-	5522	1%	3368	1%	8890	0%
Nincs adat	0	-	0	0%	1582	0%	1582	0%
Összesen	1014833	100%	503920	100%	663839	100%	2182592	100%

9. ábra: Hídállomány felszerkezetének felülete 2015. évi OKA adatok alapján



10. ábra: Hídállomány felszerkezetének felülete



11. ábra: Felszerkezet felülete az úthálózat függvényében, kor szerint

Ha a hídállomány kor szerinti megoszlását a felszerkezet hosszának függvényében vizsgáljuk (6. ábra), az 50 évnél fiatalabb állomány felszerkezetének teljes hosszára vetítve a gyorsforgalmi úthálózat adja az állomány mintegy 50,1%-át. Az 1-2 számjegyű utak 21,3 %-ot, míg a 3-5 jelű utak a teljes felszerkezet hosszának 28,6 %-át adják. Ha a gyorsforgalmi úthálózat esetében megvizsgáljuk a 10 évnél fiatalabb hidak felszerkezetének hosszát, megállapítható, hogy az utóbbi 10 évben több mint kétszer hosszabb felszerkezetű hidak épültek, mint a 10 és 20 év közötti időszakban.

Ugyan ez a jelenség figyelhető meg a hídállomány felszerkezet felületének (9. ábra) vizsgálatakor is. Az 50 évnél fiatalabb hidak adják a teljes állomány 85%-át. Ezen állományon belül a gyorsforgalmi úthálózat 54,5 %-ot, az 1-2 számjegyű úthálózat 21,4 %-ot, míg a 3-5 jelű utak 24,1 %-ot foglalnak el. A 10 évnél fiatalabb és a 10 és 20 év közötti hidak felszerkezet felületének tekintetében a gyorsforgalmi úthálózat esetén ugyanaz a duplázódás figyelhető meg, mint a felszerkezet hosszának vizsgálatakor.

Az elemzésből többek között megállapítható (azon túl, hogy az utóbbi évtizedekben a gyorsforgalmi úthálózat fejlesztésén volt a hangsúly), hogy az utóbbi 10 évben a felszerkezet hosszának és felületének tekintetében az állomány nagyobb fejlődést mutat mint valaha az újonnan elérhető technológiáknak és a beruházói szándéknak köszönhetően.

Hídállomány állapotának bemutatása OKA adatok alapján

Az *alaptestek* 89 %-a az 1-2 állapotosztályba tartozik, azonban mivel eltakart szerkezetekről van szó, ez nehezíti a szerkezetek vizsgálatát.

A *hidfők* 61 %-a tartozik az 1-2 állapotosztályba. Az 1 és 20 év közötti hidaktól eltekintve az állomány 30 %-a 3. állapotosztályba tartozik.

A *szárnyfalak* 57 %-a tartozik az 1-2 állapotosztályba.

A 10 és 20 év közötti szerkezetek 18 %-a, az ennél idősebb szerkezetek 32 %-a 3 állapotosztályba tartozik.

A *pillérek* 70 %-a tartozik az 1-2 állapotosztályba, 21 %-a 3 állapotosztályba.

A *saruk és csuklók* 68 %-a az 1-2 állapotosztályba, míg a szerkezetek 23 %-a 3 állapotosztályba tartozik.

A *főtartók* 57 %-a tartozik az 1-2 állapotosztályba. A kor előre haladtával azonban a főtartók állapota rohamosan romlik. Míg a 20 évnél fiatalabb szerkezetek 90 %-a, addig az 50-60 év közötti szerkezetnek már csak az 52 %-a, a 90-100 év közötti szerkezeteknek 27 %-a tartozik az 1-2 állapotosztályba.

A *pályalemezek* 70 %-a az 1-2 állapotosztályba, 20 %-a 3 állapotosztályba tartozik, azonban itt is megfigyelhető a főtartó leromlásához hasonló tendencia.

A *szegély és gyalogjárda* a kor előre haladtával komoly állapotromlást mutatnak. Az állomálynak csak 46 %-a található meg az 1-2 állapotosztályban. Az 50 évnél idősebb hidak esetében ez már 30 % környékén van, annak ellenére, hogy ez a leggyakrabban felújított szerkezet.

A *szigetelés* 62 %-a az 1-2 állapotosztályba, míg 21 %-a 3 állapotosztályba tartozik.

A *pályaburkolatok* állapotleromlása nagyon hasonlít a szegélyek élettartamához. A burkolat 47 %-a található az 1-2 állapotosztályban. Az 50 évnél idősebb hidak esetében 35-40 % környékén van.

A *dilatációs szerkezetek* 57 %-a tartozik az 1-2 állapotosztályba, 23 %-a 3 állapotosztályba.

A *víznyelők* 58 %-a tartozik az 1-2 állapotosztályba.

A *korlátok* 50 %-a tartozik az 1-2 állapotosztályba és ezt az értéket már a 20 évnél idősebb hidak korlátjai is mutatják.

A *lépcsők surrantók* 50 %-a tartozik az 1-2 állapotosztályba, 23 %-a 3 állapotosztályba.

A lépcsőkhöz hasonlóan a *töltéslezárásoknak* is csak az 50 %-a tartozik az 1-2 állapotosztályba, míg 31 %-a 3 állapotosztályba.

Beszámoló a 6. Eurasphalt@Eurobitume Congressről

Soós Zoltán

PhD hallgató, BME Út és Vasútépítési Tanszék



Előzmények

A 2015. évi HAPA Fialat Mérnökök Fóruma – Dr. Palós Imre és Orbán Balázs levezető elnökök irányítása mellett – mintegy 19 szakmai előadást tartalmazó programot kínált a résztvevőknek. Az előadások tartalmát a szerzők cikk formájában Az Aszfalt XX. évfolyam, 2. számában (1. ábra) jelentették meg. -

A Fórum szakmai zsűrije, illetve a közönség által díjazott előadók számára a HAPA szakmai szempontból is értékes díjakat ajánlott fel. A közönségszavazás és harmadik helyezett előadó részvételt nyert a következő, 17. HAPA konferencián, a második helyezett részvételt nyert a HAPA soron következő külföldi tanulmányútjára, az első helyezett a HAPA vendégeként részvételt nyert az EAPA által rendezett 6. Eurasphalt @ Eurobitume Congress rendezvényen.



2. ábra: Az előadásom bevezető fóliái

A Fórum zsűrijének véleménye alapján „Cellulózrost alapú modifikáció hatása az aszfaltkeverék teljesítményére” című előadásom (2. ábra) első helyezést ért el.

A 6. Eurasphalt & Eurobitume Congress

Az egyetemen eltöltött néhány év alatt számos szakmai és tudományos konferencián, rendezvényen volt szerencsém részt venni itthon és külföldön egyaránt. Ezen rendezvények közül kijelenthetem, hogy a négyévente (1996-Strasbourg, 2000-Barcelona, 2004-Bécs, 2008-Koppenhága, 2012-Istanbul, 2016-Prága - 3. ábra) megrendezésre kerülő EE Congress az egyik – ha nem „a” – legszínvonalasabb, legjobban megszervezett és szakmai-tudományos szempontból a legértékesebb.

A kongresszus sikeressége legjobban „a számokkal” szemléltethető. Elsősorban meg kell említeni



1. ábra: „Az Aszfalt”; XX. évfolyam, 2. szám



3. ábra: Prague Congress Centre

a kongresszus szakmai értékét adó előadások, poszterek és cikkek statisztikáit. A kongresszus a hivatalos kiadványban mintegy 246 befogadott cikket közölt.

A három napos rendezvényen ezek közül összesen 48 témát felkért előadó szóban is prezentált, az előadások – az ún. keynote előadások kivételével – párhuzamosan szóltak a Congress Hallban és a North Hallban (3. ábra).

A témák széles szakmai spektrumot átfogva, az alábbi fő csoportokba sorolhatóak:

- Újrahasznosítás
- Aszfaltkeverékek teljesítménye és vizsgálatai
- Kötéanyagok teljesítménye és vizsgálatai
- Mérsékelt meleg aszfaltkeverékek
- Fenntartás és felújítás.

A Congress Centre 3. emeletén poszter-kiállítást szerveztek (4. ábra), ahol csak poszterrel, illetve a cikkek mellé poszterrel készülő szerzők kiállíthatták szakmai-kutatói



5. ábra: „Poster Session”



4. ábra: A Prágai Congress Centre alaprajza



6. ábra: AZ EE Congress hivatalos partnerei



7. ábra: Kiállítók

anyagaikat. A szerzők javarészt a szünetekben, néha előadások alatt is megtalálhatóak voltak a posztereik környékén, így értékes szakmai beszélgetésekre alkalmat teremtve.

Másodsorban említést kell tenni a kongresszus ipari résztvevőiről is. Több, jelentős nagyvállalat található a hivatalos partnerek listáján (6. ábra; alsó két sorban médiapartnerek), amelyek hozzájárulása nyilvánvalóan szükséges volt a rendezvény színvonalának megteremtéséhez.

A kongresszuson mintegy 60 ipari vállalat jelent meg pavilonjával, termékeivel, vizsgáló berendezéseivel, szóróanyagival (stb. - 7. ábra).

Hazai részvétel a konferencián

A konferencián való részvétel önmagában is hatalmas élmény volt, melyet – a kutatói pálya elején állva – nagyra értékeltem. Kollégákkal közösen azonban egy saját témával is készültünk a prágai rendezvényre, amelyet a szakmai bizottság befogadott, és, bár ez csak később derült ki, előadásra is felkértek. A kongresszuson való részvétel így nem csak élmény volt, hanem lehetőséggé is vált. A kutatásból készült cikk a hivatalos kiadványban megtalálható, az előadás első diáját a 8. ábra mutatja.

A Congress Hallban tartott előadásom a szerzőtársak szakmai tudásának köszönhetően véleményem szerint a szekció más előadásaival összemérhető tudományos és vizsgálati eszköztárra épült.

A kongresszus előadásai kiállításai, posztereik alapján kijelenthető, hogy a keverékek és kötőanyagok teljesítményalapú

vizsgálatai (pl. SPT, ITFT, triaxiális vizsgálatok, DSR, XRD, stb.) egyre nagyobb teret nyernek a teljesítményelvű vizsgálatokkal szemben a hétköznapi gyakorlatban is. Emellett az elméleti és diagnosztikai eszközök (pl. FWD, CT, georadar, mestergörbék használata) is egyre nagyobb mértékben hasznosulnak a hétköznapi gyakorlatban, nem csak kutatások során, hanem különböző technológiák és anyagok teljesítményre gyakorolt hatásának jobb kimutatása terén. Ezen módszerek, eszközök, lehetőségek megismerésének legjobb módja az ehhez hasonló nemzetközi rendezvényeken való részvétel.

Összefoglalás

A 6. Eurasphalt & Eurobitume Congress az egyik leg-rangosabb „utas” vagy inkább „aszfaltos” szakmai konferencia. Köszönet illeti a Magyar Aszfaltipari Egyesületet, és természetesen tagjait, a Fiatal Mérnökök Fórumára biztosított díjakért, amelyek a szakmailag egyébként is értékes Fórumnak egy különleges varázserőt adnak, illetve külön köszönet illeti Veress Tibort a gondos tervezésért, a lebonyolításért.

A fiatal kollégákat pedig – nyereségtől függetlenül – csak biztatni lehet arra, hogy munkájukat, ötleteiket megosztva részt vegyenek a Fiatal Mérnökök Fórumán, ezáltal hozzájárulva azon tapasztalatok megszerzéséhez, amelyek a szakmai-kutatói tevékenységük során elengedhetetlenül fontosak.



8. ábra: Az előadás első fóliája

Néhány – általam – hasznosnak vélt kiegészítő információ

- a hivatkozott Az Aszfalt lapszám elérhető online a http://hapa.hu/?page_id=573 oldalon, további lapszámok mellett.
- az EE Congress hivatalos weblapja: <http://www.eecongress2016.org/>

- a Kongresszuson elhangzott előadások megtekinthetők az alábbi oldalon: <http://www.eecongress2016.org/lectures-video.page>



7. ábra: Kiállítók



9. ábra: A „Mixture performance & testing” blokk előadói

Pillanatképek a Wirtgen tanulmányútról



Indulás a HAPA irodától



Útközben



Regensburg, vacsora előtt



A Wirtgen Központ bejárata



Terheléspróba a Vögele SUPER 1600 -3i finisheren



Egy kis továbbképzés...



Az oszcilláció érzékelteése a HAMM gyár továbbképzésén



HAMM nyúzó pálya távirányított hengerekkel

HAPA TAGVÁLLALATAI

Aszfalt Hungária Kft

H- 2225 Üllő
belterület hrsz 3753.

Budapest Közút Zrt.

H-1115 Budapest
Bánk bán u. 8-12.
Telefon: 1 464 8541

DÉLÚT Kft.

H-6750 Algyő
Kastélykert u. 171.
Pf: 4
Telefon/Fax: 62 517 727

Colas Hungária Zrt.

H-1113 Budapest
Bocskai út 73.
Telefon: 1 883-1000

Colas Út Zrt.

H-1113 Budapest
Bocskai út 73.
Telefon: 1 883 1800

Duna Aszfalt Út és Mélyépítő Kft.

H-6060 Tiszakécske
Béke u. 150.
Telefon: 06 76 540 060

Hazai Építőgép Társulás Kft.

H- 2225 Üllő
Mátyás király u. 33.

He-Do Kft.

H-3261 Pálosvörösmart
Hagyóka u. 1.
Telefon/Fax: 06 37 560 090

**KÖZGÉP Építő- és
Fémszerkezetgyártó Zrt.**

H- 1239 Budapest
Haraszti u. 44.
Telefon: 1 885-5430

MOL Nyrt

H-1117 Budapest
Október 23. u. 18.
Telefon:1 209 0000

OMV Hungária Ásványolaj Kft.

H-1117 Budapest
Október Huszonharmadika utca 6-10.
Telefon: 1 381-9700

Swietelsky Magyarország Kft.

H-1117 Budapest
Irinyi J. u. 4-20.
Telefon: 1889-6300

Útéppark Útépitő és Mélyépítő Kft.

H-8000 Székesfehérvár
Sóstói u. 7.
Telefon/Fax: 06 22 321 001

Vértes Aszfalt Kft.

H-2890 Tata
Barina u. 9.
Telefon:06 30 9921 537
Telefon: 06 34 309 219

PENTA Kft.

H-2100 Gödöllő
Kenyérgyártó út 1/E
Tel: 36 (28) 529-050

HAPA TÁRSULT TAGVÁLLALATAI

Amman Austria GmbH

Anzing 33
A-4113 St. Martin im Mühlkreis
Tel.: +43 7232 29944
Fax +43 7232 29944 24

AUMER Kft.

H-1112 Budapest, Reptéri út 2.
Telefon: 1 248 1931

BHG Bitumen Kft.

H-1117 Budapest
Gábor Dénes utca 2. Infopark D épület
Telefon: 1 358 5061
E-mail: bhg.huauholding.com

BME Út és Vasútépítési Tanszék

H-1111 Budapest
Műegyetem rkp. 3.
Telefon: 1 463 1151

Carmeuse Hungaria Kft.

H-7827 Beremend, Pf: 40
Telefon: 06 72 574 949

EuroAszfalt Kft

H - 2225 Üllő belterület 3753 hrsz.
Telefon: 06 29 522 200

INNOTESZT Kft.

H – 2225 Üllő, Zsarókahegy hrsz. 053/30.

INNOVIA Kft.

H- 2541 Lábatlan, Dunapart 1605/2 hrsz.

KONSTRUKTÍV Kft.

H-1165 Budapest, Nyílvesztő u. 24.
Telefon: (1) 291 5389

Magyar Közút Nonprofit Zártkörűen Működő Részvénytársaság

H-1024 Budapest Fényes Elek u. 7-13.
Telefon: 1 336-8600

Omya Hungaria**Mészkefeldolgozó Kft.**

H-3300 Eger, Lesrét út 71.
Telefon: 06 36 531-510

ÖKO-LOGIKA Kft.

H-1039 Budapest, Batthyány u. 35/A.

Profi-Bagger Kft.

H – 2051 Bátorbágy, Tormásirét u. 6.

Rec-Plus Kft.

H-3200 Gyöngyös, Felső-újvárosi út 2.
Telefon: 06 30 205 8490

Rettenmaier Austria GmbH & Co.KG

A-1230 Wien, Gesslgasse 7/1
Telefon: 43 1 886 0688

Tarnóca Kőbánya Kft.

H- 2045 Törökbálint, Torbágy u. 20.
Telefon: 23 332 074

TPA HU Kft.

H-1116 Budapest. Építész u. 40-44.
Telefon: 1 371-5701

ÚTLABOR Kft.

H- 9151 Abda, Bécsi út 15.

VIA-PONTIS Mérnöki Tanácsadó Kft.

H-2092 Budakeszi, Barackvirág u. 8.
Telefon: 23 457 283, 1 205 3645, 30 475 2842

Wirtgen Budapest Kft.

H-2363 Felsőpakony, Erdőalja u. 1.
Telefon: 29 517 300

Nem tagként**Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ**

H-1024 Budapest, Lövé ház u. 39.
Telefon: 1 3368 210



ASZFALT HUNGÁRIA KFT.
KÖZPONT: 2225 ÜLLŐ, BELTERÜLET, 3753 HRSZ.
ELÉRHETŐSÉG: TEL: 0036 29 522 200.

TELEPHELYEINK:

5561 Békésszentandrás, 0247/9-11 hrsz.
4029 Debrecen, Mikepércsi út 0530/27 hrsz
4900 Fehérgyarmat, 0134/7 hrsz (mobil keverő)*
6922 Földeák, 0177/77 hrsz.
2462 Martonvásár, 0152/1 hrsz
8800 Nagykanizsa, 0632 hrsz.
7100 Szekszárd, Palánki út 41.
2225 Üllő, Zsarókahegy 053/30 hrsz

*A mobil keverő az ország egész területére öt napon belül eljuttatható.

