

Az Aszfalt

A Magyar Aszfalttípari Egyesülés

hőpa

hivatalos lapja

XXVII. ÉVFOLYAM 2020/1. szám



Asphalt 100% recyclable



Az aszfalt 100%-ban
újrahasznosítható

Bitumentartály levegőszűrés
a svéd Absolent Group-tól

Szűrje ki a bitumentartályokból
távozó gázokat, lebegő szilárd
szennyező részecskéket
és szagokat hatékonyan,
új technológiánkkal!

Pure Air Kft.

www.pure-air.hu

Részletek a belső borítón.

2020
május



Gáz-, részecske-leválasztás és szagtalanítás bitumentartályoknál

A bitumentartályok folyamatosan gázokat, szagokat és szilárd szennyező részecskéket bocsátanak ki lélegzőnyílásaikon keresztül az atmoszférába. E kibocsátás feltöltéskor és leürítéskor fokozódik.

A felelős üzemeltetőknek fontos, hogy ne veszélyeztesse működési engedélyüket sem a szomszédságukban lévő szagokkal kapcsolatos panasza, sem a kibocsátási határértékek esetleges túllépése.

Az Absolent Group szűrési megoldása hatékonyan távolítja el a bitumentartályokból kilépő gázokat, szennyező szilárd részecskéket és szagokat. Három egyedi szűrési technológia (üvegszál, ózon és aktív szén) előnyeit ötvöztük a maximális szűrési hatékonyság és szagtalanítás érdekében.

Az Absolent Group új műszaki megoldása biztosítja, hogy a bitumentartályokból kilépő levegő tiszta és szagtalan legyen és mindenben megfeleljen a kibocsátási előírásoknak.

Forgalmazó:
Pure Air Kft.
www.pure-air.hu
+36-30-330-3171

Küldetésünk a tiszta levegő.



SZAGTALANÍTÁS



ILLÉKONY SZERVES VEGYÜLETEK
(VOC) LEVÁLASZTÁSA



SZILÁRD SZENNYEZŐ RÉSZECSKÉK
(PM) LEVÁLASZTÁSA



A Magyar aszfaltipari Egyesülés (HAPA) hivatalos szakmai lapja.

Szerkesztőség:

Magyar Aszfaltipari Egyesülés
H-1119, Budapest Etele u. 59–61.
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

Thoroczkay Zsolt – Útkeresés a közúti ágazatot érő kihívásokra: „Fenntart-hatóság”	4
Szilvai József Attila – Az országos közúthálózat felújításának irányai	8
Roszik Gábor – Beszámoló a 3. Pavement Design Workshop-ról	11
dr. Primusz Péter – Dr. Tóth Csaba – Az egyedi pályaszerkezet-méretezés-ben rejlő gyakorlati előnyök	13
Dr. Törőcsik Frigyes – Tények és gondolatok az útburkolatok tervezéséhez	20
Purgel Ferenc Attila – Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek tervezésének Megrendelői szempontjai és a tervezéshez kapcsolódó követelmények újdonságai	23
Dr. Geiger András – Király Ákos – „MOL Gumibitumen”-es útépítési tapasztalatok Tatárszéken	27
Dr. Almássy Kornél – A hazai, GmB kötőanyagú útpályaszerkezeti rétegek komplex viselkedési értékelése	32
Karoliny Márton – Anyag, szerkezet, tönkremenetel avagy hogyan lehet a méretezési számításokat a technológia fejlesztésben felhasználni	40
Szvboda Krisztián – Pályaszerkezetben ébredő igénybevételek vizsgálata burkolatba építhető szenzorokkal a Dunaharaszti próbaszakaszon	47
Eng. Lorenzo Sangalli – 100% visszanyert aszfalt és ökológiailag fenntartható technológiák az útépítő ipar számára	53
Markus Spiegl – Aszfalt újrahasznosítása – Tapasztalat az OMV Starfalt®PmB 45/80 RC-vel Ausztráliában és a Cseh Köztársaságban	65
Philippe Chifflet – A pályaszerkezet tervezése az élettartam értékelésével összefüggésben, valamint az újrahasznosított termékek aszfaltgyártásban történő felhasználásával kapcsolatos tapasztalatok	74
Jiri Fiedler – Jegyzetek az az aszfaltkeverékek tulajdonságairól és a burkolat-tervezésről	77

Tisztelt Kollégák!

Utoljára 2009-ben gyártottunk ennyi aszfaltot, mit 2019-ben, és 1981 óta összesen három évben sikerült ilyen szép teljesítményt elérnie a szakmánknak. Ez a szép eredmény a HAPA számára is örömteli, hiszen mi a tagjaink által fizetett tagdíjakból élünk, és az Önök jó teljesítménye a mi bevételeinkre is jó hatással lehet. Gratulálunk minden tagunknak és nem tagunknak, és hasonló sikeres évet kívánunk erre az ideire is.

Mi magunk is sikeresnek mondhatjuk az elmúlt évet, mert minden megígért szolgáltatásunkat be sikerült tartanunk. Két tanulmányutunk kifejezetten sikeres volt, Olaszországban a MASSENZA cégnél, Németországban pedig a Wirtgen Cleemann és Benninghoven gyáraiban ismerkedtünk meg a gyártási folyamatokkal, és a termékekkel.

A Konferenciáink jól szolgálták céljainkat. Az újságunk nem csak papír alapon, de a honlapunkon is megtekinthető.

Két új társult tagot köszönhetünk sorainkban, a

HUNTRACO és az STA ASZFALT-TECH cégeket.

Szerencsésnek mondhatjuk magunkat, hogy még a Koronavírus magyarországi megjelenése előtt sikerült megtartani a 21. Nemzetközi konferenciánkat. Nem sorolom az előadókat, mert egy teljes oldalon bemutatjuk a fényképeiket. Jó visszajelzéseket kaptunk, de ismerjük az elkövetett hibáinkat is. A következő alkalommal kevesebb előadóval, és a szekciók végén kérdés, és vita lehetőségével fogjuk összeállítani a programot. Szigorúbbak leszünk az időt túllépő előadókval szemben is, hogy ne boruljon fel az időbeosztásunk.

Az is reméljük, hogy a Fiatal Mérnökök Fórumának idejére már feloldják a korlátozásokat, és megtarthatjuk azt. (Invitáló a lapban)

Szomorú viszont, hogy a legnagyobb szakmai rendezvényünk a Madridba tervezett E&E Kongresszust a szervezők kénytelenek voltak lemondani, illetve egy évvel elhalasztani. A módosított dátum 2021 június 16-18. Remélem, ez az egy év csúszás a mi Budapesti pályázatunkat 2024-re nem befolyásolja...

Veress Tibor, igazgató HAPA

Útkeresés a közúti ágazatot érő kihívásokra: „FENNTARTHATÓSÁG”

A 2020. február 18-án elhangzott előadás összefoglalása

Thoroczkay Zsolt



főosztályvezető
ITM

2. Fenntarthatósági célterületek

A jelenkor kihívása a FENNTARTHATÓSÁG, amely területen a közúti ágazat lemaradt az ágazatok közötti versenyben. Ez a versenyhátrány pillanatnyilag még – a jelentős állami megrendelés-állománynak köszönhetően – nem érzékelhető. De a jövőben nehézségeket okozhat a kivitelezési munkák elvégzésében, a tervek engedélyeztetésében, a beruházási források megszerzésében, ha nem sikerül előrelépni ezen a területen.

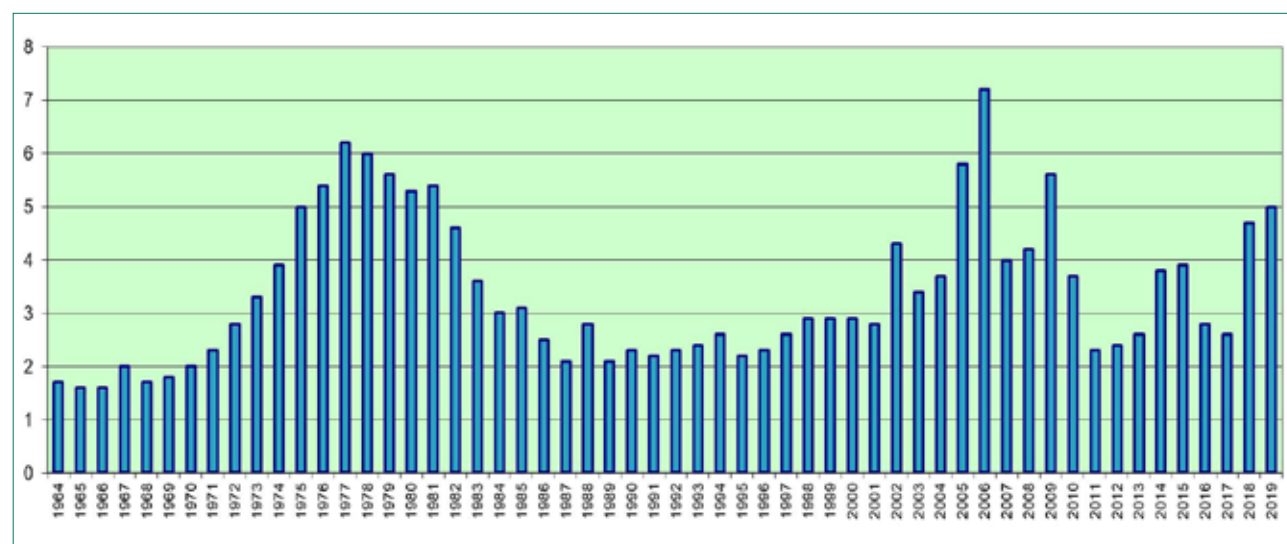
A közúti szektor egészére elmondható, hogy egy tradicionális ágazat, amely a környezete számára jelentős terhelést okoz. Mind a gyártási folyamatot tekintve, mind az építés során, mind pedig az üzemeltetési időszakban. (Ehhez hozzátartozik a közutakon bonyolódó forgalom által okozott környezetterhelés is.)

Az első csoportba tartoznak a „**Gépjárműközlekedés emissziójának csökkentése**” céljából tett intézkedések. Az E-mobilitás témaköréből leginkább az áramszedős kamionok emelhetők ki, amelyek infrastruktúrájának megteremtése valószínűleg csak állami támogatással lesz lehetséges. Az ezzel kapcsolatos vizsgálatok Magyarországon is megkezdődtek. A NIF Zrt. 2020. első felében két helyszínen vizsgálja egy pilot projekt megvalósításának feltételrendszerét. Ezen kívül az emisszió csökkentése „okos megoldások”-kal és adminisztratív intézkedésekkel lehetséges.

A második csoportba tartoznak a „**Másodlagos hasznosítás területei az útépítésben**” – széleskörű szakirodalommal rendelkező – témakörök. Szükséges kiemelni a 2005-ben kiadott *Másodlagos nyersanyagok az útépítésben* című szak-

1. Bevezető gondolatok

A mögöttünk hagyott 2019-es esztendő a közúti ágazat számára nagy kihívásokat, jelentős sikereket és sok tekintetben rekordokat hozott. Akkor, amikor az ország útépitő kapacitása egész évben teljes kihasználtsággal dübörgött, kevesebb figyelem jutott olyan kérdésekre, amelyek a jövőnk szempontjából meghatározók lehetnek. Ilyen kérdés a FENNTARTHATÓSÁG. Az egyre környezettudatosabbá váló társadalmunkban a 2020-as évek elején megfelelő szakmai válaszokat kell tudni adnunk a klímapolitikai kihívásokra, az erőforrások hatékonyabb felhasználására és általában minden olyan kérdésre, amely a szűkebben vagy tágabban értelmezett életterünk megóvása érdekében merül fel.



Aszfaltgyártás Magyarországon 1964-2019.
[Adatforrás: HAPA]

CÉLTERÜLETEK

- E-mobilitás
- Emisszió csökkentése
- Forgalomcsökkentés

- Újrahasználat
- Újrahasznosítás
- Hulladékhasznosítás
- Hulladéktalmentesítés

- Zöld aszfalt
- Szállítás racionalizálása

MEGOLDÁSOK

- Áramszedős kamionok
- SMART megoldások alkalmazása
- Forgalomszervezés, védett övezetek

- Nem jellemző a közúti ágazatban
- Martaszfalt, betontörmelék
- Gumiörlemény, törtüveg, műanyag
- Pl.: Metallochemia és M6 bevezető projekt

- LEA, WMA
- Termó jármű, keverő berendezés

Fenntarthatósági célterületek a közúti ágazatban (az infrastruktúra oldaláról)

könyvet, amely a mai napig sem veszített újszerűségéből és aktualitásából. Az „újrahasználat” és „újrahasznosítás”, illetve az „újrahasznosítás” és „hulladékhasznosítás” kategóriák között a határok nem élesek, azok átjárhatók. A lényeg, hogy valamennyi olyan anyag rendszerezhető a kategóriák között, amely az útépítés számára másodlagos nyersanyagként szóba kerülhet. Függetlenül attól, hogy ezek az anyagok az útépitőiparból (martszfalt), a magasépítő iparból (törtbeton), a bányászatból (bányameddő), a kohászatból (kohósalak) vagy más területről (gumiörlemény, törtüveg, műanyag) származnak.

A harmadik csoportba tartoznak a „**Energiafelhasználás csökkentése**” szempontjából kiemelhető célterületek. A leghatékonyabb megoldás, ha már a gyártás során kevesebb energiafelhasználással kerülnek előállításra az útépités alapanyagai. De a szállítás racionalizálásával is előrébb

lehet lépni a „zöldítés” terén. A szállítási távolságok csökkentése mellett korszerű szállítójárművek alkalmazásával is lehetséges az előrelépés a jövőben.

3. A „Fenntarthatósági mutató” elmélete

Az, hogy 2005. óta, az elmúlt másfél évtizedben jelentős előrelépés nem történt a másodlagos nyersanyagok felhasználásának területén az útépitőiparban, gazdasági okokra vezethető vissza. A közúti adminisztráció szabályozási rendszere és finanszírozása, valamint a környezetvédelmi terület forrásai nem voltak átjárhatók. A másodlagos nyersanyagok felhasználására csak akkor kerülhetett (volna) sor, ha azok alkalmazása a beruházásokat nem drágítja, illetve a vállalkozó kivitelező nyereségét nem csökkenti.



A „Fenntarthatósági mutató” alapelemei

TOVÁBBI CÉLTERÜLETEK

- Zöldfelület növelése

- Élettartam meghosszabbítása

- Vízvisszatartás

TOVÁBBI MEGOLDÁSOK

- Rézsű „többszintűsítése”
- Zajvédő erdősáv
- Hóvédő erdősáv

- Szabályozási környezet megújítása
- Minőségügyi ellenőrzés erősítése
- Üzemeltetés hangsúlya
- Fenntartási technológiák alkalmazása

- Kazettás szikkasztórendszer kialakítása
- Burkolt felület csökkentése

További fenntarthatósági célterületek a közúti ágazatban (az infrastruktúra oldaláról)

Az nagyjából ismert, hogy az útépités területén mit lehet és mit kellene tenni az ágazat „zöldítése” érdekében. De az ehhez szükséges szabályozási környezet és finanszírozási háttér eddig nem alakult ki. A megrendelői oldal egyik eszköze a közbeszerzési kiírások átalakítása, a kiírásokon keresztül olyan követelmények megfogalmazásával, amelyek összhangban vannak a klímapolitikai célok teljesítésével és hozzájárulnak a fenntartható fejlődéshez. Amíg nem rögzíti a közbeszerzési kiírás, hogy az útépitési munkaterületről nem lehet kikerülő anyag, addig a vállalkozó kivitelező a keverőtelepeken a szükséges gyártóművi fejlesztést nem fogja megtenni. Addig viszont a martaszfalt felhasználásban továbbra is a „nyugati” és „északi” országok mögött lesz Magyarország.

Másik lehetőség, hogy nem minimumkövetelményként kerülnek meghatározásra az egyes „zöldítő” intézkedések, hanem a versenyeztetés részévé válnak. Vagyis értékelési szemponttá lehet tenni az egyes ajánlatok környezetterhelés-csökkentési értékét. Bármelyik irányban is lenne az elmozdulás, mindenképpen szükséges a különböző fenntarthatósági célterületek egymással való összevethetőségének megteremtése, mérőszám alkalmazásával. A „Fenntarthatósági mutató” egyszerre lehetne egy kiírásban meghatározott minimumérték vagy egy vállalkozó kivitelező által az ajánlatban vállalt teljesítési érték. A lényeg, hogy ennek eléréséhez több eszköz áll rendelkezésre, és ezek optimalizálásával lehetne a környezet tényleges terhelését csökkenteni.

4. További fenntarthatósági célterületek

Természetesen a fenntarthatósági célterületek más csoportosításban is szerepeltethetők. Illetve vannak az előzőekben bemutatott célterületeken kívül mások is, amelyek a közúti ágazat egészének „zöldítéséhez” hozzájárulhatnak.

A „Zöldfelület növelése” elérhető a korábbi gyakorlat szerint burkolt felületek jövőbeli csökkentésével (ez talán kevésbé lehet jellemző az útépitési gyakorlatban), a területigénybevétel minimalizálásával. Lehetőségként adódik egyes műszaki létesítmények részbeni kiváltása is

természetközeli megoldások alkalmazásával (zajvédő erdősáv, hóvédő erdősáv). A zöldfelületek intenzifikálása is eszköz lehet: a füvesített rézsű és csomóponti közrezárt területek helyett, cserjével – esetleg fával – beültetett (többszintű) zöldfelületek létrehozása.

Az „Élettartam meghosszabbítása” egyszerre gazdasági és fenntarthatósági kérdés. Az ügyi adminisztráció oldaláról sok évre visszatekintő szándék, amely területen több-kevesebb előrelépést sikerült elérni. Nem az előírások szigorítása az elsődleges cél, hanem a betartható szabályozási környezet megteremtése. A szükséges felkészülési időt követően lehet a minőségügyi ellenőrzést erősíteni az állami oldal részéről.

A „Vízvisszatartás” új megvilágításba helyezi az útterületre eső csapadék elvezetését. Korábbi szemlélet alapján a vizeket össze kellett gyűjteni az útterület egészéről és idegen területek érintése nélkül vízelvezető rendszerbe terelve – sokszor burkolt felületek képzésével – a lehető leggyorsabb úton elvezetni egy közeli befogadóba. A jövőben – az időjárás-változásból adódó kihívásokra válaszul – nem a víz elvezetése az elsődleges szempont, hanem a lehulló csapadék megtartása, tárolása, a lefolyás késleltetése. Az új szemlélet érinti az ügyi műszaki előírásokat, a hatósági gyakorlatot és az érintett szervek részéről – a korábbiaknál – szorosabb együttműködést követel meg.

5. Összegzés

A 2020. év egyik kiemelt témája kell legyen a FENNTARTHATÓSÁG. Vannak már részeredmények ezen a területen is. Ezek közül ki kell emelni, hogy a MAÚT Magyar Út- és Vasúti Társaság Kutatási és Innovációs Bizottságán belül 2018-ban megalakult a Környezetvédelmi Albizottság. A NIF Zrt. 2019 őszén egy vizsgálat elkészítését kezdte meg „Bontott anyagok újrahasznosítása az útépitési projekteken” címmel. Az MK NZrt. pedig a 2020. első felében a jogszabályi környezetet tekinti át annak érdekében, hogy a szakmai előrelépésnek szabályozási gátja ne legyen a jövőben.

Tisztelt Cégvezető Kollégák, HAPA tagok, Fiatal Mérnökök!

Tizennegyedik alkalommal invitáljuk, pályakezdő kollégáinkat a HAPA

Fiatal Mérnökök Fórumára 2020. október 27.-én kedden,

a Hotel Holiday Inn (2040 Budaörs Rubik Ernő u. 2),
konferencia termébe.

A fórum ezúttal is a közeli és távolabbi jövőt meghatározó szakmai megoldások, illetve tapasztalatok megosztásáról szól majd.

Eredeti célkitűzésünk nem változott! Prezentációs lehetőséget kívánunk biztosítani a frissen, vagy néhány éve végzett, 35 évnél fiatalabb mérnökök, szakemberek számára.

Az előadók között, a felkért szakmai zsűri döntése alapján három, a közönség szavazata alapján pedig egy díjat adunk ki, amelyek jellemzően szakmai tanulmányutat, vagy hasonló rendezvényen való térítés mentes részvételt jelentenek.

**Jelentkezés, érdeklődés esetén kérem hívja
a +36309362743 telefonszámot,
vagy írjon a veress@hapa.hu e-mail címre.**

Üdvözléssel:

Veress Tibor, igazgató

Magyar Aszfaltipari Egyesülés

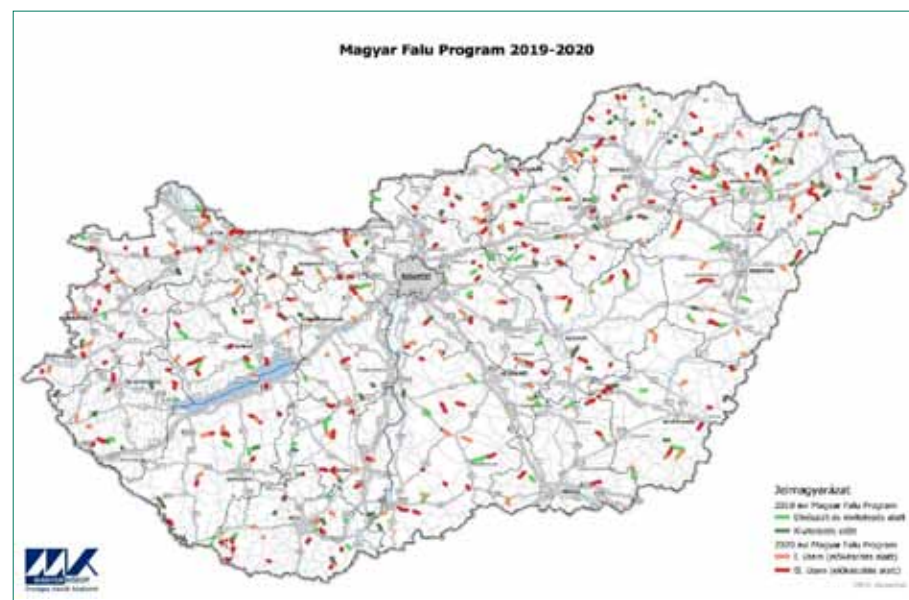
Az országos közúthálózat felújításának irányai

Szilvai József Attila



vezérigazgató
Magyar Közút NZrt.

Ahhoz, hogy az országos közúthálózatunk minden igényt kielégítsen szükséges és fontos a teljes hálózatban gondolkodás, mely érinti a gyorsforgalmi, a főút- és a mellékúthálózaton túl a hazai hidakat is. Ehhez törekedni kell az állandó nagyságrendű felújítások megfelelő forrásbiztosítására, idén a magyar közúthálózat felújítására a korábbi évekhez hasonlóan továbbra is hazai és Európai Unió források állnak rendelkezésre. Idén 5 nagy felújítási program folytatódik: a Komplex Útfelújítási Program, az Európai Unió forrásból megvalósuló Terület- és Településfejlesztés Operatív Program (TOP), az M1-es autópálya helyreállítása, a Magyar Falu Program, továbbá a Közép-Duna menti térségben tervezett országos közúti felújítások és a pinchelyi Kapos-híd átépítése (Paks II).



1. ábra A folyamatban lévő 2019. évi Magyar Falu Útfelújítási Program projektelemei és az előkészítés alatt lévő 2020. évi program tervezett útszakaszai

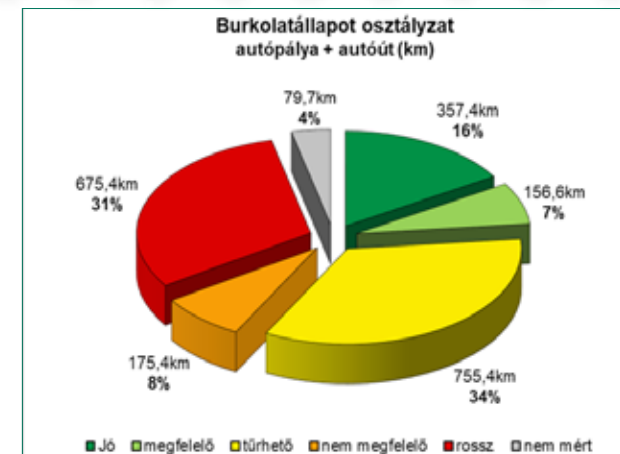
A Komplex Útfelújítási Program részeként 2018–2020 közötti időszakban 376 projektelem valósul meg 122 Mrd Ft értékben, mely tartalmazza 363 útszakasz burkolatfelújítását 901,65 km hosszban és 13 önálló híd-felújítást/hidrekonstrukciót. A Terület- és Településfejlesztés Operatív Program részeként 2018–2020 közötti időszakban 183 projektelem valósul meg 55 Mrd Ft értékben, melynek része 182 útszakasz burkolatfelújítása 512 km hosszban és egy híd önálló felújítása is. A 2019 márciusában elkezdett M1-es autópálya M0–Tatabánya közötti szakaszának helyreállítása az idei év végén fejeződhet be, a felújítás 51,7 km hosszban valósul meg 24,7 Mrd Ft értékben. A 2019. évi Magyar Falu Programban 2020 év végéig 165 projektelem valósul meg 437,53 km hosszban 50 Mrd Ft értékben. Ebből 75 db útszakasz burkolat felújítása 2019-ben elkészült 201,44 km hosszban 23,01 Mrd Ft értékben. Megkezdődött a 2020 évi Magyar Falu Program előkészítése is, amely keretében további 50 Mrd Ft értékű burkolat felújítása valósulhat meg. 2019. augusztusában megkezdődött a „Paks II” program előkészítése is. A program részeként 2021. év végéig 7 db projektelem valósul meg 13,189 Mrd Ft értékben, köztük 6 db útszakasz burkolat felújítása 76,79 km hosszban és egy önálló híd felújítása is.

Elképzelte jövő

A jelenleg zajló felújításokon túl az országos közúthálózat minden hálózati elemére vonatkozóan közép- és távú felújítási program megindítása is szükséges. A gyorsforgalmi úthálózat esetében az utaink többsége megfelelő állapotú, azonban vannak olyan szakaszok, melyek azonnali beavatkozást követelnek meg.

Gyorsforgalmi úthálózat számokban

Hálózati hossz 2200 főpálya és 478 km egyéb gyorsforgalmi elem (pihenők, fel- és lehajtó ágak, csomóponti ágak)
Felújítási ciklusidő 15 év
Évenként felújítandó hossz 147 főpálya és 32 km egyéb gyorsforgalmi elem
Felújítási hiány a főpályán 698 km, az egyéb gyorsforgalmi elemeken 154 km
Rossz burkolat állapotú hálózat 675 km a főpályán és 148 km a gyorsforgalmi elemeken
Felújítási hiány ledolgozható 5 év alatt



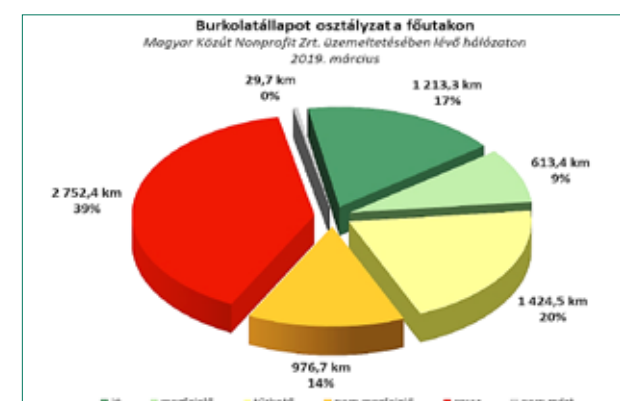
A felújítási program célja a gyorsforgalmi hálózat teljesítő képességének stabilizálása, a gazdaság hatékony működéséhez szükséges közlekedési infrastruktúra biztosítása, a nemzetközi szállítási útvonalakon elvárt egységes szakmai, műszaki szolgáltatási színvonal megteremtése. Az autópályák és gyorsforgalmi utak a legmagasabb besorolású közutak, melyek nagyszámú gépjármű közlekedését biztosítják. Ezek a kiemelt közlekedési útvonalak meghatározó szerepet játszanak az ország gazdasági életében, az ipari, mezőgazdasági, kereskedelmi tevékenység működésében, fejlődésében.

A gyorsforgalmi úthálózat állapotának leromlása nagy kockázatot jelent az ország gazdasági teljesítő képességére. Az M1-es autópálya Budapest-Tatabánya közti szakaszán 2018-ban kialakult rendkívüli tönkremenetel jól demonstrálja a felújítási elmaradások következményeit. A szükséges sávlezárások, sebességkorlátozások bevezetése komoly forgalmi torlódásokat, jelentős szállítási idővesztést és a díjfizető úthasználók körében nagymértékű elégedetlenséget okozott. A program megvalósításával megelőzhető a hasonló közlekedési krízishelyzetek kialakulása. A szakemberek egy 5 éves, részletes projektlistát tartalmazó programot állítottak össze, amely alapján összesen 700 km felújítást szükséges (140 km/év) elvégezni.

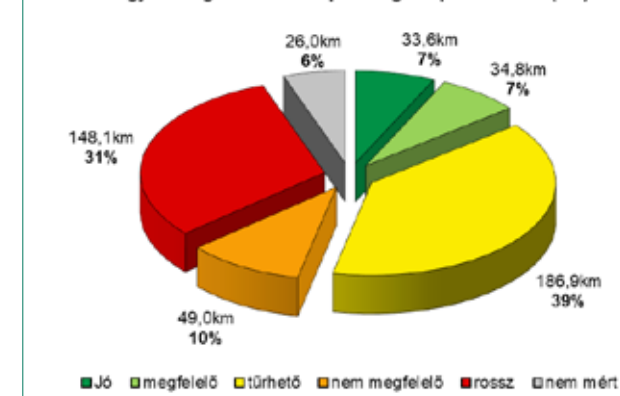
A főúti hálózat esetében az utaink közel fele megfelelő állapotú, azonban a másik fele azonnali beavatkozást igényel.

Főúti hálózat számokban

Hálózati hossz 7255 km
Felújítási ciklusidő 20 év
Évenként felújítandó hossz 363 km
Felújítási hiány 2355 km
Rossz burkolat állapotú hálózat 2827 km
Felújítási hiány ledolgozható 6–7 év alatt



Burkolatállapot osztályzat gyorsforg. utak csomóponti ágai + pihenő utak (km)

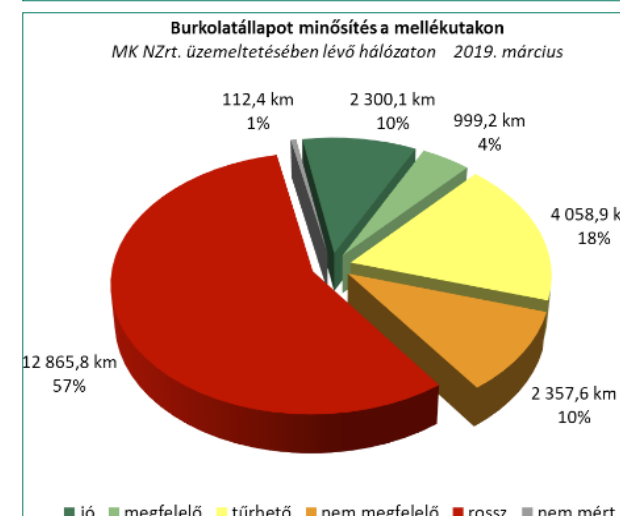


A főút felújítási program célkitűzései a sebességkorlátozással érintett útszakaszok megszüntetése, az elégtelen teherbírású útszakaszok megszüntetése, az európai nemzetközi úthálózat részét képező főúti szakaszok burkolatállapotának felzárkóztatása, a rossz állapotú útszakaszok hosszának jelentős csökkentése, a díjfizetésre kötelezett úthasználók elégedettségének növelése, és a vállalkozások számára vonzó közlekedési környezet biztosítása. A program megvalósításával felszámolható a 2827 km hosszú rossz burkolat állapotú főúti szakaszok közel 65%-a. A főúti hálózat esetében is egy 5 éves, 1850 km-t tartalmazó szakmai program készült el részletes projektlistával. Az évenkénti szükséges burkolat felújítás mértéke 370 km.

A mellékúthálózat, amint a diagramon is látszik, túlnyomó részben rossz állapotú, nagy része felújításra szorul.

Mellékúthálózat számokban

Hálózati hossz 22694 km
Felújítási ciklusidő 30 év
Évenként felújítandó hossz 756 km
Felújítási hiány 13436 km
Rossz burkolat állapotú hálózat 12866 km
Felújítási hiány ledolgozható 18 év alatt



A mellékút felújítási program célja a települések megközelítésének biztosítása, az elzárt kistérségek feltárása, a vidéki, alapvetően kis lélekszámú települések élhetővé, vonzóvá tétele az emberek számára és egyben a helyi mezőgazdasági, ipari, valamint a kereskedelmi kapcsolatok

erősítése. A gazdaságélénkítés részeként új munkahelyek létesülhetnek, amelyek elősegítik a népesség megtartását, valamint a közlekedési infrastruktúra minőségének a javulása által megnő a térség gazdaságvonzó szerepe is. A program célkitűzései a sebességkorlátozással érintett útszakaszok megszüntetése, az elégtelen teherbírású útszakaszok megszüntetése, a rossz állapotú útszakaszok hosszának jelentős csökkentése, valamint a vállalkozások számára vonzó közlekedési környezet biztosítása. A Magyar Falu Programba nem illeszthető mellékúthálózat felújítására szükséges egy projektlistával kiegészített középtávú szakmai program összeállítása.

Az országos híd felújítási programban a rendkívül leromlott, kritikus állapotú hidak közül a kiviteli tervvel rendelkező átépítések, felújítások, továbbá a közlekedési hálózat fontos útjain lévő, leromlott állapotú, mielőbbi felújítást igénylő és megfelelő előkészítettséggel rendelkező hídjai szerepelnek. A program célja a felújításokat, átépítéseket követően részben a meglévő, esetenként drasztikus korlátozások megszüntetése, részben a közúti közlekedés

korlátozások nélküli fenntarthatósága. A hidak esetében is szükséges egy projektlistával kiegészített középtávú szakmai program összeállítása.

Hídállomány számokban

Hídállomány 7429 db

Kisebbs-nagyobb felújítást igényel 4529 db

Középtávú program 514 db híd felújítása

Haladéktalan beavatkozást 57 db híd igényel

- Szakmai anyag 5 éves ütemezéssel
- Program elmaradása esetén további korlátozások, hídlezárások

Az országos közúthálózaton a több éves lemaradás ledolgozásához nagy hangsúlyt kell fektetni a kiszámíthatóságra, tervezhetőségre, mely mind az építető, mind a vállalkozói szektor oldaláról jelenlévő igény. A középtávú felújítási programok ezeket az igényeket is igyekeznek kielégíteni és bár a megindításuk lassú folyamat, de végrehajtásuk mindenki által érzékelhető javulást eredményezhet a jövőben.

A Konferenciánk levezető elnökei, akiknek külön köszönet jár, és a profi tárgyalásvezetésük nagyban hozzájárult a konferencia sikeréhez!



Nyíri Szabolcs



Szerencsi Gábor



Kolozsvári Nándor



Lehel Zoltán



Orbán Balázs

Beszámoló a 3. Pavement Design Workshop-ról

Roszik Gábor



Minőségirányítási vezető
COLAS Hungaria Zrt.
Techn.Igazgató

ta, hogyan próbálnak újabb kutatásokkal új összefüggéseket találni az aszfalt alapanyagok és az aszfalt keverékek teljesítményelvű vizsgálati eredményei között pl. bitumen DSR – aszfalt fáradás. Ez azért érdekes, mert így gyorsan elvégezhető, kis költségű vizsgálatokkal lehetne az aszfaltkeverékek hosszú távú teljesítményét jellemezni. Új fejlesztésük egy valószínűségi szimuláló aszfaltfáradási eljárás elsősorban kopó rétegre.

*Michal Varaus, Brno-i Műszaki Egyetem:
A kötőanyag tartalom és a tömörségi fok hatása
a pályaszerkezet méretezésre*

2018. november 15-16.-án rendezték a Csehországi Lednicében a 3. Pavement Design Workshopot, melyen a HAPA képviseletében vettem részt. Jelen cikkben szeretnék beszámolni a workshop eseményeiről és az előadások legfontosabb megállapításairól.

A workshop két évente kerül megrendezésre a ZAS (Szlovén Aszfaltgyártók Szövetsége) rendezésében, az OMV anyagi támogatásával, így csak a szállást és az utazási költségeket kell a résztvevőknek fizetniük. A workshop egyetlen témája az új és felújítandó pályaszerkezetek tervezésének, méretezésének problémaköre, a legjobb tapasztalatok megosztása, a problémák megvitatása.

2018.11.15. délutáni előadások

*Jiri Fiedler, EUROVIA és Cseh Útépítő Vállalatok
Szövetsége: Helyzetjelentés*

Fiedler úr kapta előzetesen azt a feladatot, hogy készítsen egy összefoglalást az elmúlt két évben publikált szakcikkekről a pályaszerkezet méretezés témakörében. Az előadó nyitó diája alapján lehetetlen feladat ezt megtenni 10 percen belül, de azért megpróbálta összefoglalni a legfontosabb információkat. Ezek közül két fontos dolgot érdemes kiemelni. Az egyik a hőmérséklet hatása a fáradási értékekre és ezek részletesebb vizsgálata. Ehhez kapcsolódik a másik fontos megállapítás is, hogy több vizsgálatra lenne szükség, habár ez időigényes és költséges.

*Bernard Hofko, Bécsi Műszaki Egyetem:
teljesítményelvű vizsgálatok*

Hofko professzor előadásában szintén kiemelte a hőmérséklet hatását a fáradási tulajdonságokra fontosságát. Bemutat-

ta, hogy egy kutatásuk eredményét mutatta be, ami a kötőanyag tartalom és a tömörségi fok hatását vizsgálta a pályaszerkezet méretezésre. Többféle variációt vizsgáltak, optimális kötőanyag tartalom és 100%-os tömörség, mint referencia, majd az optimális kötőanyag-tartalom 97%-os tömörség kombináció és az optimum-0,5% bitumentartalom és 97%-os tömörség kombináció esetére. A vizsgálati eredményeket az alábbi táblázat tartalmazza.

Meg kell jegyezni, hogy ez csak egy aszfaltkeverékre vonatkozó kísérlet, de az eredmények így is megdöbbentőek.

*Michael P. Wistuba, Braunschweigi Műszaki Egyetem:
A hőmérséklet figyelembe vétele a fáradási vizsgálatoknál*

Wistuba professzor a fáradási és merevségi tulajdonságok változását vizsgálta a hőmérséklet függvényében. Megállapította, hogy a hőmérséklet függő fáradási teljesítményt figyelembe kell venni a pályaszerkezet méretezés során. Ha ezt nem tesszük meg, akkor félrevezető eredményekre juthatunk. Másik fontos megállapítása, hogy különösen óvatossá kell lennünk abban az esetben, amikor a felhasznált aszfalt keverékeink visszanyert aszfalt tartalma magas. Ezt illusztrálta azzal, hogy a vizsgálat során az alkalmazott méretezési modellből kijött olyan végeredmény is, ami szerint minél magasabb a visszanyert aszfalt tartalma az aszfaltkeveréknek, annál nagyobb lesz az élettartama. Nyilvánvalóan ez nem igaz, a magas visszanyert aszfalt tartalma okozta magas merevségi érték félrevezette a modell végeredményét. A jövőbeli vizsgálati irányokból kiemelte az Egytengelyű húzás vizsgálatot amplitúdó sűrűséssel különböző hőmérsékleten, ami azt jelenti, hogy 2000 ciklusonként növelik a terhelési amplitúdót a próbatest tönkremeneteléig és ezt +20, +10, 0 és -10°C hőfokon mind elvégzik.

	Optimális bitumentartalom és 100% tömörség	Optimális bitumentartalom és 97% tömörség	Optimális bitumentartalom – 0,5% és 97% tömörség
Élettartam, év	25,0	17,4	5,1
TF100	20 000 000	13 600 000	4 000 000
Relatív élettartam, %	100,0	69,6	20,4

**Lukas Eberhardsteiner, Bécsi Műszaki Egyetem:
Az ausztriai pályaszerkezet
méretezési módszer továbbfejlesztése**

Eberhardsteiner professzor bemutatta az osztrák méretezési módszer fejlesztési irányait. A fejlesztési irány teljesítmény alapú vizsgálati eredmények használata a valós pályaszerkezeti viselkedés megőrléséhez. Ilyen paraméterek és vizsgálati módszerek az alábbiak:

- alacsony hőmérsékleten történő viselkedés – egyengető hűzővel,
- plasztikus alakváltozás – aszfalt triaxiális vizsgálattal,
- hőmérsékletfüggő fáradási tulajdonság – 4 pontos hajlítás gerendán,
- hőmérsékletfüggő rétegtapadási tulajdonság – nyírással – Leutner módszer.

**Jan Zajicek, Csehország
– Pályaszerkezet felújítás tervezés Csehországban**

Zajicek úr a csehországi pályaszerkezet felújítási tapasztalatokat osztotta meg. A tervezési folyamat hasonlóan történik, mint Magyarországon. A meglévő pályaszerkezet állapot felvétel és a tervezés lépései:

- vizuális állapotfelvétel, videó/fényképek
- FWD mérések,
- fűrt mintavétel az aszfalt rétegekből, mintavétel az alaprétegből és a földmű felső rétegéből,
- georadaros pályaszerkezeti rétegződés vizsgálat,
- laboratóriumi vizsgálatok (talajminták szemmegoszlása, plaszticitása, aszfalt keverék vizsgálatok),
- pályaszerkezeti állapot értékelése,
- pályaszerkezet méretezése.

**Marcin Pawelczyk, Lengyelország
– Pályaszerkezet felújítás tervezés Lengyelországban**

Pawelczyk úr a lengyelországi pályaszerkezet felújítási tapasztalatokat osztotta meg. A mechanisztikus-tapasztalati alapú módszer alkalmazza a tervezés során. A meglévő pályaszerkezet állapotának felvételéhez FWD méréseket, georadaros méréseket és fűrt mintavételeket (rétegvastagságok, összetétel) alkalmaznak. Ezek képezik a bemenő paramétereit a méretezésnek.

2018.11.16. délelőtti előadások

**Slovenko Henigman, Szlovén Aszfaltgyártók Szövetsége
– Pályaszerkezet méretezési körvizsgálat**

Henigman úr beszámolt az általuk szervezett pályaszerkezet méretezési körvizsgálat eredményéről. Négy különböző szlovéniai útszakasz (autópályától-mellékútig) pályaszerkezet méretezését végezték el a résztvevő 9 ország szakemberei. Két szakasz új pályaszerkezet, két szakasz meglévő pályaszerkezet felújítás méretezéséről szólt. Igen érdekes eredmények születtek, komoly, akár 8–10 cm szükséges rétegvastagság különbséggel. Ezek okai lehetnek:

- eltérő forgalmi terhelés meghatározása,
- különböző tervezési időtartamok (pl. angoloknál 40 év),
- a rétegek vastagságának meghatározása is eltérő,
- különböző megközelítések a lokális javítások és megerősítések megítélésében.

**Eberhrdsteiner, Spiegl, Varaus, Wistuba
– A cseh, német és osztrák pályaszerkezet
méretezési módszerek összehasonlítása**

Az összehasonlítás célja hasonló volt, mint az előbb bemutatott körvizsgálat. A legfontosabb megállapítások:

- A teljesítményalapú vizsgálatok során a beállítások különbségei különböző inputokat adnak a tervezéshez, valamint
- a különböző tervezési koncepciók és a bemenő paraméterek különböző értelmezése (pl. forgalmi terhelés) a fő okai az eltérő eredményeknek.
- Az európai szabványosítás nélkülözhetetlen a tervezési eredmények összehasonlíthatóságához.

**Jiri Fiedler, Csehország – Pályaszerkezet méretezés
alagútban problémái**

Fiedler úr előadása számunkra inkább érdekesség volt, bár a váralagút tervezett felújítása és a jövőbeni M0 szakaszokra tervezendő alagutak okán van relevanciája. A cseheknél külön műszaki előírás van az alagutak aszfalt pályaszerkezetére. A fő probléma tűz esetén az aszfaltból felszabaduló káros anyagok hatása. Csehországban jelenleg max. 1 km hosszú lehet aszfalt burkolatot tervezni alagútba, de a Prágai elkerülőn tervezett alagutak kapcsán felmerült ennek a módosítása.

**Mitja Jurgele, Szlovénia
– Parkolók pályaszerkezetének méretezése**

Jurgele úr bemutatta a parkolókra vonatkozó szlovén tervezési előírást. A méretezés katalógus rendszerű, a szükséges aszfalt vastagságot és keverék típust az előre definiált különböző forgalmi terhelési osztályok alapján választják ki. A fagyvédő réteg vastagságának meghatározásához két klimatikus zónát (Kontinentális és Mediterrán) különböztetnek meg. A földmű felső rész CBR értékének a figyelembe vételével határozzák meg a kötőanyag nélküli alapréteg vastagságát. A rétegek minőségi előírása előre specifikált.

**Igor Ruttmar, Lengyelország
– Örökös v. öröklé tartó pályaszerkezet méretezése**

Ruttmar úr bemutatta a lengyelországi pályaszerkezet méretezés korábbi szakaszait, majd rátért arra a koncepcióra, aminek a végén megterveztek egy úgynevezett anti-fáradás réteget AC 16 PmB 45/80-80 SM keverékkel alacsonyabb merevséggel, de 340 microstrain fáradási megnyúlással. Ennek a keveréknek a felhasználásával négy különböző pályaszerkezet összehasonlításával történt Pruszkovban egy nagy modellkísérletes terheléses teszt a pályaszerkezet tönkremeneteléig. Az eredmények alapján az anti-fáradás réteggel épített pályaszerkezet fáradási élettartama közel 32 évre adódott.

Ez után épült az S-8-as gyorsforgalmi úton egy rövid 150 méteres próbaszakasz 2014-ben. Ennek valós eredményeit csak hosszú évek múlva fogjuk látni.

Összefoglalás

Több mint 44 résztvevő volt jelen 9 országból. Nagyon érdekes előadások hangzottak el kiváló előadóktól. A fő irány a pályaszerkezet méretezésben a hőmérsékletfüggő fáradási tulajdonságok valamint a teljesítmény alapú vizsgálatok eredményeinek figyelembe vétele és beépítése a méretezési modellbe. Ezek kívül volt néhány egyéb érdekes téma, úgymint aszfaltburkolat az alagutakban, parkoló területek pályaszerkezetének méretezése és az öröklé tartó pályaszerkezet.

Az egyedi pályaszerkezet-méretezésben rejlő gyakorlati előnyök

dr. Primusz Péter – dr. Tóth Csaba

Dr. Tóth Csaba



BME Út-és Vasútépítési Tanszék
tanszékvezető, egyetemi docens

1. Történelmi előzmények

A magyar útpályaszerkezet-méretezés szép hagyományokra tekint vissza. A II. világháborús károk helyreállítását követően megjelenő szakmai és úthasználoi igényekre válaszul meglepően gyorsan kialakultak a korszerű útpályaszerkezet méretezés hazai elvei és 1965-ben „Útasítás hajlékony útpályaszerkezetek méretezésére” címmel megjelent az első magyar szabályozás is. Az eljárás korszerűségéhez nem férhet kétség, hiszen a nemzetközi eljárások itthoni megismertetését követően, az 1958-60 évi, nagyszabású amerikai AASHO-útkísérletek eredményei ismeretében készült és a hazai eljárás mellett párhuzamosan két másik külföldi módszer alkalmazását is előírta. További adatgyűjtés és fejlesztés nyomán pedig 1971. szeptember elsején hatályba lépett, a KPM Közúti Főosztálya és a Tanácsai Közlésközi Főosztály által jóváhagyott „Hajlékony Útpályaszerkezetek Méretezési Utasítás (159.215/1971 KPM), az ún. „HUMU”, amely ezt követően mintegy 20 éven át dominálta a szakmát.

A 80-as évek végére azonban előtérbe kerültek a méretezési módszer hiányosságai és a nemzetközi trendekkel összhangban nálunk is megszületett a döntés, hogy ki kell használni a szakterület technológiai, illetve a számítástechnika fejlődése által nyújtott lehetőségeket, és át kell térni a mechanikai alapú méretezési számításokra. Több éves felkészülés, tapasztalatgyűjtés és egyeztetések nyomán ugyan 1992 májusára rögzültek az új magyar méretezési szabvány típus-útpályaszerkezetek, (Nemesdy, 1992) a hazai szabályozásba a módszer 1994-ben, „Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek és megerősítésük méretezése” címmel, Utügyi Műszaki Szabályzatként került be és kisebb módosításokkal gyakorlatilag máig érvényben van.

Ugyan az ekkor megalkotott magyar típusszerkezetek szükségképpen eltértek a korabeli külföldi eljárások javasolt szerkezeteitől, hiszen a hazai nemzetgazdaság túróképessé-

gét, az ország földrajzi helyzetét és ásványvagyon készletét, továbbá a tervezői-kivitelezői szakma aktuális technológiai felkészültségét is figyelembe vették, azonban az alkalmazott elvek korszerűségét tekintve nem volt szégyenkezni valónk.

Ugyanakkor az útpályaszerkezet méretezés és megerősítés területén a kilencvenes évek elején lezajlott korszerűsítést követően érdemi fejlődés nem történt, a magyar méretezési elvek mára elavultak, a technológia fejlődését a szabályozásunk nem követte nyomon. Visszatekintve az elmúlt fél évszázadra, akár azt is állíthatnánk, hogy a tervezői mozgáster és kreativitás vonatkozásban visszalépés történt az azt megelőző időszakhoz képest, hiszen amíg a 70-es, 80-as évben alkalmazott HUMU egyenérték vastagságon alapuló méretezési elve bizonyos fokú mérnöki mozgásteret tett lehetővé, addig napjaink típus-pályaszerkezetek alapvetően korlátozzák azt, mára gátjai az innovatív fejlődésnek. A kialakult tervező gyakorlat szinte csak egy-két pályaszerkezet variációt használ, a helyi környezeti vagy földrajzi adottságokra, illetve a későbbi kivitelező műszaki képességre és kapacitására tekintet nélkül. Ennek gátló volt a további magyarázatot nem igényel. Ezt a jelenséget erősítette, hogy a főként nagyforgalmú autópálya szakaszok tervezésére időközben megjelent javaslatok, útmutatók néhol igen túlzó költségvetésű pályaszerkezeteket irányoztak elő, sőt a tervezők ezek analógiáját átültették az alacsonyabb forgalmú útszakaszok terveibe is, de említhetnénk az alsórendű úthálózat felújításánál a technológiai tervezés háttérbe szorulását, esetenként elhagyását is. Aktuális esettanulmányként említhető az M1 autópályánk 2×3 sávra történő bővítésének technológiai megoldásai is, amiről jószándékú szakmai elvek vezette korrekt szakmai vitát lenne érdemes folytatni. Sajnos ezt megakadályozza az a tény, hogy a műszaki megoldások részletei, háttéranyagi – szemben a korábbi sokévtizedes gyakorlattal, amikor ezek publikálásra kerültek – ma nem ismertek.

Megkérdőjelezhetetlen látszik tehát, hogy a hazai pályaszerkezet-méretezési szabályozás és gyakorlat új szintet lépve, visszaálljon arra a nemzetközi szinten értelmezhető fejlődési pályára, amelyről leszakadt. Ennek a felzárkózási folyamatnak egyik apró lépéseként az alábbiakban kísérletet teszünk az egyedi pályaszerkezet-méretezésben rejlő lehetőségek szubjektív kidomborítására.

2. Az analitikus pályaszerkezet-méretezés

A klasszikus méretezési elvek nemcsak minden mérnök számára közismertek, de egy olyan egyszerű szerkezetnek, mint a kéttámaszú tartó, az erőjátéka már az ősember előtt is ismert volt. Tudta, hogy ha két pallót fektet egymásra a patak fölé, az kevésbé hajlik le mintha csak egyet. A mé-

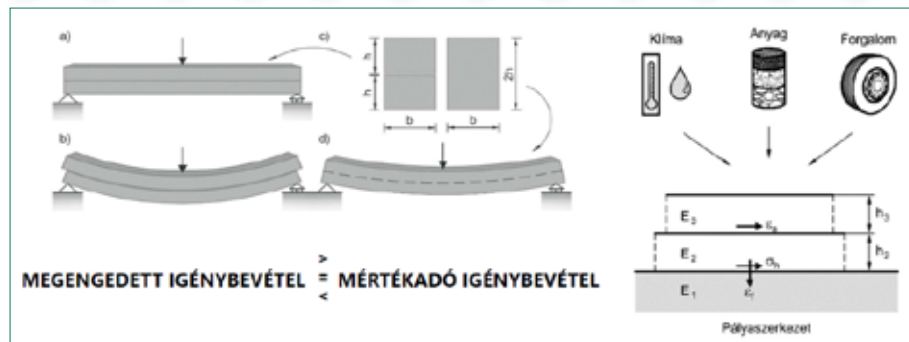
retezés lényege minden esetben, hogy a terhelésből származó igénybevételt kell összevetni a szerkezet teherviselő képességével (1. ábra). Azaz, ha ismerjük a kéttámaszú tartó geometriai méreteit és anyagát, továbbá a terhelő erőt, közvetlenül és tetszőleges keresztmetszetben meg tudjuk határozni az ébredő, ún. „mértékadó” igénybevételeket. Ha rendelkezünk továbbá a tartó anyagára vonatkozó információkkal, azaz ismertek az ún. „megengedett” vagy határigénybevételek, amelyek elérést követően bekövetkezik a tönkremenetel, akkor a két igénybevétel összevetéséből máris meg tudjuk ítélni, hogy az adott terhelés elviselésére alkalmas a szerkezet vagy nem.

Az útpályaszerkezetek méretezése szintén ezen erőitani méretezés elvei szerint történik, megegyezik bármely más egyszerű tartószerkezet méretezési gyakorlatával. A külső kerékterhelés következtében ébredő kritikus igénybevételeket kell összevetni azokkal a határigénybevételekkel, amelyek még a rétegek az anyagi tulajdonságaikból adódóan kellő biztonsággal képesek elviselni.

A szerkezet erőjátékán alapuló mechanikai méretezési eljárások az útpályaszerkezeteket rugalmas, izotróp végtelen féltéren (úttükron) fekvő, többretegű hajlékony lemezrendszerként kezelik. A szerkezeten belül egy réteget mechanikai viselkedését a rugalmassági modulus (E), a Poisson-féle tényező (μ) és rétegvastagság (h) írja le. Ennek a három paraméternek az ismeretében a szerkezet mechanikai modellje, mint azt később látni fogjuk, megfelelően összeállítható. A legfelső réteg felszínén ható külső kerékterhelés hatására a többretegű rendszer bármely belső pontjában ébredő feszültség, megnyúlás és elmozdulás számítható. Ezen analitikus méretezési elvek az évtizedek alatt szépen letisztultak, mint az Brown professzor folyamatábráján (2. ábra) is jól követhető.

Első lépésként kiválasztjuk az pályaszerkezetben tervezett anyagokat és meghatározzuk azok induló vastagságát, majd minden egyes réteghez anyagjellemzőket megadva, felépítjük a pályaszerkezet modelljét, és kiszámoljuk a kritikus helyeken ébredő igénybevételek nagyságát. A mérleg másik serpenyőjében megbecsüljük a várható forgalmi terhelést és a hozzátartozó, az alkalmazott anyagokhoz rendelt teherviselő azaz fáradási képességet. Összevetve a két kapott értéket, azaz terhelés hatására mekkora igénybevétel ébred, illetve az anyag mekkora terhelést visel el, tudjuk véglegesíteni vagy újratervezni a szerkezetet.

A jelenleg alkalmazott hazai típuspályaszerkezet korabeli meghatározása mögött is ugyanezen megfontolások álltak, azonban az elmúlt mint-



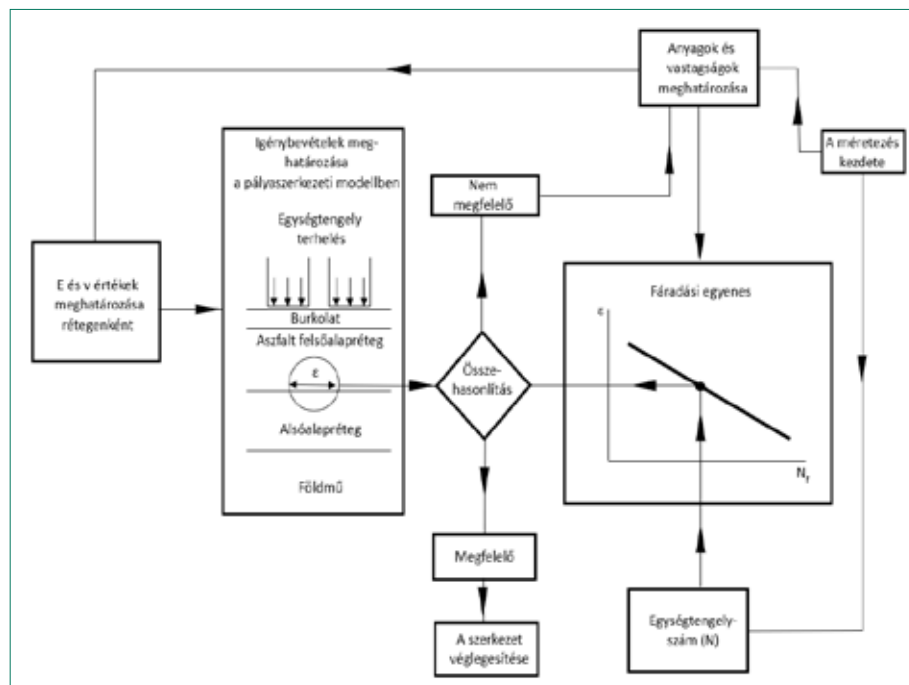
1. ábra Az erőitani méretezés és az útpályaszerkezet méretezés kapcsolata

egy harminc év alatt ezek elhomályosultak. A pályaszerkezet-méretezés gyakorlata egyrészt a típuspályaszerkezet kiválasztásra redukálódott, ezzel megszűnt az igény, hogy érdemben kelljen vizsgálni a pályaszerkezeti rétegek anyagi tulajdonságait, másrészt meglehetősen a minimálisan elvárt 40 MPa-os tükörteherbírással, a szemcsés rétegekkel, illetve a földműanyagokkal viselkedésével kapcsolatos geotechnikai kutatások is marginalizálódtak napjainkra.

Ahogy a korabeli anyagjellemzők mentén a mai típuspályaszerkezetek őseit is meghatározták, úgy ezek a számítások ma ismert anyagjellemzők alapján nemcsak elvégezhetők, hanem különböző, önmagában nehezen megítélhető anyagjellemzők (merevség, fáradás stb.) hatásai a pályaszerkezet viselkedésre is vizsgálhatók.

3. Útpályaszerkezetek modellezése

Az elméleti modell felírásához előzetesen rögzíteni kell az útpályaszerkezetet alkotó rétegek műszaki tulajdonságait. A klasszikus útpályaszerkezet méretezési szabályai szerint a rétegek merevsége felülről lefelé csökken, a vastagságuk pedig nő. A legtöbb méretezési eljárás képes továbbá a rétegek közötti együttdolgozás figyelembevételére, mivel két réteg egymáshoz való tapadása az egyik legfontosabb pályaszer-



2. ábra: analitikus méretezési elvek folyamatábrája (Brown, 2013)

kezet építési követelmény. Szemléltetésként nézzük ismét az 1. ábrát, amely alapján belátható, hogy együttdolgozó (pl. összeragasztott) keresztmetszetek esetén a kétfás tartó alsó szálában sokkal kedvezőbb igénybevételek ébrednek, mint az egymáson elcsúszó tartók alsó szálában külön-külön.

A pályaszerkezeti rétegek együttdolgozása esetén két határesetet különböztetünk meg:

- a rétegek tökéletesen tapadnak egymáshoz, vagy
- a rétegek közötti érintkezési felület teljesen súrlódásmentes, ezért elcsúsznak egymáson.

A réteghatárok jellegének helyes felvétele már kifejezett technológiai tapasztalatokat igényel a tervezőtől, így pl. egy aszfaltreteg és egy kötőanyag nélküli szemcsés alapréteg kapcsolatát kizárólag a súrlódás biztosítja, amit általában el szoktunk hanyagolni. Fontos megjegyeznünk végül, hogy a réteghatár a számított igénybevételek nagyságára jelentős hatással van!

Az utak pályaszerkezetére jutó közvetlen terhelést (ön-súly és raksúly) a tehergépjárművek gumiabroncsainak nyomása adja át az út felületére. A terhelésből adódó nyomóerő (F) mindig megoszlik a kerék felfekvési felületén (A). A felületegységre eső fajlagos nyomás (p) átlagos értéke (1):

$$p = \frac{F}{A} \#(1)$$

Előírásnak megfelelő légnyomás esetén az útfelületre ható legnagyobb fajlagos nyomás és az átlagos fajlagos nyomás gyakorlatilag egyenlő. Az így átadott (p) felületi nyomás körülbelül azonosnak tekinthető a gumiabroncsok előírt belső légnyomásával (megengedett kerékterhelés esetén), melynek közel legnagyobb értéke tehergépkocsik esetében 700 kPa (7 bár). Abban az esetben, ha a két ellipszis alakú felületet (ikerabroncs) egy körrel helyettesítjük, akkor felírható az (F) kerékterhelés nagysága az $A = a^2\pi$ terhelő körfelülettel (2):

$$F = A \cdot p = a^2\pi p \#(2)$$

A hazánkban alkalmazott 100 kN-os egységtengely terhelésnek terhelőerő felel meg kerekenként. Így a várható maximális kör alakú terhelés sugara a következőképpen számítható:

$$a = \sqrt{\frac{F}{\pi p}} \text{ és } a \approx 150 \text{ mm} \#(3)$$

A legtöbb méretezési eljárás az útpályaszerkezetet terhelő kerékterhelést a fenti sugarú körtárcsán megoszló nagyságú egyenletesen megoszló erőrendszerrel veszi számításba.

a) Mértékadó igénybevételek

A szerkezeti adatok és a külső kerékterhelés felvétele után lehetővé válik a pályaszerkezet egy tetszőleges pontjában ébredő feszültségek, fajlagos alakváltozások és elmozdulások számítása. A bonyolult és nehézkes számítások gyors elvégzését ma már méretező szoftverek támogatják (ALIZE, BISAR, WESLEA, ADtoPave). A méretezési feladat megoldásánál rendszerint megelégszünk azzal, hogy csak a terhelés tengelyében a kritikus helyeken vizsgáljuk az igénybevételeket, mivel ezek lesznek mértékadók. A mértékadó igénybevételek helye a kohézióval rendelkező szerkezeti anyagok esetében a terhelés tengelyében a réteg

alsó szála, a kohézióval nem rendelkező szerkezeti anyagok esetében (szemcsés rétegek és földmű esetén) a réteg teteje. A korszerű, mechanikai alapú pályaszerkezet méretezési eljárások – az adott anyag fáradási tulajdonságai alapján – a következő igénybevételeket számítják a rétegekben:

- legalsó aszfaltreteg alsó szálában ébredő vízszintes (ϵ_x) fajlagos megnyúlást,
- hidraulikus kötőanyag rétegek alsó szálában keletkező (σ_x) húzófeszültséget,
- szemcsés réteg, illetve földmű esetén a réteg felszínén keletkező fajlagos függőleges (ϵ_z) összenyomódást.

Aszfaltreteg esetén a megnyúlás, mint igénybevétel használatát az indokolja, hogy a nem rugalmas – azaz a Hooke-féle anyagtörvényt nem követő – anyagok esetében a feszültség a relaxáció miatt időben változik, míg a megnyúlás érték változatlan marad.

b) Határigénybevételek

Az útpályaszerkezetet alkotó különféle útépitési anyagok fáradási határigénybevételét laboratóriumi fárasztó vizsgálatokkal lehet meghatározni. A fáradási repedések megjelenésének szempontjából az anyag Wöhler-féle görbéről olvashatjuk le a tervezési forgalomhoz tartozó határigénybevétel értékét. Szemcsés anyagoknál és a földműnél általában nem a konkrét anyagra, hanem az anyagcsoportra – kellő biztonsággal – jellemző összefüggéseket használnak a különböző méretezési rendszerek.

c) A méretezés végrehajtása

Az erőitani méretezés elve szerint, a külső kerékterhelésből adódó mértékadó igénybevételek (S_M) nem haladhatják meg, a még károsodás nélkül elviselhető (a tervezési élettartam alatt várható egységtengely áthaladási szám alapján meghatározott határigénybevételeket (R_H)). Ezt az alapelvet a méretezés alapegyenlete (4) fejezi ki:

$$S_M \leq R_H \#(4)$$

Ha a számított mértékadó igénybevétel nagyobb, mint a megengedett határigénybevétel, akkor a szerkezet NEM FELEL MEG, az anyagjellemzők és a rétegvastagságok újraszámítása szükséges. Ha a számított mértékadó igénybevétel kisebb, mint a megengedett határigénybevétel, akkor a szerkezet mechanikai szempontból MEGFELEL, és a túl-méretezés ellenőrzése után a rétegvastagságokat véglegesíteni kell az építhető vastagságok figyelembevételével.

4. Aszfaltkeverékek összehasonlítása a fáradási ellenállás alapján

A mechanikai útpályaszerkezet méretezés elveit felhasználva lehetőségünk van a különféle aszfaltkeverékek anyagi jellemzőinek, viselkedésének összehasonlítására. Az eltérő aszfaltkeverékek pályaszerkezeten belüli teljesítményét egységtengely-áthaladásban (db), vagy szükséges aszfaltvastagságban (mm) lehetséges kimutatni.

A számítások elvégzéséhez szükségünk van egy útpályaszerkezet modellre, ahol az egyes rétegek mechanikai viselkedését a rá jellemző rugalmassági modulus (E), Poisson-féle tényező (μ) és rétegvastagság (h) adja meg. Ezen felül rögzíteni kell még a rétegek közötti együttdolgozás mértékét is. Ennek a négy paraméternek az ismeretében a szerkezet mechanikai modellje a fenti pontokban kifejtett gondolatmenetet követve összeállítható.

A méretezési feladat megoldásánál rendszerint megelégszünk azzal, hogy csak a legfelső réteg felszínén ható keréktérhelés tengelyében, a kritikus helyeken ismerjük ezeket az igénybevételeket, mivel ezek lesznek mértékadók. Aszfaltkeverékeknél a fáradási (repedési) kritérium szerint a legalsó aszfaltréteg alsó szálában ébredő vízszintes (ϵ_t) fajlagos megnyúlás lesz a kritikus.

A bonyolult és nehézkes számításokat a BISAR és WESLEA méretező programokkal lehet elvégezni. Ezek a szoftverek elsődlegesen a feszültségeket határozzák meg a modell bármely pontjában. A fajlagos alakváltozások számításához feltételezik, hogy az alakváltozások a feszültségekkel arányosak, és így a Hooke-törvény általános térbeli feszültségállapotra felírt egyenletei érvényesek:

$$\epsilon_x = \frac{1}{E} [\sigma_x - \mu(\sigma_y + \sigma_z)] \quad (5)$$

$$\epsilon_y = \frac{1}{E} [\sigma_y - \mu(\sigma_x + \sigma_z)] \quad (6)$$

$$\epsilon_z = \frac{1}{E} [\sigma_z - \mu(\sigma_x + \sigma_y)] \quad (7)$$

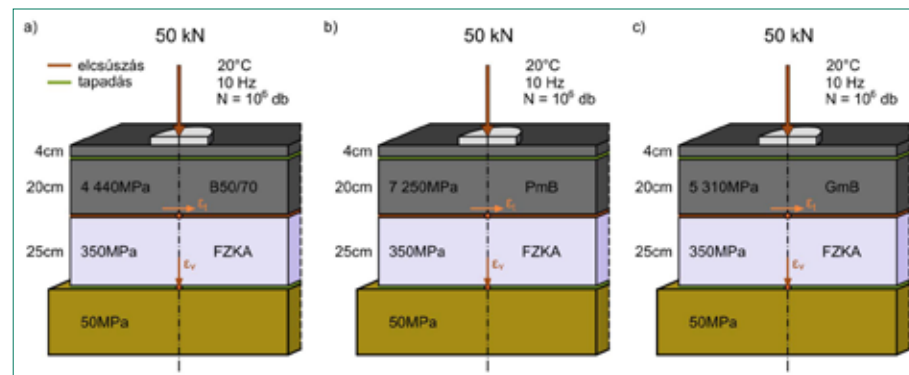
A fenti egyenletekkel bármely vizsgálati pontban ki-számítható a fajlagos alakváltozás nagysága, ha ismert a

Keverék	Young-modulus	Poisson-féle tényező	megengedett megnyúlás
AC 22 kötő B50/70	E = 4 440 MPa	$\mu = 0,35$	135 μs
AC 22 kötő PmB 25/55-65	E = 7 250 MPa	$\mu = 0,35$	152 μs
AC 22 kötő GmB 45/80-65	E = 5 310 MPa	$\mu = 0,35$	194 μs

1. táblázat. Aszfaltkeverékek anyagparaméterei

Réteg	Vastagság [mm]	Young-modulus [MPa]	Poisson-féle tényező [-]	Rétegkapcsolat jellege
Aszfalt kopó	40	4 000	0,35	Teljes tapadás
Aszfalt kötő és felső alapréteg együtt	200	B50/70	0,35	Teljes elcsúszás
		4 440		
FZKA alapréteg	250	350	0,40	Teljes tapadás
Földmű	végtelen	50	0,45	

2. táblázat. A hajlékony útpályaszerkezet méretezési feladat FZKA alsóalap esetén



3. ábra: A három vizsgált keverékre felírt hajlékony útpályaszerkezet méretezési feladatok

pont feszültségállapota és a réteg rugalmassági modulusa és Poisson-féle tényezője. Ahhoz viszont, hogy értelmezni is tudjuk a fajlagos alakváltozások nagyságát, meg kell ismernünk az anyag fáradási viselkedését. A fáradási repedések megjelenésének szempontjából az anyag Wöhler-féle görbéről olvashatjuk le a tervezési forgalomhoz tartozó $\epsilon_t(N)$ határigénybevétel értéke. A vizsgálatba bevont három aszfaltkeverék laboratóriumban meghatározott anyagparamétereit az 1. táblázat foglalja össze.

A különféle aszfaltkeverékek pályaszerkezeten belüli teljesítményét egy jellegzetes hajlékony útpályaszerkezet felépítésén keresztül mutatjuk be. Az alábbi számítások, demonstrációs céllal, a hazai GmB kötőanyagú útpályaszerkezeti rétegek komplex viselkedését tanulmányozó kutatás részeként készültek el (Gáspár et al, 2019). Mindegyik szerkezetben közös, hogy az aszfalt kopó (4 cm és 4000 MPa) és a szemcsés (FZKA) alapréteg (25 cm és 350 MPa) azonos anyagból és vastagságban épül meg, azonos földműterherbírást (50 MPa) feltételezve. A fő különbséget a három szerkezet között az aszfalt kötő és felső alapréteg (20 cm) eltérő anyagparaméterei fogják adni a 1. táblázat szerint. Az aszfaltrétegek között teljes tapadást, az aszfalt és szemcsés rétegek között pedig teljes elcsúszást feltételezünk. A három méretezési feladat legfontosabb adatait a 2. táblázat mutatja be, illetve a 3. ábra szemlélteti.

Az aszfaltrétegek alsó szálában ébredő (ϵ_t) vízszintes fajlagos megnyúlásokat BISAR és WESLEA programokkal is meghatároztuk. A három keverékkel jellemző szerkezetek mértékadó és megengedett megnyúlásait a 3. táblázat mutatja be.

Az erőtan méretezés alapján a legalsó aszfaltréteg alsó szálában ébredő vízszintes (ϵ_t) fajlagos megnyúlás a fáradási nyúlásnál legyen kisebb:

$$\epsilon_t \leq \epsilon_t(N) \quad (8)$$

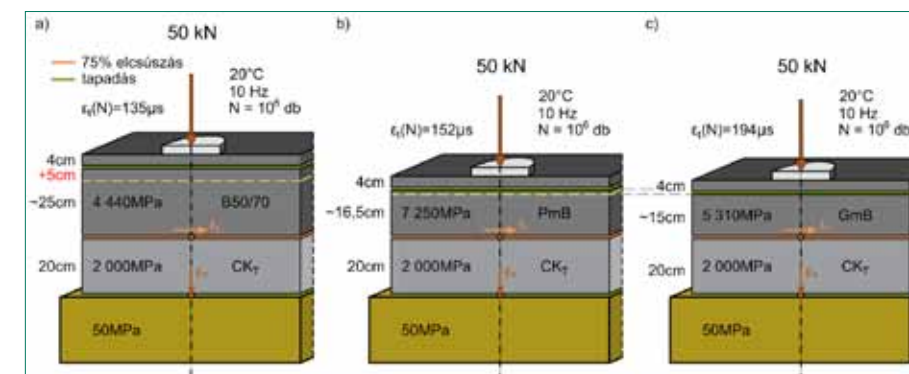
ahol $\epsilon_t(N)$ fáradási megengedett nyúlás a tervezési élettartam alatt előre becsült nehézsűrű forgalomból adódó egységtengety-áthaladási számtól ($N=10^6$) függ. A mechanikai modellszámítások alapján a hagyományos, 50/70-es penetráció fokozatú útépitési bitument tartalmazó keverék NEM FELEL MEG, míg a polimerrel és gumival modifikált bitument tartalmazók igen. Ahhoz, hogy a keverékek közötti különbségeket még szemléletesebben (aszfaltvastagságban) kifejezzük, célszerű a legalsó aszfaltréteg vastagságát addig változtatni, míg a mértékadó vízszintes (ϵ_t) fajlagos megnyúlás egybe nem esik a megengedhető $\epsilon_t(N)$ határértékkel. Ekkor három egymással – a fáradási repedések tekintetében – egyenértékű szerkezet áll elő. A számításokat a BISAR szoftverrel

Keverék	Mértékadó megnyúlás [μs]		Megengedett megnyúlás [μs]
	BISAR	WESLEA	
B50/70	201,0	205,9	135
PmB 25/55-65	137,5	140,3	152
GmB 45/80-65	175,4	179,6	194

3. táblázat. Az aszfalt kötő és felső alapréteg alsó szálában ébredő mértékadó megnyúlások (FZKA)

Keverék	Mértékadó [μs]	Megengedett [μs]	Vastagság [mm]	Eltérés
B50/70	134,0	135	265	+65 mm
PmB 25/55-65	153,2	152	185	-15 mm
GmB 45/80-65	194,5	194	185	-15 mm

4. táblázat. A három egyenértékű szerkezet aszfaltvastagság igénye (FZKA)



4. ábra: A három egyenértékű hajlékony útpályaszerkezet modell (FZKA)

hajtottuk végre, az egyenértékű szerkezetek aszfalt kötő és felső alapréteg együttes vastagságát a 4. táblázat, a méretezési feladatokat pedig grafikusán a 3. ábra mutatja be.

A hagyományos útépitési bitment tartalmazó aszfaltkeverék esetén a 10^6 db egységtengety áthaladási

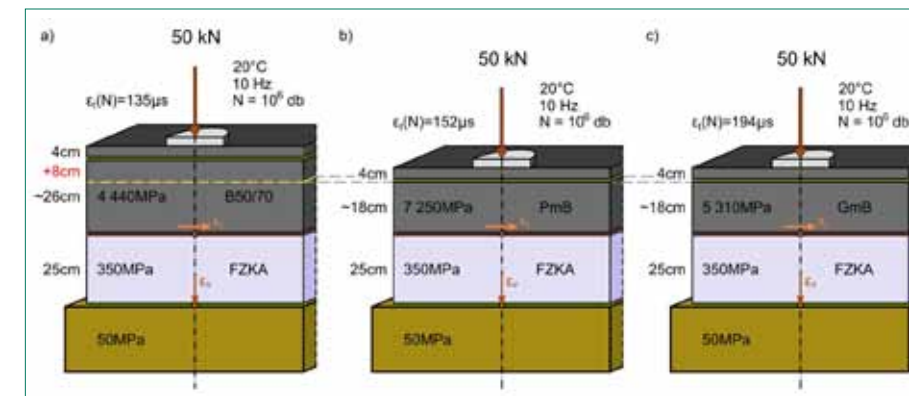
A méretezési feladatokat ismét a BISAR és WESLEA programokkal oldottuk meg, a három keverék mértékadó és megengedett megnyúlásait a 6. táblázat mutatja be.

A mechanikai modellszámítások alapján a CK_T alsó burkolati réteg esetén is csak a hagyományos, 50/70-es penetráció fokozatú útépitési bitument tartalmazó keverék nem felel meg. Azért, hogy a keverékek közötti különbségeket még szemléletesebben (aszfaltvastagságban) kifejezzük, a legalsó aszfaltréteg vastagságát addig változtattuk, míg a mértékadó vízszintes ϵ_t fajlagos megnyúlás egybe nem esik a megengedhető $\epsilon_t(N)$ határértékkel. A számításokat a BISAR szoftver segítségével hajtottuk végre, a számításokat a mellékletben mutatjuk be. A vizsgálatba bevont aszfaltkeverékek szükséges aszfaltvastagságát a 7. táblázat foglalja össze.

A nagyobb merevségű hidraulikus kötési stabilizáció miatt a B50/70-es útépitési bitument tartalmazó felső aszfalt alapréteg – 10^6 db egységtengety áthaladási szám esetén – már csak +4,5–5,0 cm aszfaltvastagság többletet igényel. A polimerrel és gumival modifikált bitument

Réteg	Vastagság [mm]	Young-modulus [MPa]	Poisson-féle tényező [-]	Rétegkapcsolat jellege
Aszfalt kopó	40	4 000	0,35	Teljes tapadás
Aszfalt kötő és felső alapréteg együtt	200	B50/70	0,35	Tapadás 25%
		4 440		
CK _T alapréteg	200	2 000	0,40	Teljes tapadás
Földmű	végtelen	50	0,45	

5. táblázat. A hajlékony útpályaszerkezet méretezési feladat CK_T burkolatalap esetén



5. ábra: A három egyenértékű hajlékony útpályaszerkezet modell (CKT)

tartalmazó aszfalt felső alaprétegek pedig jelentős aszfalt megtakarítást mutatnak. A méretezési példa érdekessége, hogy a magasabb merevségű alsó alapréteg esetén már cm-ben kimutatható a PmB és GmB keverékek között különbség. A gumival modifikált bitument tartalmazó aszfaltréteg 1–1,5 cm-rel kevesebb aszfaltvastagság beépítést igényli. A vékonyabb aszfalt felső alapréteg mellett ez azt is jelentheti, hogy a GmB keveréket nagyobb merevségű alsó alaprétegek esetén célszerű választani. Ezt a feltételezést további laboratóriumi mérések és mintaszámítások alapján lehet egyértelműen igazolni. A modellezés eredménye azonban jól mutatja, hogy önmagában az a tény, hogy egy keveréknek milyen magas vagy alacsony a merevsége, illetve milyen a fáradása ellenállása nem ad teljes képet a keverékről, a keverék megfeleltetése teljeskörűen pályaszerkezeti réteggént vizsgálva ítéhető meg.

5. A modellezés és a valóság

A fenti modellszámítás eredményeként látható, hogy a gumival modifikált kötőanyagú keverékek RELATIVE kisebb merevségét jól lehet ellensúlyozni, ha a pályaszerkezet erőjátékában más rétegek nagyobb mértékben vesznek részt, sőt a RELATIVE jobb fáradási tulajdonságok ebben az esetben még számszerűsíthető és akár jobb eredményt is hozhatnak a polimerrel modifikált kötőanyagú keverékekhez képest.

A fenti modellszámítások azonban meglehetősen egyszerűen meghatározott alapadatok felhasználásával készültek. Az eddigiekben nem hangsúlyoztuk, hogy a modellszámítások eredménye minden esetben a felhasznált input adatok megbízhatóságától függ.

Elsőként adódik például a kérdés, hogy a modellszámítás kulcselemeit, az aszfaltrétegek merevségét, illetve fáradási ellenállást milyen feltevések mentén határozzuk meg. Ezek a paraméterek eszköz- és eljárásfüggők, így mint a 8. táblázatban látható, attól függően, hogy két vagy négy pontos hajlítóvizsgálatból származik az érték, különböző eredményeket kapunk. Megnyugtató azonban, hogy a két

kötőanyagú keverék egymáshoz viszonyított aránya – nem meglepő módon – stabil jellemző, hiszen a vizsgálatok „tárgya” változatlanul ugyanaz az anyag.

A vizsgálóberendezés választás mellett hasonlóan fontos kérdés, milyen próbatesten végezzük a merevségvizsgálatot, a 9. táblázatban látható, hogy a fűrt mintán mért eredmények szignifikánsan alacsonyabbak a laborban meghatározottnál továbbá az esetlegesen elkövetett beépítési hibákat is magukban hordozhatják.

A fenti gondolatmenet szám-talan felvetés mentén foly-

Keverék	Mértékadó megnyúlás [μs]		Megengedett megnyúlás [μs]
	BISAR	WESLEA	
B50/70	171,0	173,3	135
PmB 25/55-65	122,6	126,1	152
GmB 45/80-65	152,0	154,8	194

6. táblázat. Az aszfalt kötő és felső alapréteg alsó szálában ébredő mértékadó megnyúlások (CKT)

Keverék	Mértékadó [μs]	Megengedett [μs]	Vastagság [mm]	Eltérés
B50/70	135,4	135	245	+45 mm
PmB 25/55-65	150,2	152	165	-35 mm
GmB 45/80-65	195,8	194	150	-50 mm

7. táblázat A három egyenértékű szerkezet aszfaltvastagság igénye (CKT)

tatható, a gyártásingadozás mértékétől a beépítéskor elszenvedett hőssokk hatásáig elemezhető az input adatok megbízhatósága, áttérve akár a determinisztikus értékekről a sztochasztikus megközelítésére is. Vegyük figyelembe továbbá, hogy ezeket a kérdéseket nemcsak úgy általában aszfaltra, hanem külön-külön minden járatos aszfaltfajtaára érdemes lenne átgondolni.

Jogosan merül fel a kérdés, ha ilyen kezelhetetlennek tűnően komplex a pályaszerkezet-méretezés és ilyen „ingtag” input adatokra támaszkodik, mi az értelme az egyedi méretezésnek, különösen annak fényében, hogy évtizedek óta jól elvagyunk a tapasztalatainkkal?

Hajlamosak vagyunk elfelejteni, hogy a legtöbb értelemben vett ütiügyi szakma egészét, a kötőanyag modifikálás értelmétől az ideiglenes forgalomtechnikai tervek készítéséig egyetlen alapvető cél kell áthassa: **az úthasználó igények kielégítése!** Ezért tervezünk, építünk, üzemeltünk stb. és ezeket a tevékenységeket kell összehangoljuk műszaki szabályozás keretrendszerében. Egy jól összerakott rendszerben mindennek értelme és helye van. A pályaszerkezetméretezésnek is.

A hollandok egy ún. műszaki piramisban összefoglalva már többévtizede kidolgozták a szabályozás hierarchikus rendszerét (RIJKSWATERSTAAT, 1991.) és ennek egyfajta értelmezése már magyarul is napvilágot látott. (Gáspár, 2004)

Első lépés az úthasználó igények egyértelmű megfogalmazása (lásd pl. biztonság), a célok azonosítása, majd ezt követően ezen szempontok műszakilag/szakmailag értelmezhető funkcionális követelményekké történő formálása

	kétpontos hajlítóvizsgálat trapezoid alakú próbatesten (microstrain)	négy pontos hajlítóvizsgálat hasáb alakú próbatesten (microstrain)
PmB 25/55-65	152	260
GmB 45/80-65	194	328
arány	127.63%	126.15%

8. táblázat Különböző fáradási ellenállás vizsgálati eredmények

	fűrt mintán végzett merevség vizsgálatok átlagértéke (MPa)	ömlesztett mintából készített hengeres próbatesteken végzett merevség vizsgálatok átlagértéke (MPa)
PmB 25/55-65	4865.5	7250
GmB 45/80-65	3470	5310
arány	140.22%	136.53%

9. táblázat Különböző módon előállított próbatesten végzett merevség vizsgálati eredmények



6. ábra: A műszaki piramis

(pl. sűrűdés). Megvizsgálva, hogy ezek a követelmények hogyan hatnak a pályaszerkezet egészének, illetve az azt felépítő anyagok viselkedésére, legvégül az apró alkotóelemek szintjén (pl. adalekanyag) vizsgáljuk a követelmények teljesíthetőségét. (SHRP 2 Report, 2013)

Ezzel a strukturált felépítéssel a magyar szabályozás évtizedek óta adós. A hazai szabályozás a piramis alsó szintjére fókuszál, anélkül, hogy kapcsolatokat teremtené a szintek között. „Szétvizsgáljuk” az alapanyagokat, de sok esetben fogalmunk sincs miért. Jól példázza ezt a hibás szemléletet a korábban nagymodulusú (ma már inkább Intenzív) aszfalkeverékekhez rendelt 7000 MPa-os követelmény is, ami mivel nem kapcsolódott hozzá semmilyen további igény, kiüresedett és lényegtelen paraméterré vált, pedig nem az. A méretezés legfontosabb szerepe, hogy kapcsolatot teremtsen az úthasználói igények és az alapanyagok között, azáltal, hogy képes modellezni a pályaszerkezet viselkedését. Annak érdekében azonban, hogy a valóság és a modellszámítások a lehető legközelebb kerüljen egymáshoz, a méretezés által támasztott igények alapján kell meghatározni az alapanyag, keverék stb. vizsgálatok típusát, gyakoriságát és nem fordítva.

6. Összefoglalás

Ma a pályaszerkezet-méretezés itthon komoly előítéletekkel terhelt, lebecsült szakterület. Ennek elsősorban az az oka, hogy olyan követelményeket kérnek rajta számon, amelyre a klasszikus tudományok sem képesek: lásson a jövőbe. Erre, ahogy egy tudományág sem, valóban nem képes. Lévn fogalmunk sincs a következő évtizedek konkrét forgalmi terheléséről, így azt elviselni tervezett szerkezetet is hasonló megbízhatósággal lehet és kellene kezelni.

De mi is a tudomány? Bár mindentudónak és -hatónk gondoljuk, csupán a világ négy megismerési módja közül az egyik, a köznap, a művészi és a vallásos módszerek mellett. Be kell látni, hogy a tudomány mindenhatóságához fűzött képzeink tévesek, a világ túl bonyolult és érdemes hangsúlyozni, hogy a tudomány sem próbálja a dolgokat teljes komplexitásában vizsgálni. Egyetlen tudományág egyetlen szakterülete sem képes a világ egyetlen jelenségét sem teljes körűen leírni, csupán modelleket alkot és ennek a modellnek a megértésére törekszik. Nem a valós jelenségekkel foglalkozik, pusztán a modellel és ez sem kevés. A tudományos fejlődés abból áll, hogy egyre komplexebb, a valóságot egyre jobban leíró modelleket tudunk alkotni.

Ez a pályaszerkezet-méretezésnél használt modellek célja is, azonban a modell a vélelmezett forgalmi terhelésre ad választ, belátva, hogy a tervezési élettartamra vetített jövőbeli forgalomlefolrás csak jelentős bizonytalansággal becsülhető, így a végeredmény is fenntartásokkal kezelendő. A méretezés lényege nem alapvetően és kizárólag az, hogy meghatározza a szükséges aszfalt összvastagságot. Primitív megközelítés a méretezésen azt számonkérni, hogy a végeredmény miért pont pl. 142 mm, mikor már az építésnél is jelentős vastagság-ingadozást tűrünk el és fogalmunk sincs, hogy a forgalmi terhelés egy vagy tizenöt-millió egységtengely lesz-e végül.

A méretezés értelme az, hogy az általa használt modell képes a tervezésről, építésről fenntartásról származó minden ismeretünket egybeforrasztani és egy közös

gondolkodási keretet megalkotnia. Ennek érdekében a gyártásra és beépítésére vonatkozó előírásokat az útpályaszerkezetek méretezésekor konstruált modell által támasztott igényekből kell(enne) levezetni, továbbá a kivitelezés minőségellenőrzési követelményeit is a pályaszerkezeti modellre tekintettel kellene megalkotni. Így a méretezéssel szemben megfogalmazandó lényegi kérdések arra kellene vonatkozzanak, hogy

- hogyan forrassza egyé (modellé) a pályaszerkezet tervezésről, építésről, fenntartásról alkotott képünket,
- hogyan illeszthetők új anyagok, technológiák a napi gyakorlatba a modell állandó fejlesztésének köszönhetően,
- ahogy a tudományban, úgy a méretezésben (szabályozásban) megvalósul-e az objektivitás? „két különböző ember ugyanazon alapadatok alapján ugyanarra a következtetésre kell jusson, bármit is gondolnak egyébként a világról”

Ennek azonban előfeltétele, hogy a méretezés ne egy megtúrt marginális elem legyen a műszaki szabályozásunkban, hanem annak motorja. Ennek megvalósítása azonban koherens műszaki szabályozás nélkül nem lehetséges.

7. Hivatkozások

Nemesdy Ervin: Az aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezésének új szabályozása Magyarországon. Közlekedéscépités- és Mélyépítéstudományi Szemle, XLII. évfolyam, 6. szám.

Stephen F. Brown: An introduction to asphalt pavement design in the UK . Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Transport, ISSN 0965-092X | E-ISSN 1751-7710 olume 166 Issue 4, August 2013, pp. 189-202

Gáspár et al: A hazai GmB kötőanyagú útpályaszerkezeti rétegek komplex viselkedési értékelése. Kutatási jelentés, 2019. Megrendelő: MOL Nyrt.

Forrás: RIJKSWATERSTAAT. 1991. Structuur in Eisen. Report MA-R-91009. Road and Hydraulic Engineering Division, Rijkswaterstaat. Delft.

Dr. habil. Gáspár László: Az útburkolatok teljesítőképessége. Közúti és mélyépítési szemle 54. évfolyam 11. szám National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2013. Framework for Performance Specifications: Guide for Specification Writers. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/22558>.

Tények és gondolatok az útburkolatok tervezéséhez

Dr. Törőcsik Frigyes



nyugdíjas mérnök

Az utak, autópályák pályaszerkezetének tervezése mindig kitüntetett feladata volt a szakmai döntéshozóknak és a széles szakmai közvéleménynek is.

Minden időben célszerű áttekinteni a tapasztalatokat, különösen akkor, amikor kampányszerű, nagy mennyiségű új út és autópálya épül, és kerülnek felújításra nagy hosszban meglévő útjaink, mint jelenleg is. A HAPA ez évi nemzetközi konferenciája is ennek jegyében tűzte fő napirendi pontjának az útburkolatok tervezését. A cikk szerzője is ezért tekintette át az elmúlt évek szakcikkait a konferenciára készülve. **Többet foglalkoztak jeles kollégáink közül a legkülönbözőbb útpályaszerkezetek forgalmával, élettartamával, minőségével.** Dr. Keleti Imre az autópályák betonburkolatának indokoltágáról írt az M-0 újabb szakaszának építése előtt. Dr. Gáspár László a főbb évtizedes burkolatállapot megfigyelés és az abból levonható következtetések fontosságáról írt. Karoliny Márton igen újszerűen az aszfaltrétegek számának és vastagságának csökkentésére hívta fel bátran a figyelmet. Dr. Rigó Mihály az útpályaszerkezetek tervezésének komplexitására és a takarékos tervezésre tett javaslatot. Jelen cikk szerzője korábban több szakcikkében és az előadásában is az **ÉRTEKELEMZÉS módszerének a fontosságáról emlékeztet meg**, hiszen mind a nagyüzemi gyártási folyamatokban, mind a beruházások előkészítésében a nagyvilágban általánosan alkalmazott, kitüntetett eljárásról van szó. (Emlékeztetőül: a szükséges és elégséges feltételek összhangjáról van szó!)

Érdemes emlékezni rá, hogy hazánkban már a múlt század hetvenes évtizedében vizsgálva kötelezett oktatása volt ennek az elméletnek a fiatal vállalati és hivatali döntéshozók körében. Az autópálya szerkezetek tervezésének áttekintését először is azzal kell kezdeni, hogy **nem csak a kopóréteget kell számba venni, hanem a teljes burkolatot** az alapokkal és a földmű felső burkolat alatti részével is. Ezt a szemléletet tükrözi a legfrissebb burkolatrészek elhatárolási és elnevezési szándéka is.

Természetesnek tűnik, hogy a tervezés során, már a módszerek megválasztásakor, **meg kell különböztetni az**

új utak és autópályák burkolattervezését és a meglévő úthálózat egyes elemeinek a burkolatkarbantartását, felújítását.

Talán nem is szükséges indokolni ezt a megkülönböztetést, csak arra hivatkozni, hogy amíg az új burkolattervezéskor adaptálni lehet a legkorszerűbb külföldi tapasztalatokat, módszereket, addig a meglévő útjaink mindenkori állapota magán hordozza az elmúlt évtizedek, évszázad valamennyi sajátos változását. A HAPA kezdeményezése ezért is volt elismerésre méltó, hiszen igen tömör, többirányú megközelítést ismerhették meg a konferencia résztvevői a külföldi előadóktól. A hallottakat jól lehet majd hasznosítani azokkal a tapasztalatokkal, melyeket az elmúlt évek, évtizedek alatt autópályák burkolatainak felújításakor szereztünk. Az értékes korai tapasztalatokat mérlegelve, **az M-7 autópálya bal pályájának felújításából származnak a legfigyelemre méltóbb ismeretek.** A felújítás a múlt század nyolcvanas évtizedére esett, amikor az útbeton felületének tömeges meghibásodásával semmilyen akkor ismert javítási technológiával nem lehetett lépést tartani. (Műanyagcs foltos javítás, öntött aszfalt, stb.) A szakmai és tárcaszintű vezetés nehéz helyzetben volt, mert a felverődő, felszívott betontörmelék egyre több balesetet okozott. Hagyományos útbetonfelújítási technológiával két kilométer felújítása már megtörtént (betontáblák törésével, a hézagok tisztításával és a szükséges mértékű 16–18 cm-es aszfaltburkolat fedéssel) azonban annak költsége és a pálya teljes lezárása a következő 55–60 km-re nem volt lehetséges.

Új módszerre, új eljárási rendre, új szemléletre volt szükség. A nemzetközi tapasztalatokat kellett segítségül hívni. Nemzetközi versenytárgyalás, majd azt követő 4 db 500-500 m-es kísérleti szakasz építése következett. A nyolcvanas évtized elején ez a módszer igencsak újnak számított. A megvalósításhoz az kellett, hogy **a szakmai vezetés teljesen szabad kezet kapott**, azzal a megszorítással, hogy a kiválasztott technológiával kivitelezett javítás, aszfaltburkolat legalább öt évig hibamentesen állja a forgalom hatását. (A kiválasztott technológia Európában is újnak számított. Modifikált bitumen kellett hozzá, melyet Kölnből melegen, szigetelt tartálykocsiban kellett a helyszínre szállítani.) A régi pálya összetörése és a hézagok kitisztítása sem jöhetett szóba a lezárások rövid élettartama miatt. Hétvégére a balatoni hazautazó forgalomnak mindig át kellett adni a pályát! **(A 3 cm-es modifikált bitumennel készült melegaszfalt réteg alá egy modifikált bitumennel készült SAMI réteg került felhordásra.)**

Ezzel az eljárással készült el a balpálya burkolatának megóvása a 90-es km-ig. Az előírt ötéves élettartamot messze hosszabb ideig, **10–15 évig élte meg ez a burkolat** a jobb pályával együttes teljes felújításig, az évezred végéig, illetve az új évezred első évéig.

A kiváló minőséget a szakma példás összefogása eredményezte. A technológia ellenőrzésében a KTI mellett az Egyetem Útépitési Tanszékének akkor még igen aktívan

működő laboratóriuma is részt vett, személyesen Nemesdy Ervin professzor úr vezetésével. A kivitelezésre is a nagyfokú együttműködés volt jellemző a két nagy útépitő vállalat részéről (Aszfalt és Betonútépítők részéről).

Példaként szolgálhat napjainkra is, ha hasonló szakmai kihívással kellene számolnunk.

Az M-7 jobb pálya felújításakor, már az új évezredre készülve, az első években más jellegű meghibásodásokkal is kellett számolni. Nem csak a betontáblák felülete károsodott, hanem egész táblák mentek tönkre, mozogtak. A forgalom hatására felszínre törtek a sáros, iszapos vizek. A pálya felújítása hagyományos módszerrel történt, de először a víztelenítést kellett megoldani. Alapvető fenntartási hiányosságokat kellett kijavítani. Az ágyazati réteg kivitelezéséből és a fenntartási hiányosságokból nyert tapasztalatokat a tervezői és kivitelezői szakmai kör a későbbiek során hasznosította.

Azokban az évtizedekben más jellegű tapasztalatokat is szerzett a szakma, **hiánypótló kezdeményezés volt az M-1-es autópálya építéskor a hézagos, rugalmas kőalap építése Győr térségében.** Hamar megjelentek ezen a szakaszon a keréknyom vályúk, párhuzamosan az egyre növekedő nemzetközi kamionforgalommal. A vizsgálatok egyértelműen igazolták, hogy az NZK alap utántömörödése okozta a keréknyom vályúk kialakulását. (A keresztben kifűrészelt minta tanúsága szerint.)

Sajnos újabb szakasz azóta nem épült; gondosabb, frakciónként összeállított anyagból pedig indokolt lehetne több szempontból is.

Az új útburkolatok tervezéséhez tehát több igen értékes, hasznos tapasztalattal rendelkezünk (vékony aszfalt réteg, rugalmas alap, stb.).

A jövőbeni döntéselőkészítés során több időközben újabb, nem elhanyagolható szempont **is figyelemmel kell lenni.** Különösen a környezetünk védelmére és **a légköri felmelegedés** hatására kell odafigyelni. Különböző világjelenségek hatására a **bitumen árának hektikus változása** is befolyásolhatja egyes nagyobb létesítmények burkolatának megválasztását. Már ma is nehézséget jelent a kőbányák területének további igénybevétele a **Natura 2000 program által zárolt területeken**, de a jelenlegi köellátás is akadozik, ezért több nagy keverőtelep már ma is külföldről szerzi be a jó minőségű nemeszúzalékot. Más okok miatt is előfordult már, hogy a főutak kopórétegéhez mészkő zúzalékot használt fel a kivitelező szakma. A részletes áttekintés alapján tehát az új pályaszerkezet jövőbeni tervezéséhez az alábbi gondolatokat javasolható figyelembe venni:

- Az aszfaltok összességének és az egyes rétegek vastagságának csökkentése
- A burkolatalapokat nem kizárólag CKT-vel lehet csak tervezni, a rugalmas NZK alapok ismételt alkalmazása megfontolandó
- Az igen alapos előkészítés után kivitelezett M-0 autópálya betonburkolata sajnos nem igazolta a várakozásokat. Beigazolódott az a tétel, hogy egy nagyforgalmú útra készítenő burkolatot csak hosszú előkészítés után, több betanuló szakasz sikeres teljesítésével lehet programba venni
- A geometriai tervezés mellett az útpályaszerkezet megválasztása is nagyobb figyelmet, komplexebb szemléletet kíván.

A meglévő útjaink pályaszerkezetének fenntartása, felújítása még komplexebb ismeretet és szemléletet kíván.

Talán nem kíván a fenti követelmény bizonyítást, de ha áttekintjük a nemzeti úthálózat változását, fejlődését a XX.

században, akkor meg is kapjuk a választ. Az úthálózatunk kezelési rendjében, az útjaink minőségében, különösen a pályaszerkezet anyagaiban és geometriájában (szélesség, vastagság) végbement változásokat jelen összefoglaló, tömör előadási témákat taglaló cikktől ezt a bizonyítást nem lehet elvárni.

Az úthálózatunk pályaszerkezetének jelenlegi minőségét azonban be kell mutatni annak érdekében, hogy előljáróban **bizonyítást nyerjen az a kényszer, hogy nem az új utak tervezésével azonos módon kell eljárni.**

A nemzeti úthálózat alsórendű forgalmi kategóriájú része kerekítve mintegy húszezer kilométer igen heterogén pályaszerkezettel bír mind a szélességét, mind a szerkezetét és anyagát illetően. Történelmünk során az útjaink a szekérforgalomra épültek három, négy méter szélességűre, még a főutak szélessége sem érte el a hat métert. A II. világháború után, különösen a hatvanas évtizedben kezdődtek a főutak korszerűsítései, először még azok is hat méterre. Az alsórendű utakon pedig fokozatosan négy, majd öt, és végül hat méterre. **A szélesítések anyagai, és különösen a minősége, igen változatosak voltak. Kőbányák melléktermékei, kohósalak, pernye stabilizáció, kő és kavicsbányák meddő anyagai lettek felhasználva, gyakran az akkori anyagihiány miatt is.**

A hetvenes évtizedben, amikor a nagy aszfaltszönyegezési program elkezdődött, az utak szélességét nem érintette. Azóta három-négy évtized is eltelt. Az akkori és a későbbi szélesítések gyenge minősége mai napig **érezeti hatását a pályák két szélén, a szélesítések vonalában megjelenő repedések formájában.** A meglévő pályák felújítása során tehát egy keresztmetszetben igen eltérő teherbírás, vastagság, profilhelyesség szerinti minőségi eredményeket tapasztalhatunk. A pályaszerkezetek felújítása során nagy **segítséget nyújt az Útadatbankban szereplő minőségi adatok** sora. (Emlékeztetőül az olvasók figyelmébe ajánlható: a hetvenes évtized második felében készült el a nemzeti úthálózat **MEGFELELŐSÉGI vizsgálata.** Szakmai egyetértéssel kiválasztott minőségi paraméterekkel a teljes nemzeti úthálózat felmérése, minősítése megtörtént. Az így nyert adatok helyhez kötöten szerepelnek azóta is évente frissítve az útadatbankban.)

A meglévő utak burkolatának felújítása során **a legfontosabb tudnivaló a mindenkori állapot részletes ismerete és annak a tervezésbe való számbavételei lehetősége.** A kialakult módszereink erre választ adhatnak, azonban az egyes keresztmetszeteken belül is igen eltérő paraméterekkel találkozhatunk. Más anyaga, szerkezeti vastagsága lehet az eredetileg még három, négy méter szélességű pályatestnek és a többszöri szélesítéseknek, és a különböző fedőrétegeknek. (Itatások, kötőzúzalékok, felületi bevonatok és kiegyenlítő hidegkeverékek.)

Annak érdekében, hogy a különböző technológiáknak fontos szerepe és nagyságrendje lehessen egyes éves országos tervekben, programokban, az országos **szakmai vezetés megrendelte 2006-ban a Nemzeti Út-hidfelújítási Programot (NUP) egy felkészült szakmai közösségtől.**

Külön követelménye volt ennek a rendkívül érdekes, újszerű feladatnak, hogy valamennyi megyével, a megyei vezetéssel és a Közüti Igazgatóságokkal is kellett egyeztetnie, és egyetértő eredményt elérnie a készítőknél, mely 80%-ban sikerült is.

Legnagyobb erénye ennek a szerteágazó munkának az volt, hogy több mint **5.000 km-en igazolta a HIDEGREMIX technológia indokoltágát.** (Erre a következtetésre akkor jutott a program, amikor a meglévő

igen rossz minőségű útburkolat – több paraméter 5-ös minősítésű volt – **több mint 15 cm aszfalterósiást kívánt volna!**

A **hidegremix eljárás tömeges alkalmazását** ez a bizonyító erejű **szakmai feltárás elősegítette**, de még mindig fellelhető volt évekig egyes tervezői és közútkezelői ellenérzés, melyhez konkrét érvek soha nem voltak megismerhetők. A meglévő gyenge teherbírású, profilt veszített úthálózati elemek burkolatának felújításakor korábban **kiegyenlítő aszfaltanyagot terveztek a tervezői programok**. Igen drága, és a jövőbeni forgalom számára az egyenetlen vastagságú aszfaltanyag magában hordozza az egyenlőtlen tömörödést, gyors profilromlást. **Ilyen esetekben is igen megfontolandó a HIDEGREMIX technológia betervezése**, továbbá az ívekben a korábbi túlemelések elégtelenségének korrigálása is igen vastag, gyakran 10 cm-t is elérő, vagy meghaladó aszfalttrétegeket kívánna a helyes keresztirányú profil kialakítása. A gyakori kis **sugarú ívek belső részének szélesítése is felveti a HIDEGREMIX igényét az aszfaltozás előtt**.

A meglévő útjaink víztelenítése az évtizedek során kedvezőtlenül alakult. Az árkaik feliszapozódtak, gyakran alakultak ki az árkok külső oldalán bakhátak. A korábbi padkaszivargók eltömődtek, a szélesítésekkor nem mindenhol lettek meghosszabbítva, kivezetve. Az útjaink víztelenítésének, árokrendszereinek bevezetése a befogadókban sokszor

ellehetetlenült az útmenti földterületek tulajdonváltásai következtében. Több alföldi megyében belvizes területeken vezetnek útjaink. Ezek az útjaink mélyfekvésűek, télen és tavasszal belvízzel súlytottak. Ezeket az utakat csak teljes pályaszerkezet cserével, a földmű megemelésével, a **TELE-PI HIDEGREMIX eljárással lehet felújítani**. Erre is vannak sikeres ipari méretű referenciáink.

Összefoglalva:

- A meglévő alsórendű kisforgalmi útjaink burkolatának felújításakor a tervezésnek a helyes technológia kiválasztására, a meglévő út igen részletes feltárásával kell felkészülni.
- Nem a feltárással kell takarékoskodni, hiszen annak a költsége a tervezéssel együtt sem haladja meg a 2–3%-ot!
- Műszaki, gazdasági, hatékonysági vizsgálattal lehet csak megnyugtatóan a helyes megoldást kiválasztani. A kiegyenlítő aszfaltok mennyiségét minimalizálni kell.
- Természetesen az összes közreműködő részéről lehetnek érdekkülönbségek (egyszerűbb, vagy összetettebb az eljárás, könnyebben, vagy nehezebben beszerezhetőek az egyes építési anyagok, több műszaki irányítást és esetleg előmunkát kíván az egyik technológia a másikkal szemben), azonban **ezeket bölcs szakmai döntéssel, kellő kompromisszumkészséggel mindig át lehet és kell hidalni**.



A Közúti Szakemberekért Alapítvány díjkiosztója immár hagyományosan HAPA Konferenciáján történik. Pallay Tibor a kuratórium elnöke, és Dr. Törőcsik Frigyes a Közúti Szakemberekért Alapítvány alapítója adják át a díjakat. A 2020-ban az „Életmű díjat” Valenta Pál, míg „Az év fiatal kivitelező mérnöke” díjat Rosta Szabolcs kapta. Gratulálunk!

Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek tervezésének Megrendelői szempontjai és a tervezéshez kapcsolódó követelmények újdonságai

Purgel Ferenc Attila



szakértő,
NIF Zrt.

zási dokumentumok alsóbb szintjein viszont már sokkal konkrétabb, mérhető és igazolható követelményeket kell meghatározni, természetesen úgy, hogy azok igazodjanak a magasabb szintű dokumentumok szellemiségéhez, követelményeihez.

2. A szabályozási dokumentumokban bekövetkezett, a pályaszerkezet tervezését érintő lényegesebb változások

2.1. A közutak építésének szabályozásáról szóló rendelet tervezet (KÉSZ)

Követelményeit és szellemiségét az új Útügyi Műszaki Előírások készítése során alkalmazni kell. Ez az előírások koordinálásáért felelős Magyar Közút és MAÚT részéről is elvárás az előírásokat készítő szakbizottságok felé.

2.1.1. Aszfaltburkolatú útszerkezet ábrája

Az ábrát a KÉSZ-ben meghatározott fogalmaknak megfelelően az új Útügyi Műszaki előírások tartalmazzák. Újdonsága pályaszerkezet szempontjából, hogy a burkolat nem csak a kopó és a kötőréteg együttesét jelenteti, hanem a pályaszerkezeti aszfalttrétegeket, tehát a kopó, a kötő és az aszfalt alaprétet is.

2.1.2. Tervezési élettartam változása

A KÉSZ módosítani fogja a tervezési élettartamokat is. A jelenlegi szabályozásaink az útkategóriától és a burkolat típusától függően eltérő tervezési élettartamokat határoznak meg. A KÉSZ szerint a burkolat típusától függetlenül az autópályák és autópályák esetén 30 éves, a főutak esetén 20 éves, egyéb közutak tervezésekor 15 éves tervezési élettartamot kell alkalmazni. Aszfaltburkolatok esetén ez a jelenlegi szabályozáshoz képest növekedést jelent, ami megrendelői szempontból azért lényeges, mert

1. A szabályozási környezet

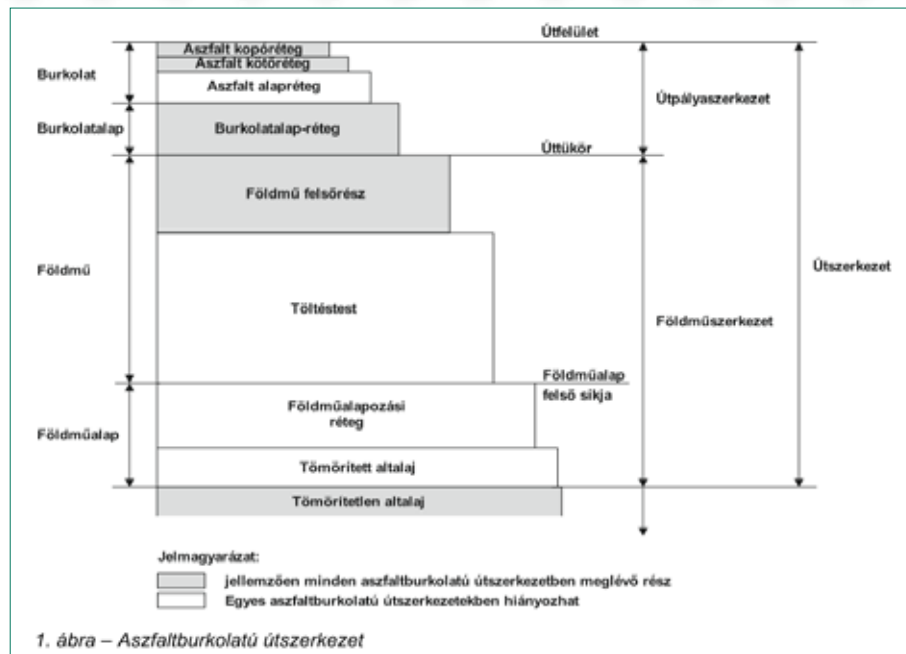
Műszaki szabályozásunknak célja, hogy az építményeink a velük szemben meghatározott és elvárt igényeknek megfeleljenek, vagyis a rendeltetés szerinti használatra alkalmasak legyenek. Ennek teljesítését különböző szintű szabályozási dokumentumokban meghatározott követelmények előírásával és annak betartásával, betartatásával tudjuk biztosítani.

A magasabb szinten elhelyezkedő dokumentumok jellemzően csak általános jellegű, nem igazán részletes, alapvető célokat, irányokat határoznak meg. A szabályo-

SZABÁLYOZÁSI KÖRNYEZET

A követelményeket különböző szintű szabályozási dokumentumok tartalmazzák.

- Jogszabályok
 - Törvények
 - Rendeletek
- Műszaki specifikációk (útügyi műszaki szabályozási dokumentumok)
 - Nemzeti szabványok
 - Ágazati szabványok (pl.: Útügyi Műszaki Előírás)
 - Európai műszaki értékelés (ETA)
 - Nemzeti műszaki értékelés (NMÉ)
- Egyéb szabályozás
 - Szerződéses dokumentumok



1. táblázat – Aszfaltburkolatú utak igénybevételi kategóriái							
Forgalmi terhelési osztály							
A alatt	A	B	C	D	E	K	R
Igénybevételi kategória							
könnyű (P)	normál (N)		fokozott (F)			intenzív (I)	
Aszfaltkeverék jelzete							
(N)			(F) vagy (mF)			(mI)	

jellemzően a pályaszerkezetünk építési költségeinek a növekedésével is jár, így a fenti követelmény életbeléptetése esetén a folyamatban lévő beruházásoknál a tervek korszerűségi felülvizsgálatán túl a támogatási szerződés módosítását is eredményezheti.

2.1.3. Két, egymással egyenértékű útszerkezet változat vizsgálata

Nagyobb beruházások esetén a KÉSZ előírja, hogy a tervezés során legalább két útszerkezet változatot kell meg-

és az intenzív (I) igénybevételi kategória.

Az előírás az igénybevételi kategóriákhoz igazodva határozza meg a tervezhető aszfaltkeverék-típusokat, ennek megfelelően egyes típusoknak változtak a megnevezései és esetenként a követelményei is, továbbá új típusok is megjelentek. Lényeges még, hogy fokozott igénybevételi kategóriába tartozó AC típusok esetén lehet gumibitument használni, így ha a terveken csak az (mF) jelzetet szerepeltetjük és nem kerül megadásra a kötőanyag típusa, akkor a Kivitelező döntheti el, hogy a keveréket PmB-vel, GmB-vel, vagy normál bitumennel és modifikáló szerrel gyártja. D és E forgalmi terhelési osztály esetén a jövőben erre szeretnénk egyre több lehetőséget adni megrendelői oldalról.

2.2.2. Útfelújításokra vonatkozó követelmények újdonságai

A fenti ábra az új aszfaltos előírás útfelújításokra vonatkozó függelékében szerepel, a profiljavító és a kiegyenlítő réteg értelmezését segíti. A függelék az igénybevételi kategóriától függően meghatározza a kiegyenlítő és a profiljavító rétegek tervezhetőségét, valamint az építhető típusokat és azok vastagságainak a határértékeit. A rétegek minőségigazolása

is eltér az általánostól, ezért fontos, hogy ezen rétegek pontos megnevezése már a terveken helyesen szerepeljen. Méretezés szempontjából lényeges változás, hogy a tervezett minimális vastagság a megerősítés vastagságába beszámítható.

2.3. e-UT 06.03.53:2018 Kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú burkolatalapok című előírás

A kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú burkolatalapokra vonatkozó előírás is tartalmaz néhány tervezésre vonatkozó újdonságot.

Az egyik, hogy A, B, C és D forgalmi terhelési osztály esetén $C_{1,5/2}$ szilárdsági osztályú alapréteg is építhető (pl.: CK-2). A reflexiós repedések szempontjából előnyös lehet kisebb forgalmú utaknál.

A másik újdonsága, hogy a reflexiós repedések kialakulásának a korlátozására vonatkozó rész is módosult. Pontosításra kerültek a feszültségmentesítési eljárások és a feszültségnyelő réteg alkalmazásának feltételei, továbbá tartalmazza magának a rétegnek a követelményeit is. Ezen réteg alkalmazásával kapcsolatban nem minden tekintetben volt azonos az álláspontunk a Magyar Közúttal, de úgy gondolom, hogy sikerült kompromisszumos megoldást találnunk.

2.4. e-UT 05.02.56:2019 Hideg remix című előírás

Pályaszerkezet tervezés szempontjából lényeges, hogy változott a méretezési eljárás. A korábbi előírás egy képlet alapján 20%-kal növelte a típuspályaszerkezethez megadott aszfaltvastagságokat, amelyet a burkolatalap vastagságával is korrigálni kellett.

A, B, C és D forgalmi terhelési osztály esetén megmaradt ez az elv, de a képletben az aszfaltvastagság szorzó tényezőjét a remixált réteg kötőanyagának a típusától függően határozza meg.

$$V = \frac{k \cdot V_{aszf} \cdot H_{remix}}{H_{megmaradó} + H_{remix}}$$

k = 1,1 rugalmas kötőanyag
 k = 1,2 vegyes kötőanyag
 k = 1,3 hidraulikus kötőanyag

E, K és R terhelési osztály esetén a méretezési előírásban a Ckt alapréteghez tartozó típuspályaszerkezetre megadott aszfalt összvastagság tervezendő.

2.5. NIF Tervezési diszpozíció változásai

A tervezési diszpozícióknkban a hatályos méretezési előírás követelményeihez igazodva, azokat kiegészítve az előírástól részletesebben határoztuk meg a meglévő pályaszerkezetek állapotértékelése során elvégzendő vizsgálatokat.

Az elsődleges szempontunk az volt, hogy tisztább helyzetet teremtsünk, ugyanis a jelenleg hatályos előírásaink csak részben tartalmazzák ezeket a követelményeket és a vizsgálati gyakoriság még ezeknél sincs minden esetben megadva. A másik ok hogy a vizsgálatok költség és idő igényének tervezése, ütemezése nagyobb figyelmet kapjon.

Úgy tudom, hogy geotechnikai vizsgálatok esetén hasonló problémák vannak, és ott már egyeztetés folyik ennek az ütiügyi műszaki előírás szintjén történő kezeléséről.

– A rétegfelépítés meghatározásához a mintavételt 1 km-enként, sávonként felváltva írjuk elő.

- Aszfaltösszetétel vizsgálatot csak helyszíni újrahasznosítás esetén írunk elő. Melegremix esetén 1 km-enként, míg hidegremix esetén 2 km-enként, sávonként felváltva kell vizsgálni.
- Az aszfaltrétegek megfelelő együtdolgozása nagyon lényeges a pályaszerkezet élettartama szempontjából, ezért a meglévő megmaradó rétegek esetén is kérjük ennek a vizsgálatát 1 km-enként, sávonként felváltva.
- A nyomvályúsodás vizsgálat esetén az új aszfaltos UME már elég részletesen tartalmazza azt, hogy milyen esetben és milyen módszerrel kell elvégezni a vizsgálatot, továbbá határértéket is tartalmaz, így erre vonatkozóan csak a gyakoriságot kellett szabályoznunk. A mintavételi és helyreállítási nehézségek miatt csak 5 km-enként, sávonként felváltva írunk elő az elvégzését.
- Az 5 km-t meghaladó intenzív igénybevételi kategóriába tartozó utak esetén előírjuk a megmaradó aszfaltréteg(ek) merevség vizsgálatát és a hidraulikus kötőanyagú alapréteg nyomószilárdság vizsgálatát. A merevség a későbbi méretezési eljárás kidolgozásához adhat információt. A nyomószilárdág vizsgálat a jelenlegi összehasonlító módszer alkalmazásánál lehet lényeges, igazából itt már az is információ, ha egyáltalán kifúrható a minta.

A tervezési diszpozícióban lehetőséget adunk arra, hogy korábbi vizsgálatokat is fel lehessen használni, amennyiben a hibafelvétel és a behajlásmérés alapján számottevő állagromlás a korábbi vizsgálat elvégzését követően nem jelentkezett.

Bízom benne, hogy ezen módosítások, a megerősítések tervezésénél egyértelműbb helyzetet és jobb műszaki megoldásokat eredményeznek, továbbá, hogy a tervezések során nagyobb figyelmet kap a meglévő pályaszerkezetek állapotértékelése.

3. Próbaszakaszok monitoring rendszere

A lényege, hogy monitoring vizsgálatokat szeretnénk végezteni azokon a munkákon, ahol újszerű vagy a szokásostól kisebb-nagyobb mértékben eltérő alapanyagok, építési termékek, technológiák kerülnek felhasználásra, alkalmazásra. Az adott termékhez, technológiához igazodó vizsgálatok az építést megelőzően, az építés alatt és a „0” állapot felvételtől továbbá a jótállási időszakban évente történének. Párhuzamosan egy kontroll szakaszon is lennének vizsgálatok annak érdekében, hogy valós összehasonlítást tudjunk végezni az újszerű termékek, technológiák és rétegrendek vonatkozásában. Jelen állás szerint a kivitelezési munkákra vonatkozó kiírás tartalmazná ezeket, de a jövőben szeretnénk, ha ezt egy külön szervezet tudná végezni.

Egyelőre a felsorolt újszerű termékeknél, rétegeknél, rétegrendeknél merült fel ezen vizsgálatok elvégzése.

- Gumibitumenes aszfalt
- Road Mesh acélháló
- SAM/SAMI réteg
- ENERGOCELL
- Örökaszfalt burkolat

3.1. Korábbi próbaszakaszok

Egyes beruházásokon már korábban is építettünk hasonló jellegű próbaszakaszokat.

Az M30 gyorsforgalmi út Tornyosnémeti – Országhatár közötti szakasz esetén a reflexiós repedések áttükröződésének korlátozására három eltérő technológiát alkalmaztunk. Az első szakaszon a hézagképzésen és a repesztésen túl a klaszikus modifikált bitumenes SAMI réteg került beépítésre, a



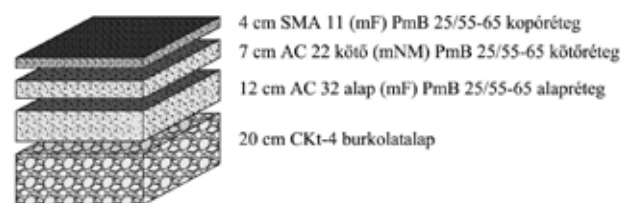
második szakaszon csak hézagképzés és repesztés történt, a harmadik szakaszon a hézagképzés és a repesztés mellett hordozóanyag aszfalttrácsot építettek be. A szakaszok hossza kb. 500 – 500 m volt. Ugyan még csak három év telt el, de eddig úgy tűnik, hogy mind a három módszer jól vizsgázott, mert az eddigi információk szerint keresztrepedésre vonatkozóan eddig nem történt garanciális bejelentés egyik szakaszon sem.

3.2. Tervezett és épülő próbaszakaszok

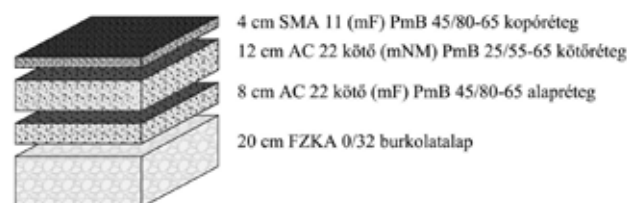
Jelenleg az alábbiakban felsorolt munkák esetén látszik legvalószínűbbnek, hogy ilyen monitoring vizsgálatokat tudunk végezni, végeztetni.

Az első beruháznál még kiírás előtt vagyunk, így viszonylag nagy a mozgásterünk. A másik két munka viszont már kivitelezés alatt van. Ezeknél kompromisszumos megoldásra törekszünk a monitoring vizsgálatok vonatkozásában, és nagymértékben támaszkodunk a Magyar Közút laborjára.

- A 37. sz. főút Gesztely-Szerencs közötti szakasz 2x2 sávra történő bővítése kapcsán egy 500 m-es próbaszakasz került kijelölésre, ahol a meglévő pálya megerősítésénél a kötőréteg alá, az új pálya esetén az aszfalt alapréteg alá kerül beépítésre a Road Mesh acélháló.
- Az M85 gyorsforgalmi út Csorna II. ütem–Fertőd–Endrédmajor csp. közötti szakaszán 2 km-es gumibitumenes próbaszakasz építése lett előírva. Itt mind a három aszfalttréteg esetén gumival modifikált bitumént használunk a PmB helyett. A gumibitumen alkalmazása már nem igazán számít újdonságnak, ennél a próbaszakasznál a nagyobb forgalmi terhelésre való alkalmasságát vizsgálunk és szeretnénk összehasonlítani a tulajdonságait a PmB-vel készülő keverékekkel.
- Az M85 gyorsforgalmi út Fertőd–Endrédmajor csp.–Nagylozs közötti szakaszán Kivitelezői kezdeményezésnek köszönhetően kerülhet sor egy innovatív útpályaszerkezet megépítésére, amelynek a Kivitelező az örökaszfalt burkolat megnevezést adta.



Eredetileg tervezett rétegrend



Módosított rétegrend

A módosított rétegrend egy 500 m-es szakaszon épülne a jobb pályán (57+300 – 57+800 km sz. között).

A ckt helyett FZKA alapréteg épül, az aszfalttrétegek közül a kopó és az alapréteg a PmB 25/55-65 típus helyett PmB 45/80-65 típusú bitumennel készül, valamint változik az aszfalt alapréteg típusa is (AC 22 kötő (mF) lesz az AC 32 alap (mF) helyett). A kötőréteg típusa nem változik, de a vastagsága növelve lett, ez a magasabb merevsége és a jobb maradé alakváltozási tulajdonsága miatt előnyös.

Reményeink szerint elsősorban a jobb fáradási tulajdonságokkal rendelkező aszfalt alaprétegnek köszönhetően a teljes szerkezet élettartama várhatóan jelentősen megnő. A kötőanyag nélküli alapréteg miatt nem kell reflexiós repedésekkel számolni, és remélhetőleg a kopóréteg hideg oldali tulajdonságai is kedvezőbbek lesznek a rugalmasabb kötőanyagoknak köszönhetően.

4. Építménybe betervezett építési termék elvárt műszaki teljesítménye

Az építési termékekre vonatkozó hazai szabályozás, a 275/2013. Korm. Rendelet szerint a tervezőnek a felhasználás módját és az élettartam alatt várható hatásokat figyelembe véve kell meghatározni az építési termék elvárt teljesítményét. A jogszabály alapján ez a tervező feladata és felelősége, de úgy gondolom, hogy ennek meghatározásában a megrendelőnek és a műszaki szabályozásunknak, elsősorban az ütügyi műszaki előírásoknak nagymértékben segítenie kell a tervezőt.

Az aszfalttípusok kiválasztásához és rétegrendek megtervezéséhez szerintem a jelenleg hatályos előírásaink elég sok segítséget adnak, de az új méretezési előírásunk átdolgozása során reményeim szerint ezt tovább tudjuk javítani, annak érdekében, hogy az úthasználói igényeket kielégítő, műszaki és gazdasági szempontból optimális, nagy élettartamú burkolataink épüljenek.

„MOL Gumibitumen”-es útépítési tapasztalatok Tatárföldön

Dr. Geiger András

Kutatás Fejlesztési
senior szakértő
Mol



Király Ákos

Területi vezető
TPA hu Kft.



A MOL a GmB 45/80-55 jelölésű gumival modifikált bitumen termékét 2013-tól gyártja, azóta számos útépítő cég alkalmazta Magyarországon különböző útfelújítási és építési projektjei során. 2019-re a termék hazai szabályozási környezete is „helyre került” a megújult hazai ütügyi műszaki előírások keretében. A tavalyi évhez kapcsolódó újdonság a GmB 45/80-55 termék történetében az is, hogy a hazai és korábbi szlovák alkalmazás mellett további két országban, Szlovéniában és Oroszországban is felhasználásra került kísérleti jelleggel. A 2020. február 18–19-én megrendezett XXI. HAPA Konferencián az oroszországi gumibitumenes útépítés előkészítése és építési tapasztalatok kerültek bemutatásra. Ez a cikk, részben úti beszámoló jelleggel, összefoglalja a konferencián bemutatott előadást.

Előzmények

A 68 ezer km² területű, mintegy 3,9 millió lakosú Tatárföld (Tatár Köztársaság, Tatársztán) Oroszország egyik tagköztársasága. Fővárosa Kazany, Tatárföld nyugati részén fekszik, Moszkvától mintegy 800 km-re keletre. Iparának fejlődését döntően meghatározta a jelentős szénhidrogén vagyona (pl Romaskhino kőolajmező), melynek kitermelésében azóta is kulcsfontosságú szerepe van az 1950-ben alapított Tatneft Olaj- és Gázipari vállalatnak. A Tatneft kőolaj kitermelése az 1960-as évek végén elérte a 100 millió tonna/évet, napjainkra ez a mennyiség kb. 29 millió tonna/évre csökkent [Tatneft-1, Tatneft-2]. Összehasonlításként,

a MOL Dunai Finomítója Százhalombattán évente kb. 7 millió tonna kőolajat dolgoz fel.

A MOL és a Tatneft kapcsolata a kőolaj kitermelési üzletághoz (Upstream) kötődik. 2018-ban a két vállalat közti megbeszélésen bemutatásra került a MOL gumibitumen terméke és saját fejlesztésű gyártástechnológiája is. Mivel a Tatneft az útépítő szektorban is érdekelt, továbbá mintegy 10 millió darab/év kapacitású gumiabroncs gyárral is rendelkezik [Tatneft-3], a hulladék gumiabroncsokból nyerhető gumiőrlemény ilyen fajta hasznosítása szintén felkeltette a cég érdeklődését. Tatárföld Magyarországtól való távolsága miatt elsősorban nem a gumibitumen termék, hanem magának a gyártástechnológiának a tatárföldi megvalósítása került előtérbe. Ehhez azonban a Tatneft egy gumibitumenes kísérleti útszakasz tatárföldi megépítését kezdeményezte a cég almetyjevski székhelyének közelében, Tatárföld dél-keleti részén [Marketscreener]. A mint-



1. ábra A MOL Zalai Finomítója és a tatárföldi Tatneftedor aszfaltkeverő üzeméi közti kb. 3200 km közötti távolság szemléltetése

egy 1 km hosszúság útszakasz megépítésével, amihez kb 70 tonna GMB 45/80-55 termékre lett volna szükség, saját tapasztalatot akart szerezni a termék minőségéről és felhasználhatóságáról az érdekkörébe tartozó Tatneftedor útépítő cég bevonásával.

Előkészületek a gumibitumen szállításához és útépítéshez

Az oroszországi kísérleti útépítés előkészítése során az első kihívást a MOL Zalai Finomítója és az Almetyjevszkben található Tatneftefor aszfaltkeverő üzem közti mintegy 3200 km távolság jelentette (1. ábra). Útépítési felhasználásra a különböző bitumen termékeket elsősorban az aszfaltkeveréshez szükséges magas hőmérsékleten (kb. 150–190°C), folyékony állapotban, közúton, tartályautóval szállítanak. A szállítás hatósugarára nincsen pontos előírás, ennek alapvetően a szállítás közben bekövetkező bitumen lehűlés szab határt. Ez függ a töltési hőfoktól, a környezeti hőmérséklettől, a bitumen típusától, a tartály műszaki paramétereitől és a tartályautó haladási sebességétől egyaránt. Ha túlságosan lehűl a bitumen a tartályautóban, akkor viszkozitása jelentősen megnő, ami a lefejtésnél okozhat problémát. Emiatt a szállítási hatósugár a töltés helyszínétől általában legfeljebb 800–1000 km lehet. A 3200 km ezt jelentősen meghaladja, ezért nyilvánvaló volt, hogy a hagyományos tartályautós szállítás nem jöhet szóba.

Speciális konténerbe töltve a bitumént több ezer km-es távolságra is lehet szállítani szárazföldön vagy vízen. A konténerben a bitumen lehűl, viszont a kialakítása lehetővé teszi, hogy a célállomáson fűtőolajjal felmelegítsék a megdermedt bitumént. Ehhez azonban megfelelő infrastruktúra szükséges a töltés és a célállomás helyszínén is. A hordóba (50–200

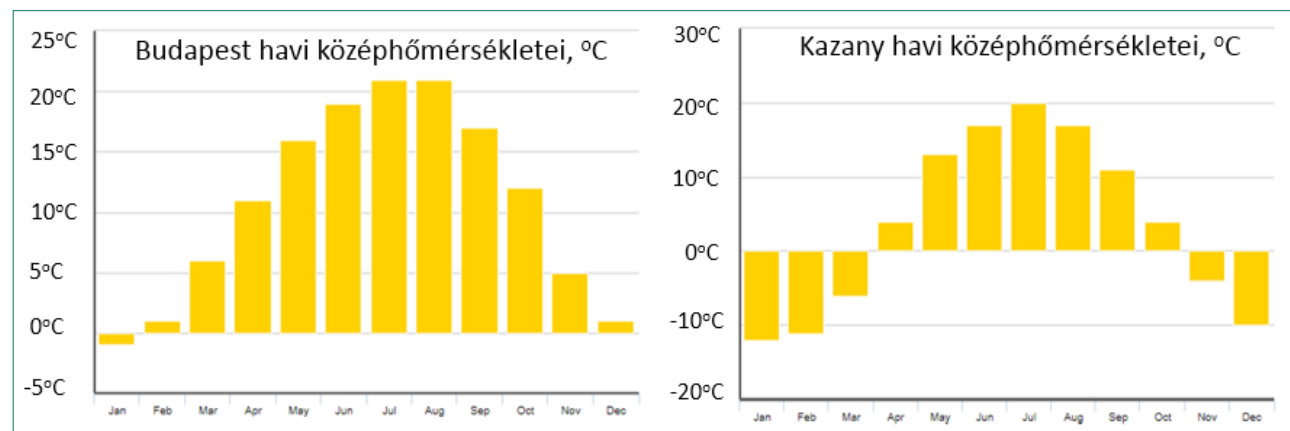
kg) vagy zsákba (20–30 kg illetve 500–1000 kg kiszerelés) töltött és megszilárdult bitumenek szintén tetszőleges távolságra szállíthatók, azonban a felhasználás helyszínén, vagy ahhoz közel szintén speciális berendezések szükségesek a környezeti hőfokon szállított bitumen felmelegítéséhez. Ezeket a lehetőségeket is megvizsgáltuk, de nem találtunk megfelelő megoldást. Végül olyan, szigeteléssel, tartályfűtessel ellátott és a szállított termék cirkuláltatására is alkalmas tartályautókat találtunk egy külföldi, fuvarozással foglalkozó cégnél, amelyek műszakilag alkalmasnak bizonyultak a Gmb 45/80-55 gumibitumen termék ilyen távolságra történő szállítására is. A logisztikai tárgyalások és szerződéskötés folyamata is elkezdődött a MOL és a szállítványozási cég között három tartályautónyi gumibitumen termék Zalaegerszegről Almetyjevszkbe történő szállítására.

Mindeközben a Tatneftedor aszfalt laboratóriumába elküldtük az aszfaltkeverék tervezéshez igényelt gumibitumént. A kísérleti útszakaszon SMA 20 kopóréteg típusú aszfaltot terveztek építeni. Az elvégzett laboratóriumi vizsgálatok során nagy hangsúlyt kapott a gumibitumenes aszfaltkeverékek deformációs ellenállása, mivel a tervezett útépítés helyszíne, a Nyizsnyekamszk – Almatyjevszk közti út nehézgépjármű forgalma nagy. A Tatneftedor aszfalt típus vizsgálatainak eredményeit az 1. táblázat foglalja össze. Visszajelzésük alapján a MOL által jelenleg gyártott egyetlen gumibitumen típus, a Gmb 45/80-55 megfelelt az elvárásaiknak, az eredmények alapján jelezték, hogy várják a három tartályautónyi, mintegy 70 tonna gumibitumént.

Tatárföld éghajlati adottságai miatt a gyártott aszfaltkeverékek alacsony hőmérsékletű viselkedését is kritikusnak tekintették. A 2. ábra Budapest és Kazany havi középhőmérsékleteit hasonlítja össze. Látható, hogy a

SMA 20	Zúzott arány %	Térfogat sűrűség g/cm ³	Víz-felvétel, %	Nyomó-szilárdság, MPa		Nyíró szilárdság:		Szakító szilárdság, 0°C MPa	Schellenberg, %
				R20	R50	Belső súrlódási együtt-ható	Nyíró tapadás 50°C MPa		
Mért értékek	78,8	2,54	2,33	3,98	1,18	0,96	0,21	4,18	0,12
		2,55	2,61	4,23	1,12			4,51	
		2,54	2,27	4,32	0,98			3,98	
GOST 31015-2002	70–80	-	1,0–4,0	>2,2	>0,65	>0,93	>0,18	2,5–6,0	<0,20

1. táblázat A Tatneftedor által elvégzett SMA 20 kopó aszfalt típusvizsgálat eredményei és az oroszországi GOST szabvány előírása



2. ábra Budapest és Kazany havi középhőmérsékleteinek összehasonlítása

kazanyi júliusi középhőmérséklet megközelíti a budapestit, ugyanakkor a téli hónapok átlagértékei 10–12°C-kal alacsonyabbak.

Fontosnak tartottuk, hogy meggyőződjünk a tatárföldi körülményekről, kísérleti útszakasz helyszínéről, aszfaltkeverő telep alkalmasságáról, alkalmazott ásványi anyagok minőségéről stb. Emiatt 2019. augusztus elején a TPA és MOL képviselője Almetyjevszkbe utazott. Elsősorban a keverőtelepi állapotok, az útépítő géppark, és az építési helyszín kiválasztása volt a fókuszban. Egy hosszú listával készültünk, melyet a helyiek nyitottságával és együttműködésével végigkövetve az alábbi kép rajzolódott ki előttünk:

- Az aszfaltkeverőgép kb. 10–15 éves, 160 tonna/óra gyártókapacitású, vertikális elrendezésű, AMMAN típusú gép, két fekvő bitumentartállyal, melyek két-két kisebb hatékonyságú keverővel vannak felszerelve, jó műszaki állapotban, aszfaltgyártásra alkalmasak.
- Az útépítéshez használni kívánt gépek mindenben megegyeztek a magyar gyakorlatban is alkalmazott aszfalterítő és tömörítő gépekkel (Vögele finisher, Hamm és Bomag hengerek), beépítésre alkalmasak.
- Alapanyagok:
 - az alapanyagok a Déli-Ural hegységből származtak, és ránézésre valamilyen üledékes kőzetnek tűntek, nagyon porosak voltak, szemalakjuk megfelelő volt,
 - van mészkölszt, melyről többet nem sikerült kideríteni,
 - cellulózszállként egy orosz termék került felhasználásra, mely bitumenes hordozóval pellettálta a szálal anyagot.
- A keverőtelep ellátására a helyszínen egy modern, jól felszerelt laboratórium létszít.
- Az építési helyszín forgalomhoz igazodó rétegrenddel készült, amely esetünkben az jelentette, hogy a Nyizsnyekamszk – Almetyjevsz külterületi 2x2 sávos, sík területen haladó, kiemelés nélküli, szintbeli keresztvezetésekkkel, hol középső elválasztás nélküli, hol fizikai elválasztással készült főút egy gyenge, 10–20 cm vastag homokos kavicsrétegre épült aszfaltrétegekből áll, melyek rendre mind 5 cm vastagságban készültek akkor, amikor az előző réteg tönkrement. Ezáltal az évente-kétévente, a korábbi rétegekre ráaszfaltozással kialakított új réteggel erősített aszfaltburkolat előbb-utóbb elérte a forgalom nagyság által igényelt vastagságot, így pályaszerkezet méretezés nélkül, a burkolatállapot alapján kerültek kijelölésre a megerősítésre szánt szakaszok.



3. ábra Tatneftedor aszfaltkeverő telep és beépítő géplánc Almetyjevszkben

A helyszínen tapasztaltak alapján a keverési körülmények elfogadhatóak, a géppark megfelelő volt (3. ábra). Az építési helyszín, és az időjárás jelentette kockázatokat szeptember végéig pedig a kezelhető kategóriába sorolták a felek. A TPA, a Tatneftedor és a MOL abban is egyetértett, hogy a gumibitumenes aszfaltkeverést és útépítést a TPA jelenlétében és irányításával szükséges elvégezni, tekintettel a Strabag és TPA magyarországi gumibitumenes tapasztalataira.

A három tartályautónyi gumibitumen termék Tatárföldre történő szállításának szervezésében a legnehezebben kezelhető és egyúttal a leghosszadalmasabb részt a gumibitumen szállítmány Oroszországba történő belépéshez szükséges dokumentumok megszerzése jelentette. A Gmb 45/80-55 termék ugyanis, hasonlóan a hazai gyakorlathoz, nem feltethető meg az Oroszországban meglévő normál útépítési és modifikált útépítési GOST-előírásoknak. Nehézséget jelentett az EU-n kívüli szállítás is. Mindez komoly kihívás elé állította az orosz határon való beléptetés szervezését. A probléma feloldása és az orosz vámhatósággal történő egyeztetések közel három hónapot (!) vettek igénybe, de végül sikerrel zárultak.

A tatárföldi időjárás adottságok miatt az eredeti terv az volt, hogy a kísérleti útépítést legkésőbb szeptember végén el kell végezni, ekkor még megfelelő a hőmérséklet és eső is kevésbé várható. A vámpapírok nem várt hosszadalmas intézése miatt majdnem egy hónappal később, október elejére állt készen minden a szállításhoz. A gumibitumen október 7-i tartályautóba töltését követően a járművek október 8-án indulhattak el Zalaegerszegről. A belorusz-orosz határra október 12-én érkeztek, így a távolság felét a tervezett időn belül teljesítették. A határon az egyik tartályautó tartályfűtése elromlott, azt csak a tartálycirkuláció részleges kiiktatásával sikerült megjavítani (ezt követően vagy a tartályfűtés vagy a cirkuláció működött). Még nagyobb problémát okozott, hogy a hosszadalmas előkészítés ellenére egy szállítási dokumentum nem volt megfelelő. Emiatt a kamionokat csak 6 nap veszteglés után, október 18-án engedték át az orosz határon, majd Almetyjevszkbe október 20-án az esti órákban érkezett a szállítmány.

Az aszfaltkeverés október 21-én azonban nem kezdődhetett el az egész napos esőzés miatt, a gumibitumen lefejtést sem kezdték el a tartályautókból. Másnapra az eső elállt, a környezeti hőmérsékelt a délelőtti órákra 10°C körüli értékre emelkedett. Az első tartályautóból elkezdődött a gumibitumen lefejtése a keverőtelepi fekvőhengeres tartályba (4. ábra). A tartályautók hőmérséklet kijelzői alapján lefejtéskor a gumibitumen hőmérséklete 150–160°C volt, vagyis



4. ábra Az első tartályautó lefejtése a Tatneftedor almetyjevszki keverőtelepén 2019. október 22-én

	A GmB 45/80-55 minőségi követelménye az e-ÚT 05.01.26:2018 szerint	Tatárföldre kiszállított termék	Tatárföldre megérkezett termék
Mintavétel időpontja		2019. október 7.	2019. október 22.
Mintavétel helyszíne		Zalai Finomító, Zalaegerszeg	Tatneftedor aszfaltkeverő, Almetyjevszk
Lágyuláspont, °C	≥55	57	55
Penetráció, 0,1 mm	45–80	54	60
Keményedéssel szembeni ellenálló képesség:			
Tömegváltozás, %	≤0,5 (abszolút érték)	0,06	0,30
Maradó penetráció, %	≥50	74	67
Lágyuláspont növekedés, °C	≤8	1	4
Rugalmas visszaalakulás, %	≥50	60	61
Töréspont, °C	≤-16	-19	-19
Tárolási stabilitás, lágyuláspont különbség, °C	≤8	5	6
Dinamikai viszkozitás 180°C-on, mPas	≤500	230	200

2. táblázat A tartályautóba töltött és 15 nap múlva lefejtett GmB 45/80-55 gumibitumen minősége

a fűthető tartályú járművekbe töltött 190°C hőmérsékletű GmB 45/80-55 termék kb. 30–40°C-ot hűlt a töltéstől számított 15 nap során. A kritikus alacsony gumibitumen hőmérséklet ellenére az ideiglenesen kialakított lefejtési módszer működött (4. ábra). A lefejtés hideg tárolótartályba történt, emiatt a lefejtett bitumen hőmérséklete tovább csökkent.

A kiszállított gumibitumenből mintát vettünk és visszahoztunk Magyarországra, hogy összehasonlíthassuk a tartályautóba töltött termék minőségével. Az összehasonlításból megállapítható, hogy a gumibitumen 15 nap után csak kis mértékben lágyult, minősége ekkor is teljesítette a hazai követelményeket (2. táblázat)

Aszfaltkeverési és útépitési tapasztalatok

A helyszínen az első napi esőzés közben újra megnéztük az építésre kijelölt szakaszt. Ennek felülete kifejezetten piszkos, sáros volt. Mivel a helyszínen lévő seprűs kocsival többszöri próbálkozásra sem sikerült megfelelően letisztítani, ezért jeleztük, hogy ilyen körülmények között nem lehet

aszfaltozni. Jellemző a helyi viszonyokra és a Tatneftedor rugalmas problémakezelésére, hogy a kijelölten átellenes oldalon lévő, sokkal tisztább burkolatra, mint megfelelő felületre mutatva egy telefonhívást követően megbeszélték vendéglátóink, hogy az építkezés ott folytatódik és megkezdtek a forgalomterelés kiépítését.

Az aszfaltgyártás és beépítés rendben megkezdődött a keverőtelepen és az építési helyszínen október 22-én. A finisher után mért aszfalt hőmérséklet kb 175°C volt (5. ábra). Az aszfalt terítését követően azonban feltűnt, hogy az úthengerek csak simító fokozatban tömörítik az aszfaltot. A TPA hazai képviselőjének kérdésére, hogy ez miért így van, az a válasz érkezett, hogy tapasztalataik alapján a vibróhengerlés felhossa a burkolat tetejére a habarcsot és kisimul a felület. A helyszíni egyezkedést követően sikerült kialaknunk egy vibró és kb. négy simító járatot. Azért négy körül, mert sajnos a hengerészek nem igazán tudták tartani sem a hengerlési hosszokat, sem a finishertől való távolságot. Ezt követően a hengerlés ezek szerint folytatódott (5. ábra)



5. ábra A finisher után mért aszfalt hőmérséklet (kb 175°C) és a hengerlés

A beépítés közben folyamatosan mértük a burkolat hőmérsékletét és köszönhetően a rövid szállítási távolságnak (kb. 10 perc) és a szélmentes de hűvös időjárásnak, a tömörítés végére az aszfalt 110°C körülire hűlt vissza, ami a körülményekhez képest elfogadhatónak ítéltünk.

Tatárföldi vendéglátóink kedvességének következtében a késői és hosszúra nyúlt ebéd miatt csak a korai napnyugta környékén értünk vissza az építés helyszínére. Az ebéidőben épített szakasz felületén foltok voltak megfigyelhetők, távollétünkben azonban a beépítést nem állították meg. A megfigyelték alapján az aznapi beépítés azonnali befejezése mellett döntöttünk.

Másnap sajnos még nem állt rendelkezésre laborvizsgálati eredmény, de a gyártás változatlan formában tovább folyt. Csupán hosszas egyeztetés után sikerült egy laborvizsgálati eredmény alapján a gépbeállítást módosítani, egy kg bitumennel, valamint 20 kg 0/5-ös anyaggal szegényebben gyártva, a keverék azonnal a korábbi, kedvező arcát mutatta.

Ezután a helyi építésvezetővel közösen kijelöltük azokat a részeket, melyeket marással és újraépítéssel kell javítani és megvártuk, hogy a helyi közútkezelő munkatársa megtekintse az aznapi, immár hibátlan szakaszt. Mindannyiunk nagy öröme a szemmel láthatóan jól sikerült burkolat neki is elnyerte tetszését (6. ábra). Az útépités végül sikeresen zárult [Tatneft-4, Neftegaz].

A tatárföldi megrendelő kérésére egy monitoring tervet is átadtunk, melyet elfogadtak. Ez alapján öt éven keresztül nyomon követik a burkolat állapotát és aszfaltmechanikai paramétereit. Reméljük 5 év múlva beszámolhatunk az eredményekről, melyek a komoly téli hideg, és a szöges gumibroncsok okozta fokozott igénybevétel miatt várhatóan fontos tanulságokkal szolgálnak majd.

Felhasznált irodalom

- Marketscreener] – <https://www.marketscreener.com/MOL-PLC-37907937/news/MOL-TATNEFT-AND-SLOVNAFT-HAVE-SIGNED-A-COOPERATION-AGREEMENT-28857120/> Letöltve: 2020.04.12.
- [Neftegaz] – <https://neftegaz.ru/en/news/chemistry/502462-tatnet-is-testing-modified-bitumen-/> Letöltve: 2020.04.014.
- [Tatneft-1] – <https://www.tatneft.ru/about-tatneft/history-of-tatneft-group?lang=en> Letöltve: 2020.04.08.
- [Tatneft-2] – <https://www.tatneft.ru/production-activity/exploration-and-production/oil-fields-development-oil-and-gas-production/?lang=en> Letöltve: 2020.04.08.
- [Tatneft-3] – <https://www.tatneft.ru/production-activity/downstream-activities/chemicals-production/?lang=en> Letöltve: 2020.04.09.
- [Tatneft-4] – <http://www.tatneft.ru/press-center/press-releases/more/6658?lang=en> Letöltve: 2020.04.14.



6. ábra Elkészült SMA 20 aszfalt kopóréteg

A hazai, GmB kötőanyagú útpályaszerkezeti rétegek komplex viselkedési értékelése

Dr. Almássy Kornél – Dr. Gáspár László – Szentpéteri Ibolya

Dr. Almássy Kornél



egyetemi docens
BME Út és Vasútépítési Tanszék

1. Bevezetés

A gumihulladék útépitési hasznosítását világszerte fontosnak tekintik. A MOL Nyrt. és a Pannon Egyetem által szabadalmaztatott, kémiaiilag stabilizált gumibitumen (gumival modifikált Bitumen, GmB) az úgynevezett nedves eljárás továbbfejlesztett változata; az ülepedésgátló anyag és speciális gyártási eljárás alkalmazása következtében, a hagyományos gumibitumennél stabilabb, kisebb viszkozitású kötőanyag szállítható és biztonságosan felhasználható.

A MOL 2012-ben kezdte meg a GmB nagyüzemi gyártását és hosszabb kísérleti szakaszok építését. A termék 2008-ban 5 évre, majd 2013-ban újabb 5 évre Építőipari Műszaki Engedélyt szerzett. 2019. január 1-től pedig a GmB és a felhasználásával gyártható aszfaltok műszaki előírásait a vonatkozó Útügyi Műszaki Előírások tartalmazzák.

A BME Út és Vasútépítési Tanszéke és a KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. a GmB vizsgálataiban szinte a fejlesztés megkezdése óta részt vesz. Már a 2009-es, korábbi műszaki előírás alapján készült keverékeken végeztek vizsgálatokat, biztató eredményekkel. Az elmúlt évtizedben végzett vizsgálatok kimutatták a GmB keveréknek a hagyományos útépitési bitumennel készültnél jobb aszfaltmechanikai tulajdonságait (fáradását, deformációval szembeni ellenállását, stb.); megállapították, hogy némely jellemzője pedig megközelíti, sőt esetenként meg is előzi a polimerrel modifikált bitumen kötőanyagú (PmB) aszfaltkeverék jellemzőit. Továbbá az elmúlt évek laborvizsgálati tapasztalatai szerint, a hidegoldali viselkedésben egyértelműen kimutatható volt a gumibitumenes keverékek előnye. (Kisgyörgy et al, 2016)

A jelenlegi cikk tárgyát szolgáló, 2019. évi BME-KTI konzorcium által elvégzett vizsgálatok (Gáspár et al, 2019) az előzőekben bemutatott korábbi vizsgálatokhoz képest szélesebb spektrumú kutatást tűztek ki célul. A vizsgálatok célja egyfelől az volt, hogy a gumibitumenes keverékek az aszfaltmechanikai jellemzőit pontosítsuk, ezért korábban nem vizsgált keverékeket és eddigieket nem alkalmazott vizsgálatokat végeztünk el (triaxiális vizsgálat). A kutatás fontos célja volt továbbá, hogy a már elkészült útszakaszokat vizsgáljuk meg, burkolatállapot értékeléssel, makro érdességi jellemzők feltárással, illetve behajlasméréssel.

2. Gumibitumenek útügyi felhasználása

Az újrahazsnosítás kérdése az építőanyagok felhasználási körében több évtizedre visszanyúló folyamat, hisz az ipar először gazdaságossági, majd ezt követően környezetvédelmi szempontok alapján kereste az olyan anyagokat, amelyek nagyüzemi újra hasznosításra alkalmasak. A szerves és a szervetlen kémia fejlődésével a természetes gumi ipari mértékű felhasználása is lehetővé vált. A kaucsuk ára a termelés volumene és a felhasználási igények alakulása miatt folyamatosan emelkedett. Ennek következményeként egyre fontosabbá vált a hulladékgumiból a visszanyerhető részek mennyiségének növelése. Ugyanakkor az új, nagy tömegben és homogén minőségben tömegesen gyártott gépjármű gumibroncsok újra hasznosítása – a piaci igények és lehetőségek miatt – nem volt kifizetődő. A XX. század közepéig töretlenül, 50%-ig emelkedő újra hasznosítási ráta az évszázad végére erősen visszaesett, 2%-os arányra.

A gumibroncsok tárolása komoly környezeti kockázatot jelent. Az elmúlt évtizedekben szerzett tárolási tapasztalatok azt mutatták, hogy a szabad ég alatt történő tárolásnál még az ellenőrzött körülmények között, energianyerés szándékával, nem szabad ég alatt történő elégetés is jobb megoldás (Reschner, 2006). A technológiai fejlődés lehetővé tette, hogy az abroncsok anyagát is újra hasznosítsák (shredderezés). Az őrlési technológiák finomításával az abroncs főbb alkotóelemeit már szét tudták gumiorleményre, acélra és szövetre választani. A hideg technológiák (préselt ragasztott gumiszőnyegek) mellett, a meleg technológiák alkalmazási lehetőségeinek feltárására már az 1960-as évektől kísérleteket folytattak. A MacDonald által végzett kísérletek már arra irányultak, hogy a gumival adalékolt bitumenből gumibitument készítsenek, azaz a felhasználás arányát a termékben 3%-ról minimum 15%-ra növeljék.



1. kép Gumibroncs-felhasználás Európa országaiban 1999-ben és 2013-ban

A kőolajból előállítható egyik terméket, a bitument legnagyobb mennyiségben az aszfaltútépítésben használják fel. A forgalom által okozott, folyamatosan növekvő igények kielégítésére, az útépitésben felhasznált bitumenek műszaki jellemzőinek is fejlődniük kellett. A tehergépjárművek tengelyterhelésének és a járműszámának az ugrásszerű növekedése az aszfalt pályaszerkezetek számára olyan többlet igénybevételt jelentett, hogy a mérnököknek valamilyen módon ellensúlyozni kellett ezt a hatást. Az egyik válasz a modifikált bitumenek megjelenése volt, azonban a modifikáló szerek alkalmazása jelentősen megnövelte a bitumen árát. Az előzőekben említett gazdaságossági szempont okán merült fel többek között, a gumiorlemények bitumenben történő felhasználása, ezzel a bitumenek minőségének javítása, de a későbbiekben nem a gumibitumennek a gumihulladék eltüntetésében is komoly szerepet szántak.

Jelenleg két eljárás terjedt el a gumiorlemény aszfaltútépítési felhasználására. A száraz eljárás során a felmelegített ásványi adalékanyaghoz adagolják a gumiorleményt, és csak ezután keverik bitumennel az aszfalt készítése során. Ebben az esetben a gumiorleményt előzetesen aktiválni kell, hogy az optimális részecske-duzzadást elérjék. A nedves eljárás során pedig először a bitumennel keverik a gumiorleményt, majd azután keverik a kövázhoz (Anon, 1993), (Almássy, Geiger, Gergő, 2010). A nedves eljárás során a bitumen tartalmazza a gumi aktiválásához szükséges aromás duzzasztó-olajokat.

Napjainkra a gumibitumen alkalmazása világszinten is elterjedt, több európai államban alkalmazzák sikerrel a technológiát, a gumibitumen útépitési alkalmazása az Amerikai Egyesült Államokban pedig több évtizedes múlt-ra tekint vissza.

Többek között, a gumibroncsok gumibitumen gyártásában történő újra hasznosításának is köszönhetően, Európa legtöbb országa már egyáltalán nem tárolja depóniákban a használt gumi-abroncsokat, hanem azokat elsősorban energiatermelésre vagy építőipari célokra (1. ábra) használja (Ewan Scott, 2015).

Hazánkban 2012-ben kezdődik el a MOL Nyrt. Zalai finomítójában a gumibitumen nagyüzemi (5000 t/év) gyártása. A hazai, kémiaiilag stabilizált gumibitumen előállítása két technológiai lépésből áll. Az első lépésben, az ülepedésgátló adalék jelenlétében, 200–220°C-on, a bitumenhez adagolt gumiorleményt részlegesen devulkanizálják. A második technológiai lépésben koloidmalom alkalmazásával nagy nyíróerőt fejtenek ki (mechano-kémiai diszpergálás). A mechano-kémiai diszpergálás a vulkanizáció hőmérsékletén, 160 és 180°C között zajlik. Fontos előnye a hazai gumibitumennek, hogy a teljesen fel nem oldódott gumiszemcsék és a gumit alkotó komponensek szervetlen töltőanyagának diszpergálását poláris jellegű ülepedésgátló adalék biztosítja, és segíti a stabil, elasztikus rendszer kialakulását (Almássy, Geiger, Gergő, 2010).

3. Laboratóriumi vizsgálatok

3.1. Korábbi évek vizsgálatai – 2008

2008-ban a BME Út és Vasútépítési Tanszék Útépitési Laboratóriuma – a MOL Nyrt. megbízásából – a MOL saját technológiájával előállított, gumival modifikált bitumenek aszfaltmechanikai jellemzőit vizsgálta.

A keverék plasztikus (képlékeny) deformációs hajlamát jellemző keréknyomképződés-vizsgálat során a gumibitumenes keverék a modifikált bitumenes keverékével megegyező értékeket mutatott.

A repedési hőmérséklet vizsgálatának eredményei azt igazolták, hogy a gumibitumenes keverék szakadása közel ugyanakkora húzószilárdság esetében következett be, a szakadás hőmérséklete azonban 6°C-kal alacsonyabb volt, mint a modifikált bitumennél. Ez a gumibitumenes keveréknek kedvezőbb tulajdonságot kölcsönöz.

A hajlító-fárasztó vizsgálat során a gumibitumennel készített keverék jóval kedvezőbb eredményt mutattak, mint a normál B50/70 bitumenes változat, a modifikált bitumennel készített keverék eredménye azonban jobbnak bizonyult.

Az eredmények összességében azt mutatták, hogy a gumibitumenes keverék a mértékadó teljesítő képességi formák tekintetében a modifikált bitumenektől elvárt szintnek megfelelt (Ambur, 2008).

3.2. Korábbi évek vizsgálata – 2012

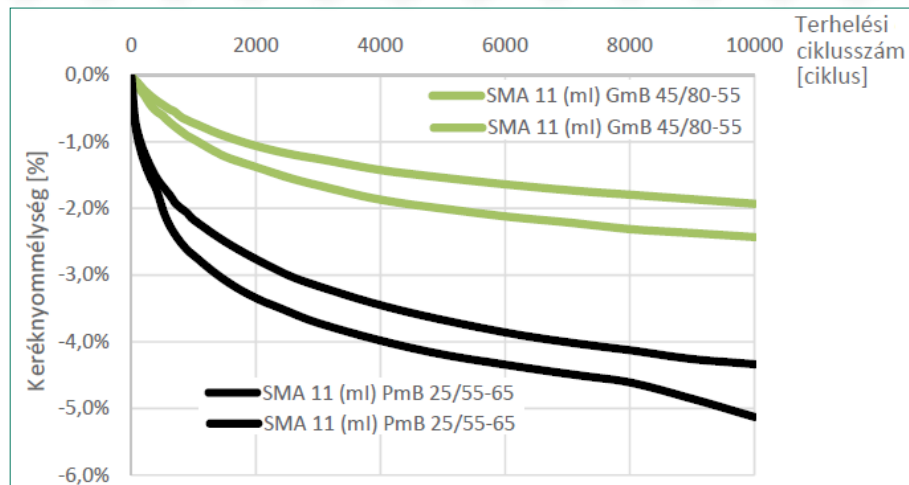
2012-ben a KTI Nonprofit Kft. végzett bitumen és aszfaltmechanikai vizsgálatokat. A kémiaiailag stabilizált gumibitumen lágyuláspontja és penetrációja a többi, kopórétegbe beépíthető normál bitumen megfelelő jellemzőinek értékeinél minden esetben kedvezőbb értékeket mutatott. Ennek pedig az aszfaltkeverék terhelés hatására bekövetkező alakváltozásával szembeni ellenállás tekintetében van nagy jelentősége. A kémiaiailag stabilizált gumibitumen értékei a normál B 50/70-es bitumenek megfelelő jellemzőinél minden esetben kedvezőbbeknek bizonyultak. A dinamikus nyíró reométerrel mért komplex modulusok, illetve a nyírásérzékenység értékei a kémiaiailag stabilizált gumibitumen esetében, a többi modifikált bitumen értékeitől nem mutatnak jelentős eltérést, néhol meghaladták azokat. Az eredmények igazolták, hogy a kémiaiailag stabilizált gumibitumen teljes értékű modifikált bitumen, teljesítménye alkalmassá teszi arra, hogy a kopóréteg gyártása során a más típusú, „hagyományos” modifikált bitumeneket kiválthassa.

A KTI Nonprofit Kft. a keréknyom-képződési jellemzőket is vizsgálta. Az eredmények egyértelműen igazolták, hogy a polimerrel, illetve a gumival modifikált bitumenek a felhasználásukkal készített aszfaltmintáknál tapasztalt alakváltozás tekintetében, szignifikánsan egyetlen csoportot alkottak, közöttük jelentős eltérést nem tapasztaltak.

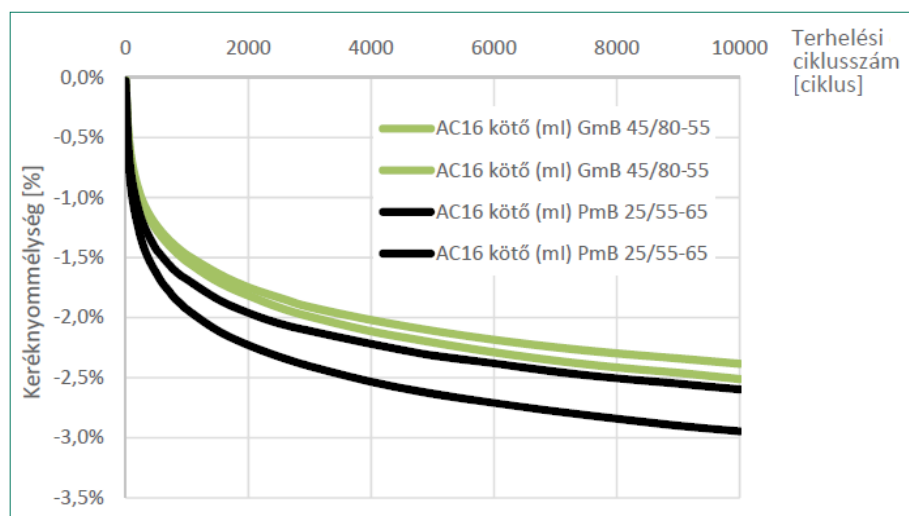
3.3. Korábbi évek vizsgálata – 2013

A BME Út és Vasútépítési Tanszék Pályaszerkezeti Laboratóriuma 2012–13-ban a MOL Nyrt. által előállított GmB felhasználásával gyártott aszfalt típusvizsgálatát végezte el, a vizsgálat időszérűségét az adta, hogy a MOL Nyrt. a Zalai

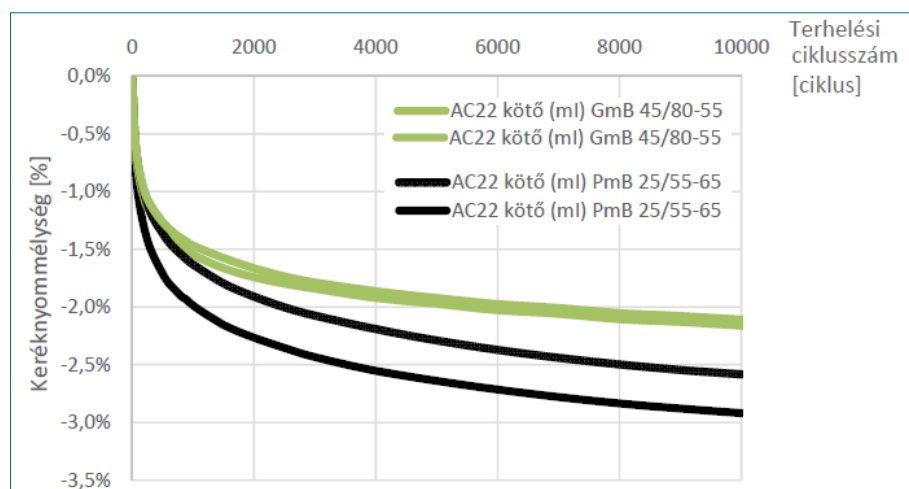
Finomítóban, 2012 őszén 5000 tonna/év kapacitással rendelkező gumibitumen üzem kezdett működtetni (Ambur, 2013). Megállapították, hogy a gumival modifikált bitumen alkalmazása esetében, – valószínűleg az adalék-



2.a ábra: 2017-ben végzett keréknyomvályú-képződési vizsgálat eredményei, SMA 11 (mI), GmB 45/80-55 és PmB 25/55-65



2.b ábra: 2017-ben végzett keréknyomvályú-képződési vizsgálat eredményei, AC16 kötő (mI), GmB 45/80-55 és PmB 25/55-65



2.c ábra: 2017-ben végzett keréknyomvályú-képződési vizsgálat eredményei, AC22 kötő (mI), GmB 45/80-55 és PmB 25/55-65

3.4. Korábbi évek vizsgálata – 2016–2017

2016–2017-ben a BME Út és Vasútépítési Tanszék polimerrel modifikált (PmB 25/55-65) és gumibitumennel (GmB 45/80-55) készült SMA 11 (mI), AC16 kötő (mI) és AC22 kötő (mI) típusú aszfaltkeverékeken merevség, keréknyomképződési, fáradási, vízerzékenységi és hidegviselkedési vizsgálatokat végzett.

A legkedvezőbb plasztikus deformációs hajlam, azaz a legkisebb keréknyomvályú-mélység, minden esetben a gumibitumennel készült keveréknél adódott (2. a–c ábrák).

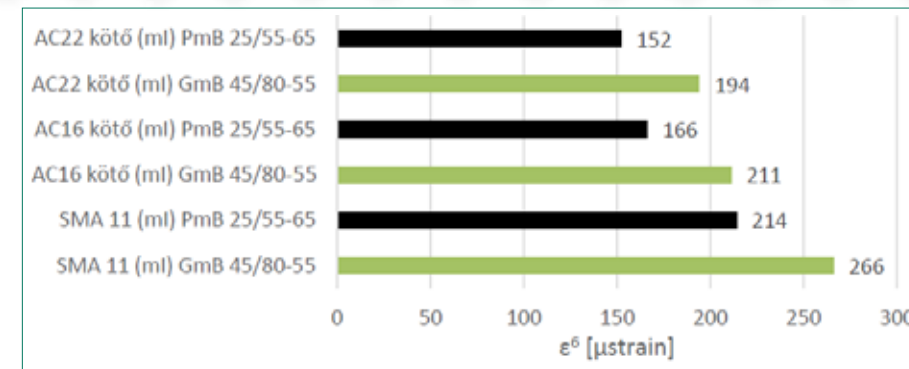
A fáradási ellenállást a keréknyomképződési vizsgálattal megegyező aszfaltkeverékeken mérték, a gumibitumenes

keverékek mindhárom aszfalt-típusnál jelentős mértékben kedvezőbbnek mutatkoztak, mint a polimerrel modifikált bitumenes keverékek (3. ábra).

A 2016–2017. évi kutatás hidegviselkedési oldalt elemző vizsgálatai ismételtén visszaigazolták azt a korábbi években már bemutatott és a bitumen tulajdonsági vizsgálatokkal is megegyező feltételezést, hogy a legjobb repedési ellenállást (legalacsonyabb hőmérsékleten végbe menő repedés-képződést) a gumibitumenes keverék mutatta (Tóth Cs et al, 2016, Soós et al. 2017). Az IT-CY merevség értékek a gumibitumenes aszfalt keverékekénél minden esetben kb 20%-kal kisebbre adódtak a polimerrel modifikált bitumenes keverékekhez képest. A vízerzékenység vizsgálatoknál a kétféle kötőanyaggal készült aszfaltkeverékekénél azonosak eredményeket mértek.

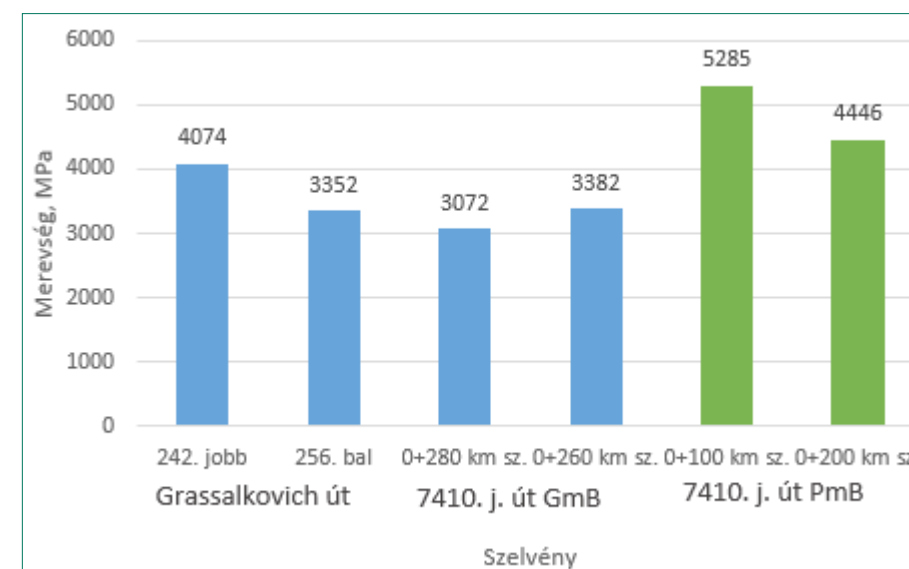
3.5. A 2019. évi laboratóriumi vizsgálatok eredményei

A MOL Nyrt. által kifejlesztett gumibitumenes keverék magyarországi megjelenésekor mind a forgalmazó, mind pedig a szakmai közvélemény azzal a feltételezéssel élt, hogy a gumibitumenes aszfaltkeverék, tulajdonságait tekintve, a hagyományos és a polimerrel modifikált bitumennel készült keverékek között fog elhelyezkedni. Az elmúlt közel egy évtizedben azonban azt tapasztaltuk, hogy

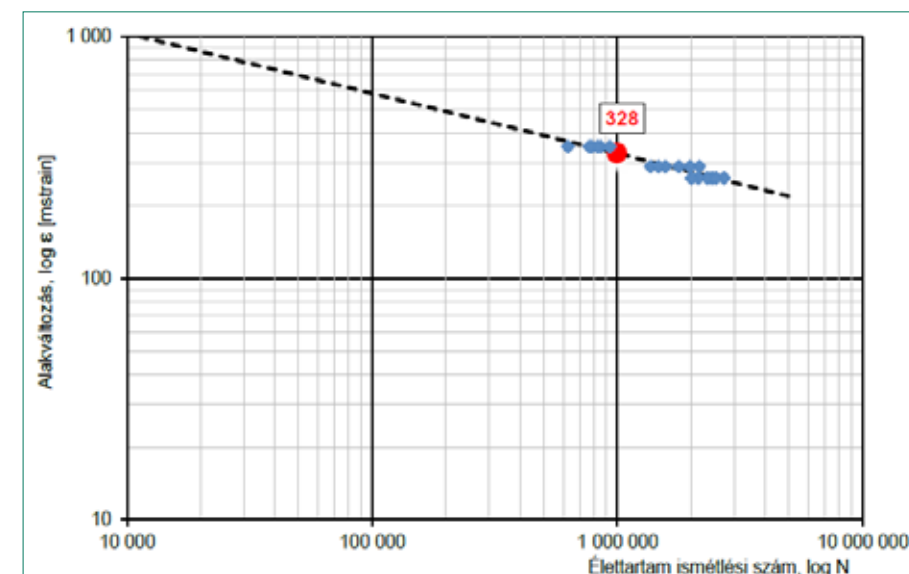


3. ábra: 2017-ben végzett fáradásvizsgálat eredményei, GmB 45/80-55 és PmB 25/55-65

anyag-szemcséket bevonó vastagabb bitumenfilm miatt –, a hagyományos bitumenéhez képest, valamivel magasabb szabad hézagtartalom adódik. A gumibitumenes keverékek vízerzékenysége a referenciamintáinál 6–9%-nyival kedvezőbbnek bizonyult.



4. ábra: Gumibitumenes (kék), illetve polimerrel modifikált kötőanyagú keverékek merevségi értékei



5. ábra: Gumibitumennel készült aszfaltkeverék fáradási egyenese

bizonyos esetekben és bizonyos tulajdonságokban a gumibitumenes keverék megközelíti, sőt esetenként meg is haladja a polimerrel modifikált aszfaltkeverék minőségét. Emiatt a legutóbbi kutatásban (3.4. fejezet) is inkább már a GmB és a PmB keverékek összehasonlítására összpontosítottunk.

A fúrt minták merevségének vizsgálata volt az első olyan aszfaltmechanikai vizsgálat, amelyet a már több éve beépített, gumibitumenes útszakaszok magmintáin végeztünk el. A fúrt mintákon végzett IT-CY merevség vizsgálat eredménye azt mutatta, hogy a gumibitumenes keverékekhez képest, a PmB kötőanyagú keverékek merevsége közel 30%-kal magasabb értékre adódott. Az eredmények összhangban állnak a 2017-es „Gumibitumenes aszfalt vizsgálata” című kutatási jelentésben leírtakkal, illetve azzal a feltételezéssel is, hogy a merevebb (magasabb lágyuláspontú) polimeres keverék, rövid idejű sinus hullámmű terhelés alatt, jobb eredmény tud mutatni, mint a lágyabb bitumennel készült gumibitumenes keverék.

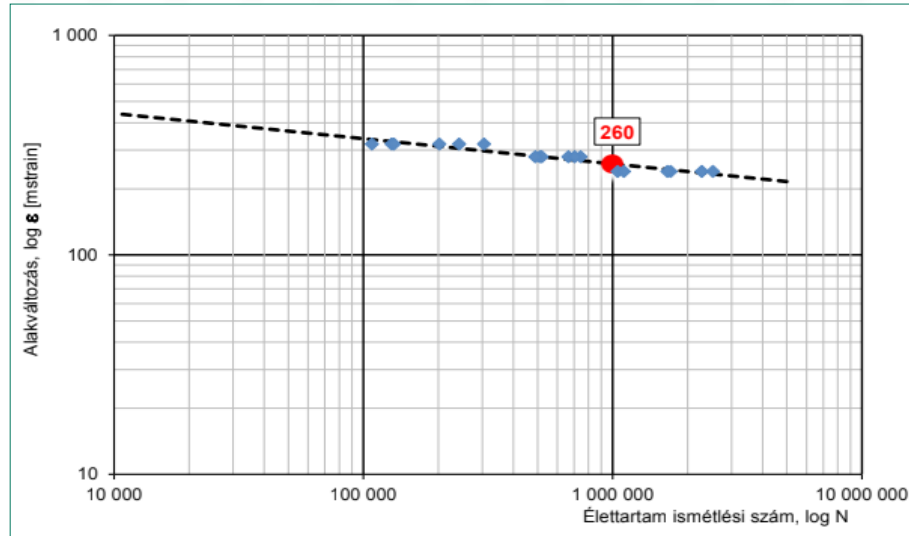
Ezzel szemben, a fáradási tulajdonságot mutató hajlító-fárasztó vizsgálat során kiemelkedően jó eredményt mutatott a gumibitumennel készült SMA 11 (ml) aszfaltkeverék, mivel 10^6 teherismétlődési számhoz tartozó alakváltozás a gumibitumenes keveréknél 328 μ strain volt, míg a polimerrel modifikált bitumenes keverék esetében, az alakváltozás 260 μ strain-re adódott (5. és 6. ábra). Ilyen kimagasló fáradási érték nagyon ritkán mérhető bármilyen aszfaltkeveréknél!

Triaxiális vizsgálatokat a gumibitumennel kapcsolatos, korábbi kutatások nem tartalmaztak, sőt Magyarországon az aszfaltmechanikai vizsgálatok ritkán foglalják ezeket magukban. A vizsgálatot a plasztikus alakváltozások meghatározáshoz használják, és az eredményekből következtetni lehet az aszfaltkeverékek keréknyomvályú-képződési tulajdonságaira. A korábbi kutatások során a plasztikus deformációs hajlamot ún. keréknyomvályúsító vizsgálattal határozták meg, és az esetek nagy részében, a gumibitumennel készült aszfaltkeverékek kisebb fajlagos alakválto-

zást, azaz kedvezőbb keréknyomképződési tulajdonságot bizonyítottak, mint a polimer kötőanyagú keverékek. A 2019. évi kutatás keretei között elvégzett triaxiális vizsgálat esetében, a különböző oldalnyomást alkalmazó vizsgálatok eredményei között nagy szórás alakult ki.

4. A gumibitumennel épült szakaszok helyszíni vizsgálatai

A múlt évi átfogó kutatás fontos célja volt továbbá, hogy a már korábban épült szakaszok pillanatnyi állapotát vizsgáljuk meg, a burkolatállapot értékelésével, makro érdességi jellemzők feltárással, illetve behajlásméréssel. 2012-től mostanáig mintegy 80 km-es összes hosszúságban építettek be gumibitumenes keverékeket az állami, illetve a fővárosi tulajdonú közúthálózat egyes pályaszerkezeti rétegeiben; a szakaszok között vannak kisebb forgalmú négyszámjegyű utak és nagy forgalmat lebonyolító, fővárosi útszakaszok is. A kutatás során, a 30 gumibitumenes és 3 referencia (hagyományos összetételű aszfaltkeverékkel készült) szakasz burkolatállapotát vettük fel és makro érdességét mértük. Behajlásmérést viszont csak azon a 9 útszakaszon (és 2 referencia szakaszon) végeztünk, ahol a beépítés 2015 előtti, hiszen a jól megépített pályaszerkezeteknél, érdemi leromlás csak 4–5 év után jelentkezhet.



6. ábra: Polimerrel modifikált bitumennel készült keverék fáradási egyenese

Sorszám	Út neve	1. oldal/sáv		2. oldal/sáv	
		Korrigált átlagos behajlás, s_{kor} , μ m	Átszámított stat. behajlás, s, mm	Korrigált átlagos behajlás, s_{kor} , μ m	Átszámított statikus behajlás, s, mm
R1.	7410. út, Zalaegerszeg	299	0,279	321	0,305
2.	4406. út	432	0,439	491	0,510
R3.	Eger, Barkóczy utca	282	0,258	235	0,202

2. táblázat: Referencia szakaszok pályabehajlása

Kísérleti szakaszok		Referencia szakaszok		Eltérés
Kor (év)	Átlagos osztályzat	Kor (év)	Átlagos osztályzat	
7	3,2	7	4,0	-0,8
6	2,1	6	2,9	-0,8
3	1,6	4	1,9	-0,3

3. táblázat: Kis forgalomnagyságú szakaszok leromlási sebességének összehasonlítása

Kísérleti szakaszok		Referencia szakaszok		Eltérés
Kor (év)	Átlagos osztályzat	Kor (év)	Átlagos osztályzat	
7	3,0	7	3,6	-0,6
5	2,0	5	2,2	-0,2
4	1,9	4	1,9	-0,0
3	1,2	3	1,7	-0,5

4. táblázat: Közepes forgalomnagyságú szakaszok leromlási sebességének összehasonlítása

Kísérleti szakaszok		Referenciaszakaszok		Eltérés
Kor (év)	Átlagos osztályzat	Kor (év)	Átlagos osztályzat	
5	1,9	5	2,8	-0,9
4	1,5	4	2,6	-0,9
3	1,5	3	2,0	-0,5
2	1,3	2	1,7	-0,4

5. táblázat: Nagy forgalomnagyságú szakaszok leromlási sebességének összehasonlítása

Homokmélység (mm)	Osztályzat
0,00–0,15	5
0,16–0,35	4
0,36–0,50	3
0,51–0,70	2
min. 0,71	1

6. táblázat: Útpályákon mért homokmélység-értékek átszámítása osztályzatokba

4. 1. Teherbírás mérési eredmények

Az 1. táblázatban található 9 útszakaszon és a 2. táblázatban bemutatott 3 referencia szakaszon végeztünk dinamikus

ejtősúlyos teherbírás (behajlás) mérést, KUAB berendezéssel.

A referenciaszakaszok teherbírását a kísérleti szakaszokéval összehasonlítva, az látható, hogy a referenciaszakaszokon a behajlások mintegy 10%-kal nagyobbak, így az egyenértékű felületi modulusok is alacsonyabbra adódtak. Az eredményeket a pályaszerkezet felépítése, a rétegek száma és vastagsága azonban jelentősen befolyásolja.

4.2. Burkolatállapot-értékelés

Pályaszerkezeti rétegek leromlásának (várható élettartamának) előre becslése történhet számítógépes modellekkel, laboratóriumi vizsgálatokkal, gyorsított leromlást létrehozó (ALF) berendezésekkel, kísérleti szakaszok állapotának hosszú távú megfigyelésével. A felsorolásnak megfelelő sorrendben növekszik a vizsgálati időigény és lesznek a költségek egyre nagyobbak, de ezzel párhuzamosan az eredmények megbízhatósága (pontosága) is nő.

A MOL Nyrt. megbízása alapján, a 2012 és 2017 között gumibitumenes aszfaltkeverékkel készült 35 útszakasz burkolatállapotát vizsgáltuk meg. Miután referenciaszakaszok általában nem álltak rendelkezésre, így az állapotértékek összehasonlításához a már majdnem 30 éve monitorozott etalonszakaszok értékeit vettük figyelembe.

Forgalmi kategória	Kísérleti szakaszok		Referenciaszakaszok		Eltérés
	Kor (év)	Osztályzat	Kor (év)	Osztályzat	
Kis	6	2,5	6	2,6	-0,1
	7	2,8	7	3,1	-0,3
Közepes	5	2,7	5	3,7	-1,0
	7	3,0	7	3,8	-0,8
Nagy	4	2,7	4	3,4	-0,7
	5	3,5	5	3,7	-0,2

7. táblázat: Makro érdességi eredmények összehasonlítása

A kísérleti és a referenciaszakaszokon tapasztalható leromlási sebesség összehasonlítási vizsgálatának lépései a következők voltak:

- a kísérleti szakaszok – kis (max. 1500 E/nap), közepes (1501–5000 E/nap) vagy nagy (min. 5001 E/nap) – forgalmi kategóriákba sorolása,
- a kísérleti szakaszok burkolatállapotának 5 fokozatú értékelése 2019 nyarán,
- a három forgalmi kategórián belül, burkolatkor évenkénti átlagos állapotosztályzatainak meghatározása,
- az 1991 óta megfigyelt állapotú etalonszakaszok (Útgazdálkodás, 2018) megfelelő útszakaszosztályokon belül, a felületépség viselkedési modellek adott burkolatkor értékeinek megállapítása,
- a megfelelő kísérleti szakasz átlagértékek és a „hagyományos” összetételű etalonszakasz viselkedési modell értékek összehasonlítása (3–5. táblázat),
- ezeknek a lépéseknek végrehajtása az útpálya makro érdességére vonatkozóan is.

Látható, hogy minden egyes vizsgált forgalmi és burkolatkor kategóriában, az 1 és 5 közötti felületosztályzat skálán – ahol a legjobb burkolatállapotot az 1-es osztályzat jellemzi – a kémiailag stabilizált gumibitumen kötőanyaggal készült pályaszerkezeti réteggel, illetve rétegekkel rendelkező pályaszerkezetű utak kivétel nélkül legalább olyan kedvező viselkedést mutattak, mint az átlagos „hagyományos kötőanyagú” aszfalt pályaszerkezeti rétegekkel rendelkező utak. („Átlagos” útnak a KTI által már 28 éve megfigyelt, a gumibitumenes rétegekhez hasonló forgalomnagyságú és kopóréteg korú etalonszakaszokat tekintettük).

4.3 Makro érdesség vizsgálat

Az egyes kísérleti és referenciaszakaszok vizuális burkolatfelület-vizsgálatával egyidőben a szakaszok két véletlenszerűen kiválasztott pontján a felületi makro érdességet (makro textúrát) jellemző homokszórásos eljárást is végrehajtottuk annak érdekében, hogy a homokmélység elnevezésű átlagos állapotparamétert meg lehessen állapítani (ÚT 2-3.406:2000). A kísérleti és a referenciaszakaszok burkolatfelületén végzett homokszórásos (homokterítéses) vizsgálat eredményeként adódó homokmélységek mm-ben kifejezett értékei a 6. táblázatban közölt tartományok szerint makro érdességi osztályzatokká számíthatók át.

Mivel tényleges referenciaszakasz csupán a Zalaegerszeg melletti 7410. úton készült (ahol egyidőben építették a csatlakozó GmB és PmB kötőanyagú szakaszokat), a többi kísérleti szakasz esetében, az országos közúthálózatból 29 éve kiválasztott és azóta évenként vizsgált etalonszakaszok lézeres RST-mérőkocsival (e-ÚT 09.02.24) megha-

tározott makro (durva) textúra értékeinek az idősorát lehetett összehasonlítani alapnak tekinteni. Ezt követően az évtizedek óta nyomon követett állapotú, 60 etalonszakasz megfelelő forgalomnagysággal rendelkező és a szóban forgó gumibitumenes kötőanyagú kísérleti szakaszokhoz legközelebbi ún. útszakaszosztályt választottuk ki. Majd ennek az útszakaszosztálynak a felületi makro textúrára vonatkozó ún. hálózativiselkedési modelljét (átlagosított leromlási modelljét) vettük vizsgálat alá. A feladat az volt, hogy a viselkedési modelleknek az összehasonlító gumibitumenes kötőanyagú, kísérleti szakaszok korával megegyező évhez tartozó makro textúra értékekkel ves-
sük össze az ugyanakkora forgalmi kategóriába eső, egykorú szakaszokon mért homokmélységek átlagértékével. A 7. táblázat ennek az összehasonlításnak az egyes elemeit szemlélteti.

Az összehasonlítások alapján egyértelműen elmondható, hogy a gumibitumenes szakaszok makro érdességi eredményei minden kategóriában jobbak voltak a referencia szakaszok eredményeinél.

5. Gazdaságosság

A KTI által elvégzett gazdaságossági elemzés célja az volt, hogy bemutatásra kerüljenek a gumibitumenes aszfaltkeverék vélt pénzügyi előnyei a hagyományos és a modifikált bitumenes aszfaltkeverékekkel szemben. A vizsgálat során a gumival modifikált bitumennel készült aszfaltok fajlagos beépítési egységárát a normál bitumennel készült, de egyébként közel azonos összetételű aszfaltoknál kb 5%-kal nagyobb árral számították. (Ez magában foglalja a GmB 0,1–0,2%-kal nagyobb alkalmazási arányát és az aszfaltkeverés kb 10°C-kal magasabb hőmérsékletét is.)

A referenciaként választott, normál bitumenes kötőanyagú, közepes forgalmi terhelésnek kitett kopórétegeknél 10 év, addig a MOL Nyrt. által szabadalmaztatott, kémiailag stabilizált gumibitumen kötőanyagú kopóréteg esetében, a kedvező hazai és külföldi, laboratóriumi és helyszíni állapotvizsgálati eredményeken alapuló, jelentősen lassabb leromlási trend feltételezése mellett, a becsült felújítási ciklusidő (tulajdonképpen a kopóréteg élettartama) 15 év, a polimerrel modifikált kötőanyagú kopórétegek esetében pedig 12 éves felújítási ciklusidővel számoltunk. Az életciklus alatti, az 1. évre diszkontált költségek változatokként csak valamilyen egységes hosszúságú vizsgálat időszakra számíthatók; olyan hosszúságú periódust célszerűen választani, amelynek kezdő és befejező évében is mindkét változatot építésre vagy a burkolat teljes felújítására kerül sor. Az életciklus alatti költségek számításakor a normál és a GmB-s keverék összehasonlításánál a hosszabb ciklusidő

kétszeresét, azaz 30 évet tekintettük vizsgálati időszakká, a PmB-s és a GmB-s keverék összehasonlításakor pedig a két ciklusidő legkisebb közös többszöröse, 60 éves hosszúságú volt a ciklusidő.

Az egész élettartam alatti költségek számbavételekor, – az útkezelőnél felmerülő fenntartási, üzemeltetési és felújítási költségeken túlmenően – indokolt az úthasználói költségeknek a figyelembevétele is; ez utóbbinak három fő formája a gépjárműüzemeltetési költség, utazási idő(vesztés) költség, baleseti költség (Gáspár, 2011).

A KTI által elvégzett számítások szerint, a GmB kötőanyagú aszfaltretek egész élettartam alatti költségei a hagyományos kötőanyagú aszfaltretekénél 29–32%-kal, míg a polimerrel módosított kötőanyagúaknál 25–28%-kal kisebbek. (Ez arra utal, hogy a GmB különösen nagy forgalmi terhelésű utakon gazdaságos hosszú távon).

6. Összefoglalás

A BME és a KTI által az elmúlt 7 évben gumibitumen (kiemelten a MOL Nyrt. szabadalmát képező, ún. kémiailag stabilizált gumibitumen, GmB) kötőanyagú aszfaltkeverékekkel számos, sikeres, laboratóriumi és helyszíni vizsgálatot végzett. 2019-ben a két intézmény – a MOL megbízásából – a korábbiaknál kiterjedtebb és részletesebb kutatási munkát hajtott végre. Mindezek legfontosabb megállapításai a következők:

- 2012-től gumibitumenes keverékeket az állami és a fővárosi tulajdonú közúthálózaton, különböző forgalmi terhelésű szakaszain, összesen 80 km-es hosszúságban építettek be,
- laboratóriumi és a helyszíni vizsgálatok eredményei bizonyították, hogy a GmB kötőanyagú aszfalt kopórétegek, az életciklus paraméterek tekintetében, mind az 50/70-es (normál) bitumennel, mind pedig a polimerrel modifikált bitumennel készült változatoknál sokkal kedvezőbbek,
- az újabb (2019-es) kutatási munka a GmB és a PmB kötőanyagú aszfaltkeverékek összehasonlítására összpontosított,
- a nagyobb lágyuláspontú PmB-s keverékek merevsége közel 30%-kal magasabb érték-re adódott, mint a lágyabb bitumennel készült GmB kötőanyagúak,
- a legalább 4 éves szakaszokon mért pályaszerkezet-terherbírási (behajlási) értékek minden vizsgált GmB-s szakaszon rendkívül kedvezőnek bizonyultak,
- gumibitumennel készült aszfaltkeverék hajlító-fárasztó vizsgálata kiemelkedően jó, még a PmB-s keverékénél is kedvezőbb eredményt szolgáltatott,
- analitikus aszfaltpályaszerkezet-méretezési eljárással megállapították, hogy FZKA alaprég mellett, a GmB kötőanyagú változat, a PmB kötőanyagúhoz képest, 1,0–1,5 cm-rel kisebb aszfaltvastagságot igényel (Primusz–Tóth, 2020),
- minden forgalmi kategóriában a burkolatállapot leromlási sebessége és a makro érdesség a GmB-s szakaszokon a referenciaszakaszok értékeinél kedvezőbbnek bizonyult,
- KTI számításai szerint, a GmB kötőanyagú aszfaltretek egész élettartam alatti költségei a hagyományos kötőanyagú aszfaltretekénél 29–32%-nyival, míg a polimerrel modifikáltakhoz viszonyítva 25–28%-nyival kisebbek, kiemelésre érdemes, hogy a gumibitumen különösen a nagy forgalmi terhelés esetében bizonyult kedvezőnek ebben a tekintetben,

– a vizsgált keverék alakváltozással szembeni fokozott ellenállása az állapotjavítás igényét elodázza, ami az úthasználói költségek 29–32%-os csökkenéséhez vezet.

A kedvező kutatási-vizsgálati eredmények a GmB-s aszfaltkeverék kiváló alkalmazhatóságát igazolták. Az országos közúthálózat nem-gyorsforgalmi részén, önkormányzati kezelésű (helyi) közúthálózaton, valamint térburkolatoknál akár kopó-, akár kötő-, akár pedig alaprég készítésére gazdaságos, tartós és környezetbarát megoldás. A gyorsforgalmi hálózaton, az első GmB-s aszfaltretegeket ezekben a hónapokban építik. A közeljövőben nemcsak az ezekkel az építésekkel kapcsolatos tapasztalatokat célszerű koordináltan gyűjteni, és értékelni, hanem a kísérleti aszfaltkeverékek meleg viselkedését indokolt laboratóriumban jellemezni, illetve a korábban épült szakaszok állapotát nyomon követni. Legalább annyira fontos lenne olyan „optimális” aszfaltreceptúrákat kikísérletezni, amelyek a gumibitumenes kötőanyaghoz a legkedvezőbb (legtartósabb) kővázat rendeli hozzá.

7. Hivatkozások

- Almásky K., Geiger A., Gergő P. (2010): Using possibilities of rubber bitumen in road building, Pollack Periodica, Vol 5., pp. 53–63.
- Ambrus K. (2008): MOL bitumenek alkalmazástechnikai vizsgálata. Az eredmények összefoglalása. A MOL Nyrt. 34543/08 számú megbízására a BME Út és Vasútépítési Tanszék jelentése, 20 p.
- Ambrus K. (2013): MOL Nyrt. által előállított gumibitumen felhasználásával aszfalt típusvizsgálatok elvégzése. Az elkészített gumibitumenes keverék beépítésének előkészítő és gyártási kontrollvizsgálatai. Az Euro-Novex Kereskedelmi és Vagyongazdálkodó Kft. 3811.8/2006. számú megbízására a BME Út és Vasútépítési Tanszék jelentése, 53 p.
- Anon A. (1993): Design procedures and construction practices, Department of Transportation, Federal Highway Administration of USA, FHWA-SA-92-22
- Dr. Gáspár László – Dr. Tóth Csaba – Dr. Almásky Kornél – Szentpéteri Ibolya – Dr. Primusz, Péter – Dr. Hunyadi Dóra: A hazai GmB kötőanyagú útpályaszerkezeti rétegek komplex viselkedési értékelése, 148 p. (2019)
- E. Scott (2015): End of Life Tyre Report, European Tyre and Rubber Manufacturers Association
- Gáspár L. – Horvát F. – Lublőy L. (2011): Közlekedési létesítmények élettartama. UNIVERSITAS–Győr Nonprofit Kft., 324 p.
- Kisgyörgy L. -- Tóth Cs. – Geiger A.: Elastic modulus of asphalt with chemically stabilized rubber bitumen GRADEVINAR 68: 7 pp. 533–541., 9 p. (2016)
- Primusz P. – Tóth Cs.: Az egyedi pályaszerkezet-méretezésben rejlő gyakorlati előnyök. Kézirat, megjelenés alatt. 2020
- Reschner, K. (2006): Scrap Tire Recycling. 16 p.
- Tóth Cs. – Pethő L. – Geiger A. – Soós Z. (2016): Performance assessment of hot mix asphalt with chemically stabilized rubber bitumen, E&E Congress 2016, 6th Eurasphalt & Eurobitume Congress, Prague.
- Tóth Csaba – Soós Zoltán – Igazvölgyi Zsuzsanna: Gumibitumenes aszfalt vizsgálat. Kutatási jelentés. Megrendelő MOL Nyrt, 63 p. (2017)
- Útgazdálkodási célú etalonszakasz-megfigyelés kiértékelése. A KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. 3925-001-4-8 számú kutatási témajelentése, Budapest, 2018, 135 p. (Témafelelős: dr. Gáspár László).

Anyag, szerkezet, tönkremenetel avagy hogyan lehet a méretezési számításokat a technológia fejlesztésben felhasználni

Karoliny Márton



nyugdíjas igazgató
HTPA

1. Bevezetés

A technológia fejlesztés alatt a Frascati kézikönyv (1) szerint **kísérleti fejlesztést** értve ebben az írásban azt kívánom bemutatni, hogyan lehet elősegíteni méretezési jellegű számításokkal, hogy útpályaszerkezeteinket jobb teljesítőképességi anyagokból és felépítéssel készítsük.

2. Az útpályaszerkezetek mechanikájáról

Útpályaszerkezeteink **teherhordó** szerkezetek, viselkedésük a tartószerkezetek mechanikájának használatával megismerhető.

A megismeréshez **minimálisan** a következőkre van szükségünk:

- ismerni kell a lehetséges **terheléseket**
 - ismerni kell az alkotó **anyagok** mechanikai tulajdonságait
 - ismerni kell a **szerkezetet** (geometria, felépítés, egyes szerkezeti elemek kapcsolata stb.)
 - szükség van egy, a számítást lehetővé tevő mechanikai **modellre**
 - kell egy **tönkremeneteli** kritérium (valamilyen jelenség, amihez számszerűsíthető határérték kapcsolható)
- Belátható, hogy a felsoroltak bizonyos mértékig meghatározzák egymást, így, ha pl. a szilárdságtan keretein belül maradunk (leegyszerűsítve, az anyag rugalmas állapotban van) a tönkremeneteli határállapot a rugalmas alakváltozások határán helyezkedik el.

Gyakorlatunk szinte kizárólag szilárdságtani, ennek van-

nak jelentős előnyei, főleg az anyagviselkedés figyelembevételének egyszerűsége szempontjából, de ez súlyos **leegyszerűsítést** okoz, amit később látni fogunk.

3. Néhány gondolat a tönkremenetelről

Könnyen belátható, hogy a tönkremenetel és annak **kritériuma** fontos szerepet játszik a méretezésben és minden, a pályaszerkezetek állapotának megítélésével kapcsolatos kérdésben, ezért érdemes a kérdéssel részletesebben is foglalkozni.

3.1. Méretezési szabályozásunk tönkremeneteli kritériuma

Szabályozásunk alapjai Nemesdy (2) publikációjából ismerhetők meg. A mechanikai modell egy kétirányban végtelen, többretegű rendszer, ezt terheli egy szabványos egységterhelés egy kereke. A terhelés hatására az aszfalttréteg(ek) **alsó** szálában keletkező (számított) megnyúlás értékét vetjük össze az aszfalttra jellemző fáradási görbe értékével és a két érték azonosságát tekintjük az élettartam végének (repedésnek), azaz a tönkremenetel kezdetének.

A következő ábrán három, csak az alaprég anyagában különböző (szemcsés, C 3/4, C – 12) pályaszerkezetnek a fentiek szerint értelmezett élettartamát tanulmányozhatjuk.

A kapott eredményt a következő megjegyzések függvényében kell értékelni:

- a repedés a definíció szerint az alsó szálban keletkezik (ez azt is jelenti elvileg, hogy az aszfaltkeresztmetszet döntő része repedésmentes)
- a repedés az elvi élettartam utáni terhelések hatására fokozatosan elindul „felfelé” és idővel megjelenik a felszínen
- amikor a repedés a felszínen megjelenik, a szerkezet még (bőven) használható
- jegyezzük meg, hogy – a méretezésnél nem használt – alsószál feszültség mértéke viszonylag csekély, ennek a későbbiekben lesz jelentősége

3.2. Valós tönkremenetek

Az útpályaszerkezetek kezelésével foglalkozó szervezetek jellemzően készítenek felméréseket, hogy a kezelt utak állapotáról informálódjanak. Vizsgáljunk meg egy ilyen ki-
gyűjtést a 2. sz. ábrán.

Talán kicsit furcsának tűnik, de a diagram **tönkremenetekről** szól, valamilyen módon definiált hiányosságnak megfelelő listára kerültek fel az utak érintett szakaszai.

Jól felismerhető, hogy a legnagyobb tönkremeneteli halmaz a repedezett felület.

Itt mindenképpen megjegyzendő, hogy ez a felmérés **vizuális** alapokon nyugszik, azaz szemmel látható repedésekről van szó.

Felmerül a kérdés, hogy mi okozza ezeket a repedéseket, hiszen a méretezési kritérium túllépése – mint láttuk – még sok terhelés után okoz szemmel is észlelhető repedéseket.

4. További, aszfaltrepedéseket okozó hatások

A sok, szemmel is látható repedés nyilvánvalóan sok, különböző hatásra jön létre. Maga a repedés megjelenés ráadásul nagymértékben függ a korábbi eseményektől, így pl. nagyon gyakori, hogy ún. „másodlagos” repedések keletkeznek. Ilyenkor ugyanis az „eredeti” réteganyagtulajdonságok és a mechanikai modell is megváltozik.

A továbbiakban néhány elsődleges repedésmechanizmust ismertetek.

4.1. Egy, a teljes aszfaltszerkezetre kiterjedő repedési mechanizmus

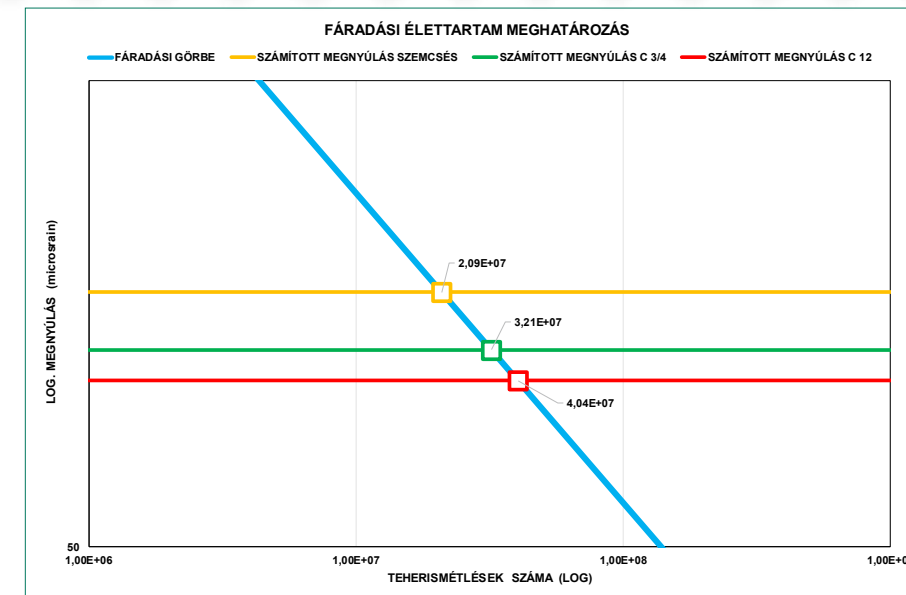
Egy gyorsforgalmú útszakaszon, 5 évvel a forgalomba helyezés után számos keresztirányú repedés jelent meg a pályaszerkezeten, közülük egyet a következő ábrán tanulmányozhatunk.

A felszínen látható repedés a fűrt minta tanúsága szerint a teljes aszfaltszerkezetre kiterjed, nyilvánvaló, hogy ez egy határozott **tönkremenetel**.

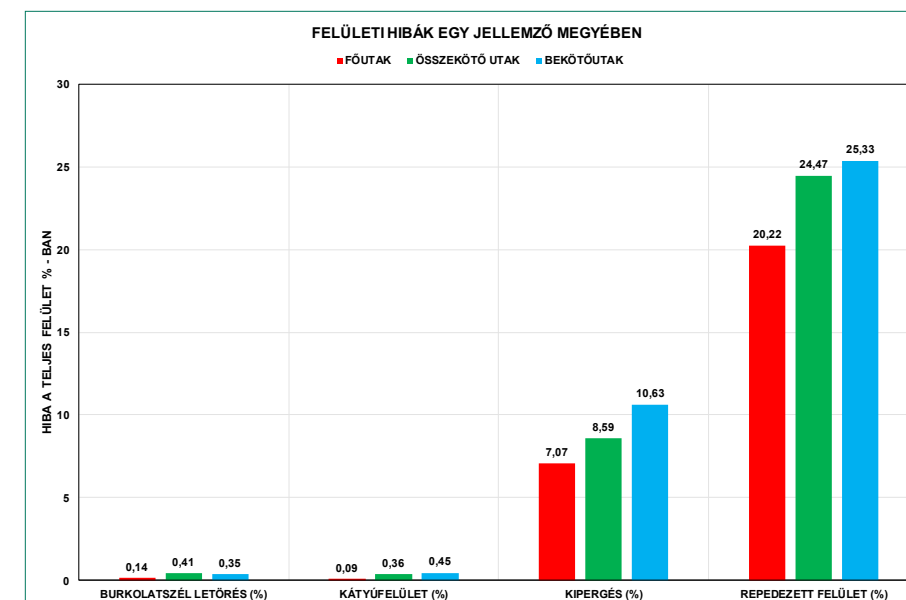
A jelenséget meglehetősen régóta ismerjük és „reflexió” repedésnek nevezzük, abból kiindulva, hogy az aszfaltrepedések a hidraulikusan kötött rétegek repedéseinek „tükröképei”.

Szilárdságtanilag a jelenség leírása a következő:

- a rendszer rétegei (földmű, hidraulikus alaprég, aszfalt) különböző hőtágulási együtthatókkal és rugalmassági modulusokkal rendelkeznek
- a rétegek közötti kapcsolat a súrlódás, ez a rétegek szabad mozgását gátolja
- az építés közben az aktuális hőmérséklet meghatároz egy „referencia” hőmérsékletet, amihez képest a későbbi lehűlések/felmelegedések hőmozgásai meghatáro-



1. ábra

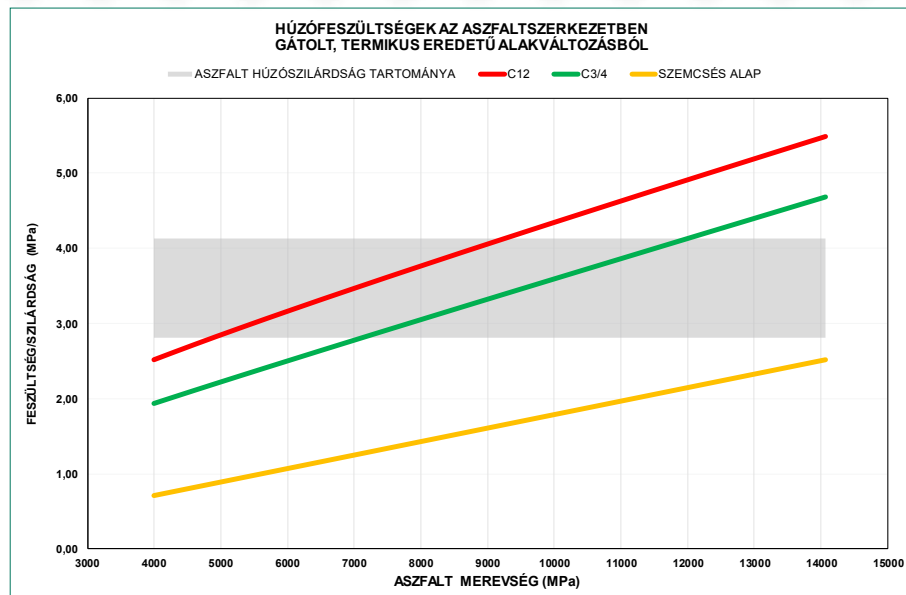


2. ábra

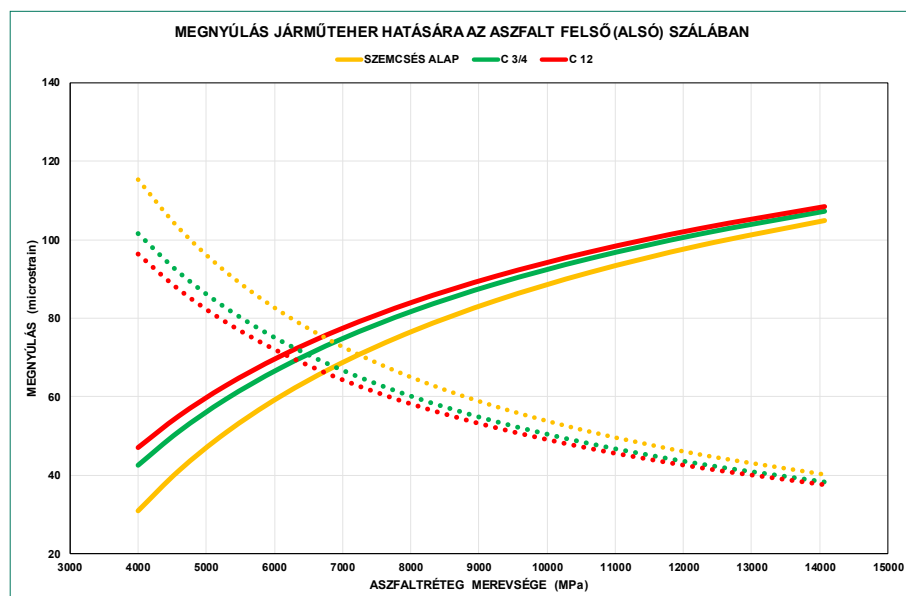
zódznak, ezek viszont a rétegek közötti súrlódás miatt gátoltak és ezért jönnek létre tengelyirányú és a teljes keresztmetszetre kiterjedő feszültségek



3. ábra



4. ábra



5. ábra

- amennyiben ezek a feszültségek nagyobbak, mint a hidraulikus réteg/aszfaltréteg aktuális húzószilárdságai, a repedés létrejön



6. ábra

4.2.1. Kopóréteg repedés a szabványos járműteherből

„Főként autópályák, gyorsforgalmi utak elhasználódott félmerev pályaszerkezeteinél és nagy forgalmú városi utak beton alaprétegű szerkezeteinél fordul elő, hogy a mértékadó behajlás igen kicsi, a burkolat azonban az élettartam végén már fáradási repedéseket mutat.”

Ez az idézet a jelenleg érvényes méretezési utasításunkból való, a tapasztalati megállapítást érdemes összevetni a méretezési kritériumnál mondottakkal, ami szerint a repedés az alsó szálban kezdődik.

Kiterjedt kutatások alapján (4), amelyek a méretező szoftverek felhasználásával nyert regressziós összefüggések létrehozására irányultak, számítottam egy hazai mérőssor adataiból az 5. ábrán lévő adatokat.

A diagram tanulmányozása alapján kijelenthetjük, hogy az idézett tapasztalati megállapításnak van szilárdságtani alapja, a kopóréteg tartományban jelentős megnyúlások keletkeznek.

A probléma analitikus modellezésére voltak kísérletek, itt egy holland (3) fejlesztés módszerét használtam.

A végrehajtott számítások a már megismert három alaprétegfajtára és különböző aszfaltmerevségekre vonatkoztak. A diagramon látható a vizsgálat során mért aszfalt húzószilárdságok tartománya is.

Tanulmányozva az ábrát négy megállapítás tehető:

- A repedés a C 12 alapréteg esetében lényegében szükségzerű
- A hazai gyakorlatban leggyakrabban alkalmazott C ¾ alapréteg súlyos kockázatot hordoz
- A szemcsés alapréteg esetében is van húzófeszültség
- A keletkező húzófeszültségek nagysága a járműterhelésből számítottól közel két nagyságrenddel nagyobb.

Megjegyzendő, hogy a konkrét meghibásodásor miatt végrehajtott vizsgálat megállapította, hogy az összes intézkedés (alapréteg hézagolás, háló stb) gyakorlatilag teljesen hatástalan volt.

4.2. Csak a kopórétegre kiterjedő repedési mechanizmusok

A kopóréteg meglepően sok – akár repedést is okozó – hatásnak van kitéve (így pl. az olvasztó anyagok kiszórása után létrejövő rendkívül gyors lehűlés). Mondandómmal kapcsolatban két, fontos – és reprezentatív – mechanizmust ismeretek.

4.2.2. Kopóréteg repedés alacsony hőmérsékleten

Főleg a keréknyomképződés elleni „harc” miatt már hosszabb ideje használunk nagyon kis penetrációs fokozatú kötőanyagokat és ezek használatával együtt megjelentek új típusú repedések aszfaltszerkezeteinkben.

A 6. ábrán látható repedések egyrészt gyakorlatilag teljesen a kopórétegre korlátozódnak, másrészt a kör alakú repedés azt igazolja, hogy **járműteher nélkül** is létrejöhetnek.

Arand kutatásai (5) alapján készült a 7. ábra, ahol a lehűlés hatására keletkező kopóréteg feszültségek láthatók különböző kötőanyagok (aszfaltviszkozitások) mellett.

Jól felismerhető az aszfalt viszkozitásának hatása, ami alapvetően a kötőanyag függvénye.

Figyeljük meg, hogy a keletkező maximális feszültség a 4. ábrán bemutatott aszfalt húzószilárdság tartományba esik, tehát a repedés bekövetkezése természetesnek mondható.

5. Elemzés a halmazott károsodások törvénye alapján

Az eddigiekből az nyilvánvaló, hogy a **tényleges** repedések halmaza lényegesen nagyobb a méretezési kritériumnak megfelelő repedések halmazánál. Vizsgáljuk meg, hogy az itt ismert repedési mechanizmusoknak mekkora a részaránya a tényleges tönkremenetelben.

Ehhez a halmazott károsodások törvényét használom fel.

5.1. Az összefüggés röviden

A különböző nagyságú/típusú igénybevételek összesített károsító hatásának számítására a Palmgren – Miner összefüggés használata általános.

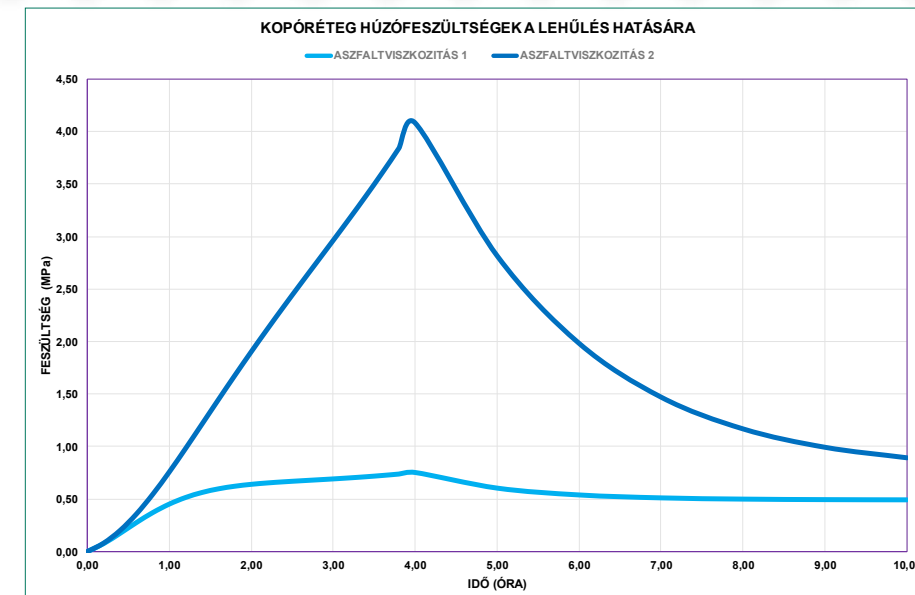
Az összefüggés a következők szerint írható le:

$$\frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} + \dots + \frac{n_i}{N_i} + \dots + \frac{n_n}{N_n} = x$$

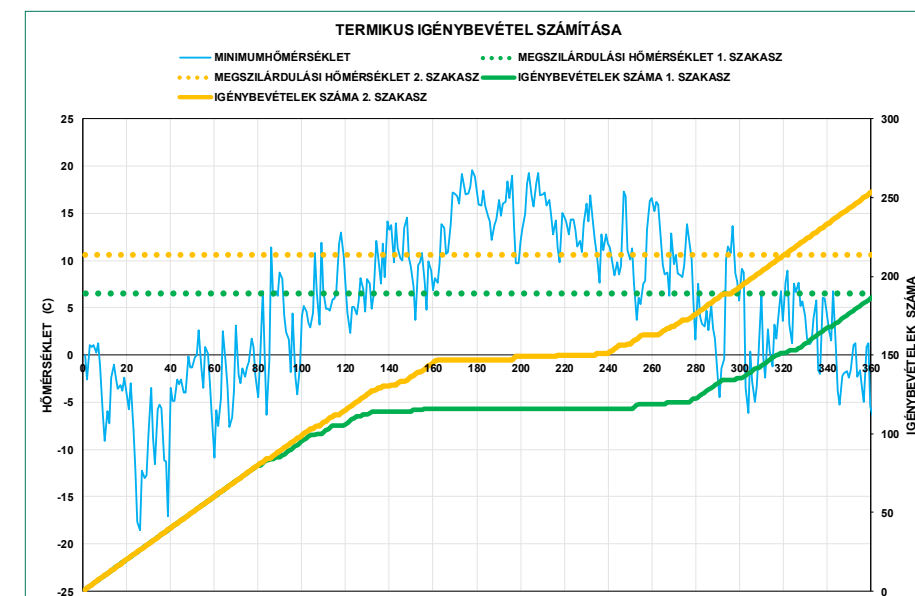
ahol:

n_i az adott terhelési típushoz tartozó tényleges teher-ismétlésszám

N_i az adott terhelési típushoz tartozó, tönkremenetelt okozó teher-ismétlésszám



7. ábra



8. ábra

x a tényleges tönkremenetel valószínűsége (amennyiben ez egyenlő, vagy nagyobb, mint 1, a tönkremenetel bekövetkezett) az x értéket 100%-nak véve, az 1, 2...i...n sorszámú hányadosok részaránya mutatja az egyes terhelési típus (repedési mechanizmus) hatását.

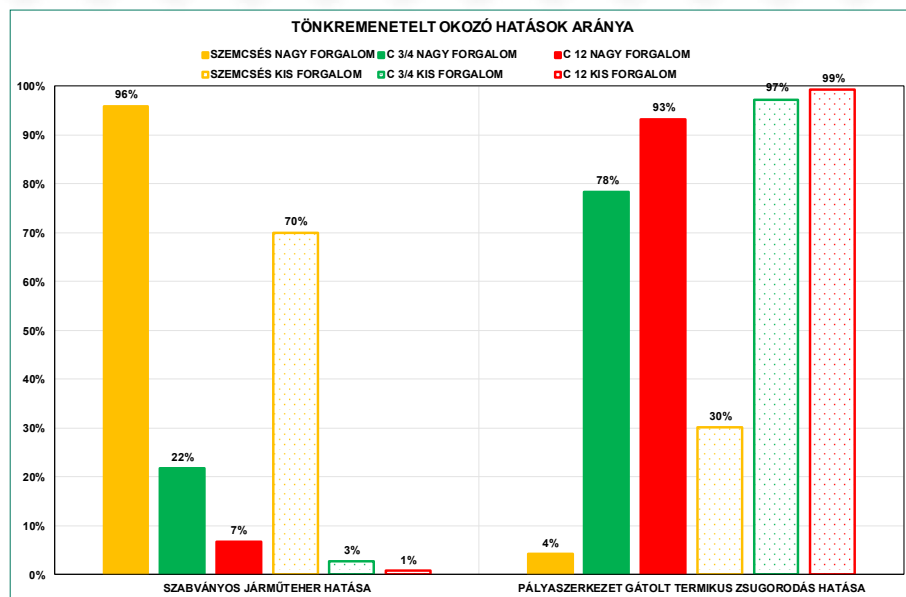
5.2. Meteorológiai igénybevételek

A különböző repedezési mechanizmusok ismertetésénél felismerhető volt, hogy a meghibásodásokat a járműteher-től **független** igénybevételek is okozhatják.

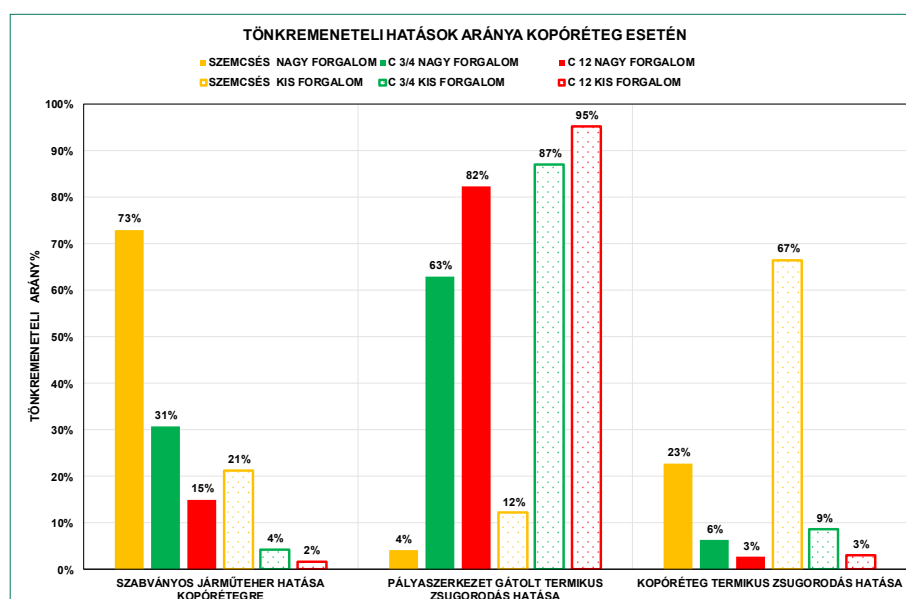
A leggyakoribb ilyen igénybevétel a hőmérsékletváltozás, amelynek mértéke és esetszáma egyaránt fontos.

A meteorológiai adatok meglepően bőségesen és egyszerűen (főképpen pedig ingyen) elérhetők a NOAA adatbázisából hazánkra is. (6).

A következő ábrán egy hidraulikus alapréteg kétféle megfagyási hőmérsékletéből következő igénybevétel da-



9. ábra



10. ábra

rabszám meghatározása látható, felismerhető, hogy milyen jelentős a hatása a **kivitelezés** (kötött alapréteg megszilárdulási hőmérséklete) meteorológiai viszonyainak.

5.3. A teljes aszfaltkeresztmetszetre kiterjedő repedések

A hivatkozott repedésekre vonatkozó számításokat kétféle nehézjármű forgalom esetére (10×10^6 illetve 1×10^6 mint „nagy” és „kis” forgalom) végeztem el, a termikus igénybevételek darabszáma mindkét esetben – ez azonos **időtartam** esetében azonos – 5×10^3 .

Az eredményeket háromféle alapréteg esetére a 9. ábrán tanulmányozhatjuk.

A levonható következtetések az alábbiak:

- a szabványos járműtehernek kizárólag a szemcsés alapréteg esetében van döntő hatása, a hidraulikus alaprétegek esetében a termikus igénybevétel **dominál**
- a kis forgalom esetén a nem szemcsés alaprétegek gyakorlatilag **forgalom nélkül** is tönkre mennek.

5.4. Csak a kopórétegre kiterjedő repedések

A végrehajtott számításoknál a terhelések az előző ponttal azonosak. Meg kell jegyezni, hogy ebben az esetben két termikus hatásra létrejövő igénybevétel van.

Tanulmányozva az ábrát a következő megállapítások tehetők:

- a szabványos járműteher itt is csak a szemcsés alapréteg esetén, nagy forgalomnál dominál
- kis forgalom esetén lényegében a **termikus igénybevételek** határozzák meg a tönkremenetelt

6. Összefoglaló következtetések

A címben megfogalmazottaknak megfelelően megpróbálom összefoglalni az eredményeket.

6.1. Terhelések

Alapvető tanulság, hogy a tönkremeneteli kritérium kijelölésénél tisztában kell lenni a **reprezentatívan lehetséges** terhelésekkel és ezeket figyelembe is kell venni.

6.2. Szerkezet – anyag összefüggések

A pályaszerkezeteket alkotó anyagok szilárdságtani tulajdonságai határozzák meg az erőjátékot és az abból következő feszültségeket/megnyúlásokat. Bőségesen **léteznek olyan kombinációk**, amelyek következmé-

nye szokatlan, vagy nem várt módon keletkező feszültség/megnyúlás, ezáltal a tönkremeneteli kritériumot is változtatni kell.

A cikkben nincs említve, de hasonló **meglepetéseket** (7) tudnak okozni a szilárdságtanilag nem átgondolt „tulajdonságjavítónak” vélt, vagy gondolt, a pályaszerkezetbe beépített elemek, pl. hálók, rácsok.

6.3. Hidraulikus alaprétegek

Közútépítési gyakorlatunk szinte teljes mértékben hidraulikus kötési alaprétegeket használ. Az itt bemutatott elemzés alapján megállapítható, hogy ezek az alaprétegek **nagyon rosszul** teljesítenek pályaszerkezeteinkben.

A következő ábrát tanulmányozva az is felismerhető, hogy a rossz műszaki teljesítményhez nagyon magas energiatartalom járul, aminek **komoly ökológiai és gazdasági hátrányai** vannak.

6.4. Tönkremenetel – használhatóság

Könnyen belátható, hogy az eddigiekben bemutatott tönkremenetek nem jelentik egyben a **használhatóság** határértékét.

A közutak esetében a használhatóságot csak áttételesen lehet értelmezni. A talán legismertebb mutatószám a PSI (present serviceability index) a használhatóságot az úthasználók véleménye alapján minősítette, ma már a PSI nagyon erős kapcsolatot az IRI értékkel lehet erre a célra használni. Az IRI, a felületi egyenletesség mérőszáma mm/m dimenzióval.

Hazai állapotértékelési rendszerünk útkategóriánkénti „tűrhetetlen” értékeit ábrázoltam egy hazai kutatás (8) által ismertett IRI/üzemidő regresszióval meghatározott leromlási görbén.

Az ábrán feltüntettem egy „tönkremeneteli” sávot, amely a repedések megjelenését jelenti az üzemidő függvényében.

Itt fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a bemutatott „tönkremenetel” a **rugalmas állapot** végét jelenti, a „használhatóság” pedig egy (ismételt terhelések hatására felhalmozódott) maradó alakváltozás mértékét jelent, itt emlékeztetek a bevezetőben leírtakra, a szilárdságtani megközelítés túlzott leegyszerűsítés kockázatát hordozza.

Megfigyelhető egy jelentős távolság a tönkremenetel és a használhatóság időpontja között amit technológiai résnek értelmezhetünk.

A technológiai rés egy gazdaságilag értelmezhető hiány, aminek kitöltésével, megszüntetésével, technológiai fejlesztéssel műszaki -gazdasági előnyt lehet elérni.

Dolgozatomnak pontosan ezen technológiai rés bemutatása volt a célja.

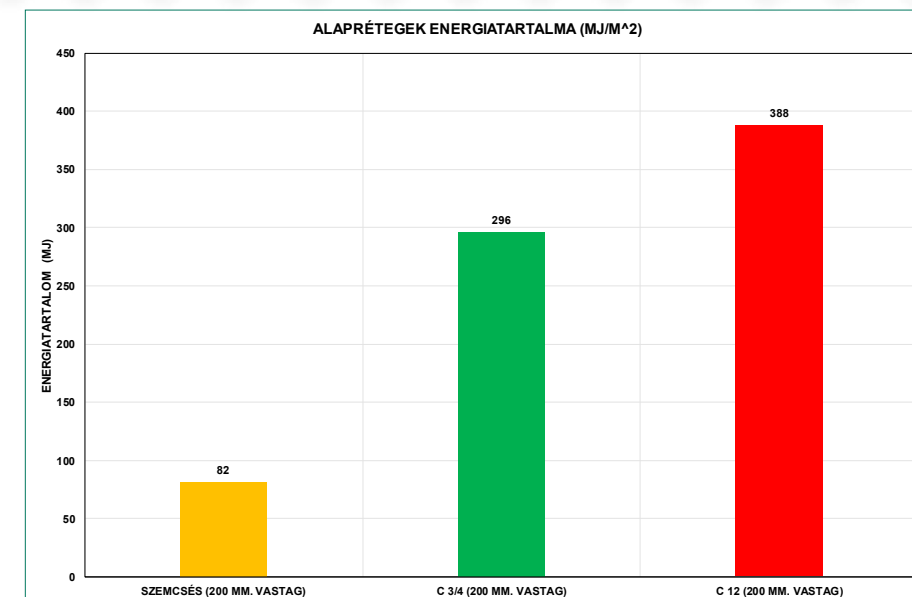
6.5. A szemcsés anyagokról

Külön térek ki a pályaszerkezet **szemcsés** anyagainra.

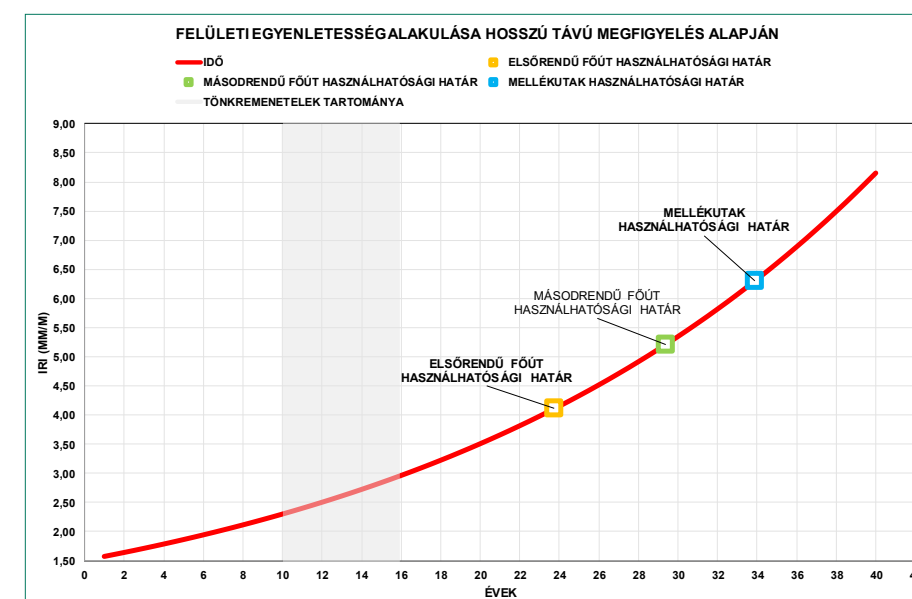
A szemcsés alaprétegek a bemutatott kiértékelések alapján meglehetősen jól teljesítettek.

Ki kell emelni ugyanakkor, hogy **aszfaltrétegeink** anyaga is szemcsés és az alaprétegekkel együtt valós viselkedésükben csak erős **közelítéssel** felelnek meg a szilárdságtan feltelezéseinek.

„A szemcseszerkezetet szemcsékből álló térbeli szerkezetként lehet elképzelni. Az acélszerkezettel ellentétben azonban az egyes szemcsék nincsenek egymással összehegesztve vagy -szegecselve. Tehát egy ingó szemcseszerkezetről van



11. ábra



11. ábra

szó, melynek deformációja többnyire a szemcsék átrendeződésével jár. Éppen ezért a **feszültség-deformáció összefüggése nem lineáris, mint az erő-elmozdulás viszonya egy rugalmas szerkezet esetén, hanem a deformációtól függ.** Kolymbas (9) esszéjében nagyon plasztikusan fogalmazza meg a viselkedés különbözőségét.

A potenciális technológiai fejlesztéseknek ugyanakkor ezen a területen valószínűsíthető a legnagyobb eredménye.

A szemcsés anyagok viselkedését ma már számos publikációban tanulmányozhatjuk, néhányat közülük a szakirodalmi részben felsorolok. (10), (11), (12).

7. Befejezés: a technológiai fejlesztésről néhány szó

„Régi és messzemenően tisztázott kérdés, hogy a természettudományi kutatás műszakilag és gazdaságilag kifizetődő-e. A válasz határozott igen.....” (9).

Dimitrios Kolymbas esszéjének egy mondatát idézem, amelyhez csak azt fűzöm hozzá, hogy a **közjavak** (ahová az utak is tartoznak) területén nem lehet kizárólag a piaci szereplőkre bízni a fejlesztést, hanem abban a **köztulajdonosnak** is nagymértékben részt kell venni.

Irodalomjegyzék

Frascati kézikönyv A kutatás-fejlesztés elfogadott nemzetközi definíciói. OECD 2002,
Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal 2004
Dr. Nemesdy Ervin: Az új magyar típus – útpályaszerkezetek mechanikai méretezésének háttere Közlekedés és Mélyépítéstudományi szemle 1992/8
de Bondt A. H. Anti – reflective cracking design of (reinforced) asphaltic overlays
PhD dissertation; Delft University of Technology, Delft – 1999.
Van Gurp. C.A.P.M.; Wennink, P.M. : Design, structural evaluation an overlay design of rural roads (in Dutch)
KOAC – WMD consultants; Apeldoorn, 1997
Wolfgang Arand: Ermüdung von Asphalten bei Kälte

Visegrad, Ungarn, am 05. April 2007 (kézirat)
<http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdoselect.cmd?datasetabv=GSOD&countryabbv=&georegionabbv>
Karoliny Márton: Aszfaltszerkezetek „erősítése” műanyag szerkezetekkel Az aszfalt 2008/2
Útgazdálkodási célú etalonszakasz megfigyelés kézirata, KTI, Budapest, 2009 december
Kolymbas Dimitrios: Die Rolle der Stoffgesetze bei geotechnischen Simulationen Geotechnik, Volume 37. März, 2014
P.-A. von Wolfersdorff: Hypoplastisches Stoffgesetz für granulare Materialien mit einer plastischen Fließbedingung für kritische Zustände, 5. Oktober 1995, Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik der Universität Friderician in Karlsruhe
Gajári, György: Modellierung bleibender Verformungen des Asphalts mit einem hypoplastischen Stoffgesetz dr Boden mechanik. Doktori disszertáció, Drezda, 2012
Gajári, György: A hengerelt aszfalt, mint részben telített, le- hűlés okozta izotróp saját feszültséggel bíró szemcsés anyag, viszko-hypoplasztikus anyagmodellje, Az Aszfalt 2019/1

Pályaszerkezetben ébredő igénybevételek vizsgálata burkolatba építhető szenzorokkal a Dunaharaszti próbaszakaszon

Szvoboda Krisztián

technológus
COLAS Hungária Technológiai igazgatóság



Előzmények, szakasz bemutatása

2017–2018-as években elnyert NKFIH pályázat keretében mészhidrátos aszfaltkeverékek tulajdonságait vizsgálta a Colas Hungária Zrt. Technológiai Igazgatósága Központi Laboratóriumában. A pályázat részeként próbaszakasz épült, amely a Colas Út dunaharaszti keverőtelepén, a keverőgép és a kijárat közötti 100 méter hosszú, 6 méter széles, aszfaltburkolatú útszakaszon került kivitelezésre. Ezen a szakaszon a már megrakott, ismert tömegű tehergépjárművek haladnak át, így a terhelése igen jelentősnek mondható.

Próbaszakasz kivitelezése

A kivitelezés során a meglévő 11 cm összvastagságú aszfalt-rétegeket lemarták, és az új burkolatot két rétegben építették vissza. A szakasz első felében mészhidrátal készült, második felében hagyományos keverékekkel épült a burkolat. Az aszfalt-réteg alatt 20 cm zúzottkő réteg található. A pályaszerkezet felépítése az 1. táblázatban látható. Bár a laboratóriumban gyártott keverékeknel a mészhidrátos aszfaltok eltérő fáradási, merevségi tulajdonsággal rendelkeztek, a keverőtelepen legyártott anyagok, illetve beépített rétegek mechanikai tulajdonságai között jelentős eltérés nem volt.

Szenzorok és az installáció bemutatása

A próbaszakaszban keletkező igénybevételek nyomkövetésére nyúlásmérő és összenyomódásmérő szenzorokat építettünk a burkolatba. A szenzorok megválasztásánál tekintettel kellett lenni arra, hogy azok ellenálljanak a beépített aszfaltkeverék 150–180°C-os hőmérsékletének, illetve az igénybevételek nagyságrendi meghatározására is szükség volt, hogy a megfelelő méréstartományú szenzorok kerüljenek be az útpályaszerkezetbe.

A fajlagos megnyúlás (microstrain) mérés nyúlásmérő bélyegekkel történik (1. kép). Ezekben a szenzorokban egy kifeszített fémhuzal található, amelyben alakváltozás (megnyúlás vagy összenyomódás)

Bevezetés

Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése során kritikus igénybevételként az aszfalt-rétegek alsó szálában, valamint a burkolatalap-réteg, vagy földmű tetején létrejövő összenyomódást vesszük figyelembe. Ezen igénybevételek alapos ismerete tehát rendkívül fontos. A méretező szoftverek jelentős része a Boussinesq-féle rugalmas féltérmodell elméletét használja, hogy megállapítsa az egyes rétegekben keletkező fajlagos függőleges és vízszintes alakváltozásokat. Manapság már számos gyártó állít elő nyúlásmérő bélyegeket, illetve összenyomódásmérő cellákat, amelyekkel lehetőség van a tényleges igénybevételek megfigyelésére is. A jelen tanulmány célja ilyen burkolatba építhető szenzorok vizsgálata.

Referencia szakasz		Mészhidrátal készült szakasz	
Vastagság [mm]	Réteg	Vastagság [mm]	Réteg
40	SMA 11 kopó (mF) 25/55-65	40	SMA 11 kopó (mF) 25/55-65 + 10%MH (ML arányban)
70	AC 22 kötő (mNM) 10/40-65	70	AC 22 kötő (mNM) 10/40-65 + 30% MH (ML arányban)
200	zúzottkő	200	zúzottkő
–	altalaj	–	altalaj

1. táblázat: Útpályaszerkezet felépítése



Pillanatképek a kezdés előtt, és a kezdéskor



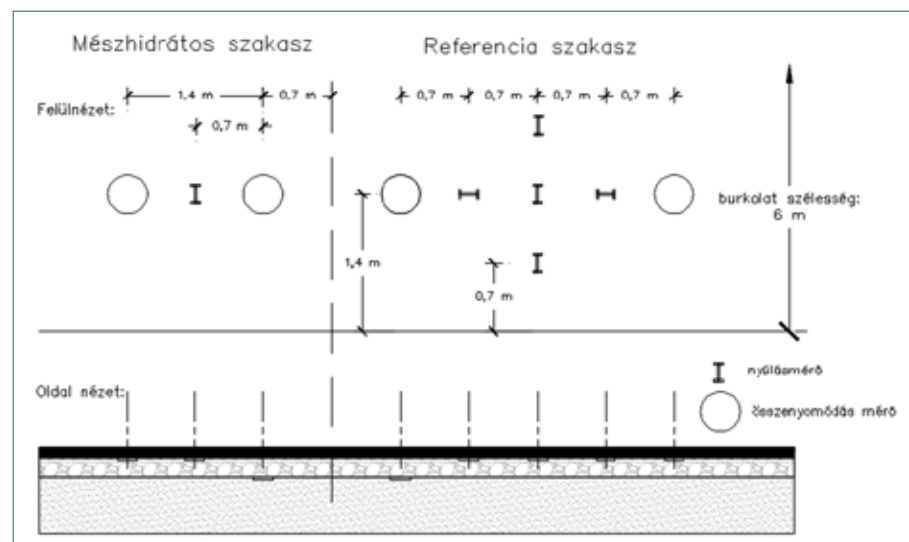
1. kép: Nyúlásmérő szenzor

dás) hatására feszültség keletkezik. A feszültségváltozásból, illetve az így kialakult rezonancia-frekvencia változásból a felvevő egység fajlagos megnyúlást számol.

A függőleges nyomás mérése hidraulikus elven működik (2. kép). Két lap a szélükén egymáshoz van rögzítve, és közöttük folyadék található, amelyben az ébredő nyomást egy nyomás jelátalakító méri. A jeleket a felvevő egység átalakítja mérhető feszültséggé. Természetesen a nyúlásmérő bélyegnél és a nyomásmérő cellánál is kalibráció útján változtatható a kimeneti érték mértékegysége. Minden szenzor tartalmaz továbbá hőmérőt is.

A kopó- és kötőréteg felmarásakor elsőként a négy nyomásmérő cellát helyeztük el; kettőt a zúzottkő réteg alá, kettőt az zúzottkő réteg tetejére úgy, hogy a felső széle egy síkban legyen a réteg felső síkjával. Figyelni kellett arra, hogy közel vízszintes felületre legyenek elhelyezve, ehhez vékony homok ágyazatot alakítottunk ki. A zúzottkő réteg alá nedvességtartalom mérőt is elhelyeztünk, ezeknek a beüzemelésére még nem került sor.

A nyúlásmérő szenzorokat a kötőréteg leterítése után helyeztük a már beépített réteg alá. Ehhez a leterített réteget megbontottuk, elhelyeztük a szenzorokat és a kábeleket, majd az aszfaltot gondosan visszaterítettük. Ezt követően az így visszaépített aszfaltkeveréket az úthengerekkel megfelelő mértékben betömörítettük a réteget.



1. ábra: Szenzorok elhelyezkedése



2. kép: Nyomásmérő szenzor

A szenzorok elhelyezésének tervezésekor arra törekedtünk, hogy az a szenzorok az áthaladó forgalom keréknyoma alá essenek. A szenzorok elhelyezkedése az 1. ábrán látható.

Mérési eredmények rögzítése

A szenzorok kábeleit az út szélén lévő építmény oszlopán elhelyezett adatrögzítő-egységbe csatlakoznak. Az adatrögzítő-egység áramellátását akkumulátor biztosítja. Működési üzemmódban a berendezés adott időközönként rögzít mérési eredményeket, ahol a leggyorsabb rögzítés 50 millisekundum/mérés lehet. Az egységhez laptopot csatlakoztatva valós időben nyomon lehet követni az eredményeket, illetve le lehet menteni őket.

Pályaszerkezetben keletkező igénybevételek meghatározása ALIZE méretező szoftverrel

A vizsgálatok megkezdése előtt ALIZE méretező szoftverrel meghatároztuk a pályaszerkezetben egységnyi terhelés (50 kN) hatására létrejövő igénybevételeket. Ehhez szükség volt az aszfaltkeverékek kétpontos hajlító vizsgálattal (2PB-TR) meghatározott merevségeire. A zúzottkő alaprételen $E_2=130$ MPa teherbírást mérünk, így ezt a réteget 400 MPa sajátmodulusú réteggé vettük fel. A rétegek között 100%-os rétegtapadást feltételeztünk.

Ezt követően KUAB ejtő súlyos berendezéssel teherbírási mérést végeztünk a burkolaton, közvetlenül a szenzorok felett. Így ismert, 50 kN nagyságú terhelés alatt vizsgálhattuk a szenzorok által mért igénybevételeket. A modellel meghatározott és a mért eredmények a 2. táblázatban láthatóak.

Jelentős eltérés nem tapasztalható, és a szenzorokkal mért eredmények alapján elmondható, hogy a pályaszerkezeti rétegek kismértékben merevbbek, mint a modellezett rétegek.

Forgalom bemutatása

A tehergépjárművek 5–25 km/h sebességgel haladnak át a szakaszon. Egy részük megrakott 5 tengelyes, 40 tonnás jármű, amely az aszfaltkeveréket szállítja ki, másik része a zúzottkő termékeket szállító 5 tengelyes járművek, amelyek már üresen haladnak át a szakaszon és hagyják el a keverőtelepet. Ezek mellett előfordulnak még kis számban 2 illetve 3 tengelyes tehergépjárművek is.

Mérési eredmények bemutatása

A 2019-es évben a szenzorok beüzemeltetése után elkezdődtek a vizsgálatok. Célunk az igénybevételek, és az azokat befolyásoló tényezők közötti összefüggések elemzése. Az összefüggések matematikai leírásához jelenleg még nincs elég mérési eredmény, de számos ténymegállapítás tehető.

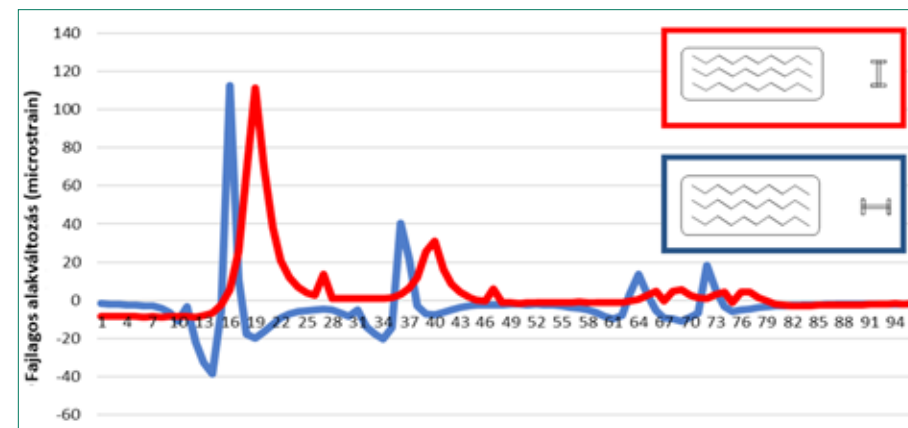
Ígnybevételek alakulása

Ahogy az 1. ábrán is látható, a nyúlásmérő szenzoroknak kétféle elhelyezkedése van; a keréknyomra párhuzamos és merőleges. Merőleges elhelyezkedés esetén kerékáthaladásnál a szenzorban megnyúlás ébred. Párhuzamos elrendezésnél kerékáthaladásnál elsőként összenyomódást, majd megnyúlás, majd újra összenyomódás ébred a szenzorokban. A 2. ábrán egy üres, a 3.–4. ábrán egy megrakott 5 tengelyes tehergépjármű alatt ébredő fajlagos alakváltozást láthatjuk. A vízszintes tengelyen az áthaladás során a rögzített pontok számát láthatjuk. Összehasonlításként a 3. ábrán fekete vonallal látható egy személygépjármű áthaladás.

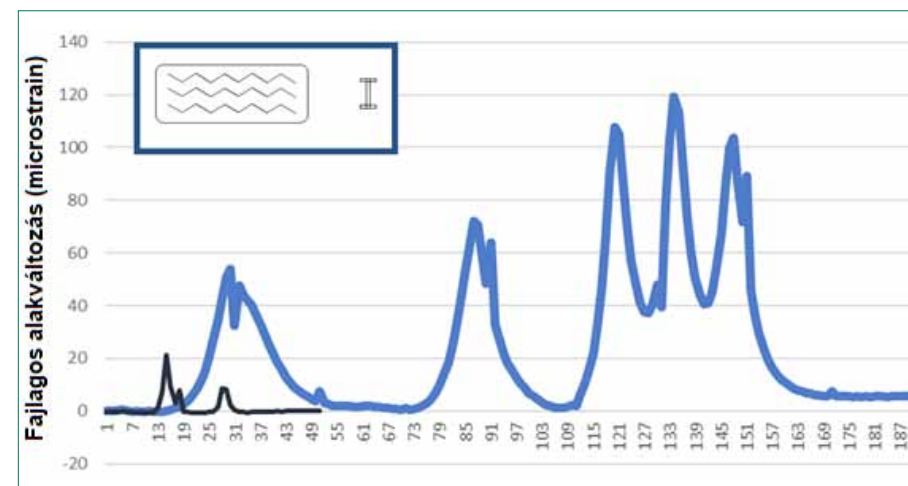
Abban az esetben, ha a jármű kerek nem pontosan a szenzor felett halad el, a merőleges elhelyezéssel szenzorban – egy adott távolságon belül – megnyúlás, azon kívül összenyomódás ébred. Ezt lemodelleztük ALIZE szoftverrel is, az eredmény az 5. ábrán, kék vonallal látható. Eszerint, ha a kerék a szenzor-

Paraméter	Ígnybevételek	
	Modell alapján	Szenzorokkal mért
Fajlagos megnyúlás (μstrain)	141,8	130,9
Nyomás aszfaltburkolat alatt (MPa)	0,143	0,139
Nyomás zúzottkő réteg alatt (MPa)	0,051	0,03

2. táblázat: Útpályaszerkezetben ébredő igénybevételek



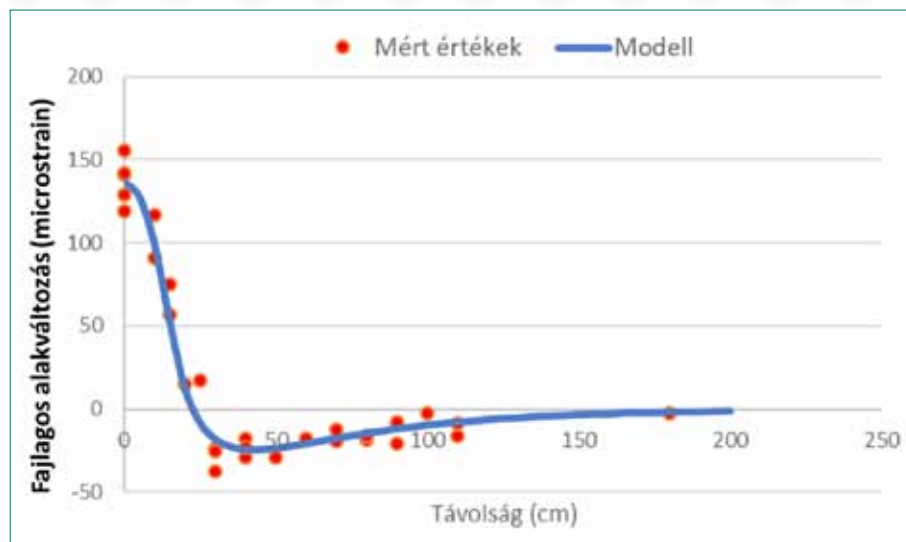
2. ábra: üres tehergépjármű alatt ébredő fajlagos alakváltozás



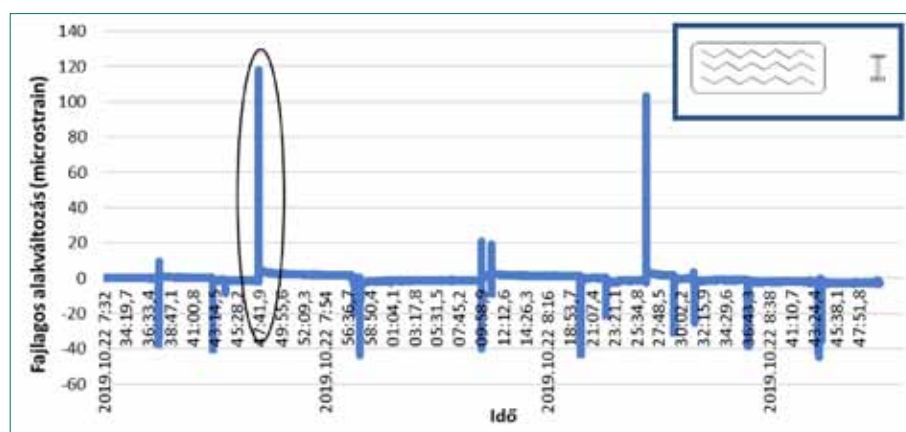
3. ábra: Fajlagos alakváltozás keréknyomra merőleges szenzorban



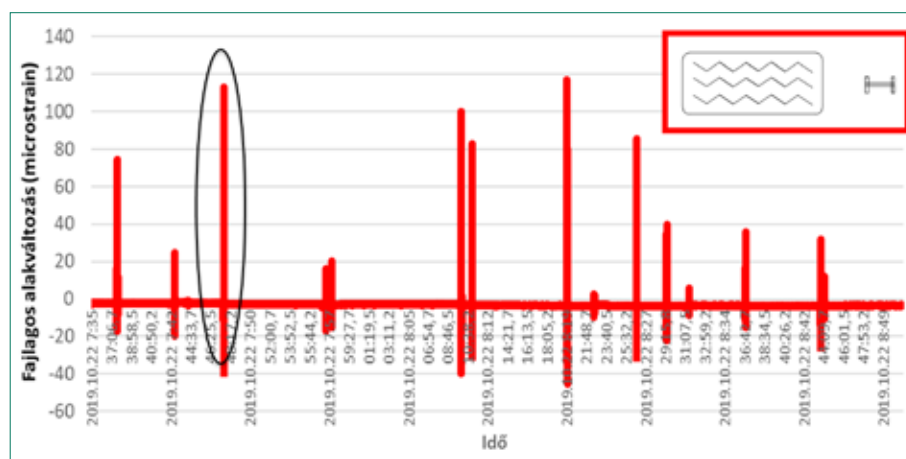
4. ábra: Fajlagos alakváltozás keréknyommal párhuzamos szenzorban



5. ábra: Fajlagos alakváltozás a terhelés környezetében



6. ábra: Fajlagos alakváltozás a vizsgált időtartamban



7. ábra: Fajlagos alakváltozás a vizsgált időtartamban

tól nagyjából 20 cm-en belül halad el megnyúlás, ha ettől távolabb halad el összenyomódás keletkezik az aszfalt alsó szálában. Ez azt is jelenti, hogy a kerék alatt az aszfalt alsó szálában keletkező húzott zóna kb. 20-20 cm széles, ezen kívül összenyomódás keletkezik. A forgalom vizsgálatok a szenzortól való távolságok is rögzítve lettek, így a távolság-fajlagos alakváltozás pontokat ábrázolni lehet. Látható az 5. ábrán, hogy a mért értékek jól illeszkednek a modell görbéjére.

Hőmérséklet – igénybevétel összefüggés

Mint az ismeretes, az aszfaltkeverékek merevsége jelentős mértékben függ azok hőmérsékletétől. Nyári napokon a sötét színű adódóan a burkolat nagymértékben felmelegedhet, a felület hőmérséklete elérheti akár az 50-60°C-ot. Ilyenkor a rétegek merevsége jelentősen lecsökken. A 10. ábrán látható a függőleges feszültség alakulása 45°C felü-

Amennyiben a kerék pontos elhaladása nem kerül rögzítésre, azt, hogy mikor haladt át a kerék pontosan a szenzor felett, egyetlen szenzor adatából nem lehet meghatározni. Mivel azonban a párhuzamos és a merőlegesen elhelyezett szenzorok egymást követik, a kerék akkor halad át a szenzorok felett, ha a két szenzoron mért érték körülbelül megegyezik. Látható példának okáért a 6-7. ábrákon, hogy az egy órás időintervallumban a tehergépjármű kerekei a megjelölt esetben haladtak át pont a szenzorok felett.

Sebesség – fajlagos alakváltozás összefüggés

Ahogy már említésre került, a szakaszon a tehergépjárművek lassú, 5-25 km/h sebességgel közlekednek. Ez az igénybevételek szempontjából fontos, hiszen alacsonyabb sebesség mellett az aszfaltburkolat kevésbé merev anyagként viselkedik, nagyobb megnyúlások következnek be. A KUAB ejtőszűnyös berendezés például 60-80 ms alatt terhel, ami egy 60-80 km/h sebességű kerékáthaladást szimulál. A 8. ábrán látható egy lassú, kéttengelyes tehergépjármű és a KUAB terhelés alatt az aszfaltban ébredő fajlagos alakváltozás. A mért megnyúlást felhasználva és visszszámolva a rétegek merevségeit a méretező szoftverrel azt kapjuk, hogy az eredeti 11 cm vastag 11000 MPa modulusú aszfalttréteg ebben az esetben 9000 MPa merevségűnek felel meg. Egy másik példát szemléltet a 9. ábra, ahol két ugyanolyan tömegű tehergépjármű mindössze 8 km/h-ás sebességkülönbséggel halad át a szenzorok felett, és így is nagyjából 15 microstrain különbség adódik a megnyúlásban.

leti és 31°C aszfalttréteg alatti hőmérséklet mellett. Látható, hogy az nyomófeszültség jelentősen megnőtt. Visszszámolva ALIZE szoftverrel azt kapjuk, hogy ez 4000 MPa aszfaltmerevségnek felel meg.

Burkolat-egyenletlenségből adódó többletterhelés

A burkolatban keletkező igénybevételekre a sebesség, hőmérséklet és járműterhelés mellett a burkolat felületi egyenletlensége is jelentős hatással van. Felületi hiba esetén (pl. kátyú) a járművekből többlet terhelés adódik a pályaszerkezetre a hiba környezetében, amelynek eredménye a nagyobb megnyúlás és összenyomódás lehet. Ennek szimulálására egy 12 mm átmérőjű betonacél lett rögzítve a szenzor előtt. Az eredmény a 11. ábrán látható. Az tapasztalható, hogy a fajlagos megnyúlás egy hagyományos tengelyáthaladás során mért értékénél 25-30 microstrainnal nagyobb, ami a 7000 MPa aszfaltmerevséget jelent. Fontos tanulság tehát, hogy az útegységletlenség megnövekedett igénybevételeket okoz, amelyek gyorsabb leromlást eredményezhetnek, így a beavatkozást minél előbb érdemes megtenni.

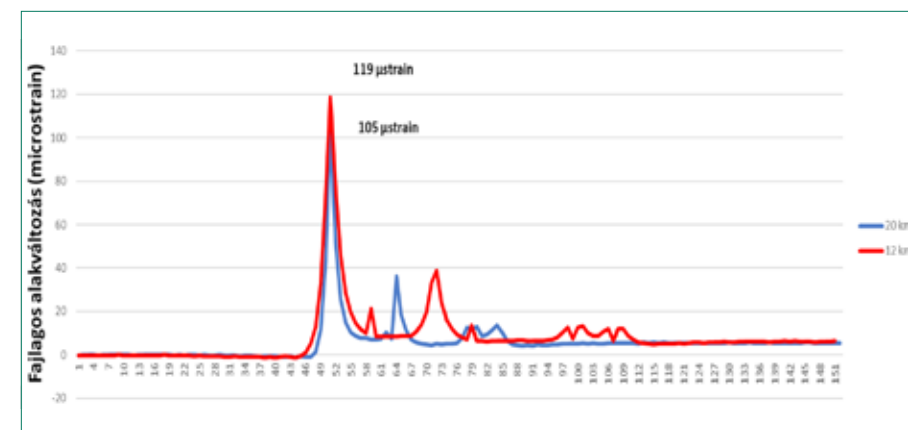
Összefoglalás

Útpályaszerkezetek méretezéséhez elengedhetetlen az járművek által keltett mértékadó igénybevételek ismerete. Ezek meghatározására – a számos modell mellett – a burkolatba építhető szenzorokkal is van lehetőség. Nyúlásmérő és függőleges feszültségmérő szenzorokkal könnyedén nyomonkövethető a forgalom által keltett igénybevételek alakulása, valamint vizsgálható a hőmérséklet, sebesség és egyéb tényezők hatása is.

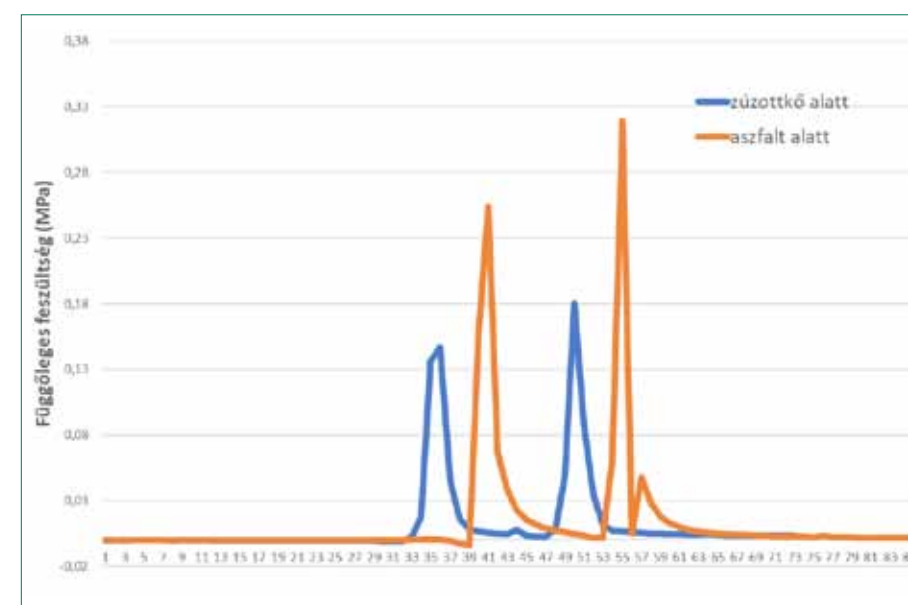
A Colas Hungária dunaharaszti keverőtelepén épített próbaszakaszi aszfaltburkolatában elhelyezett szenzorokkal lehetőség nyílik az igénybevételek és az azt befolyásoló tényezők



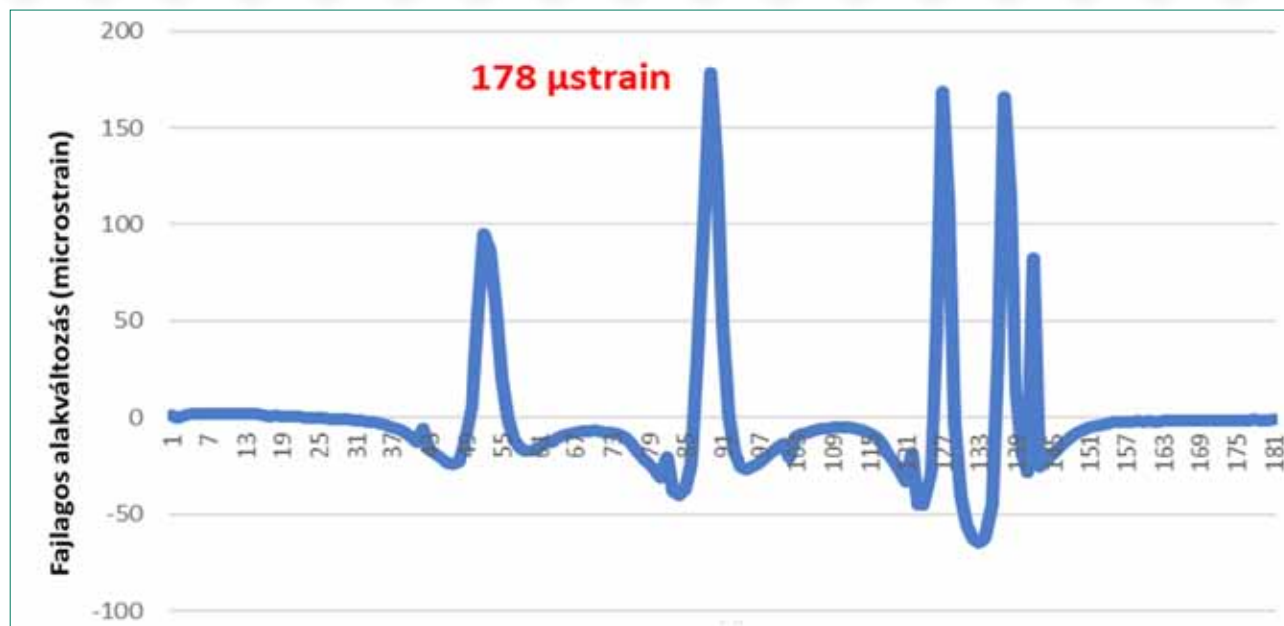
8. ábra: Fajlagos alakváltozás FWD és kéttengelyes tehergépjármű áthaladás hatására



9. ábra: Fajlagos alakváltozás különböző sebességek esetében



10. ábra: Függőleges nyomófeszültség alakulása nagy burkolati hőmérséklet mellett



11. ábra: Fajlagos alakváltozás felületegyenetlenség esetében

vizsgálatára. Bár jelenleg még kevés adat áll rendelkezésre, hogy az összefüggéseket matematikai modellekkel jellemezni lehessen, néhány ténymegállapítás már így is tehető. Hosszabb távon a modellalkotás mellett a cél a fáradás hatásának vizsgálata is. A szenzorok használhatóságával

kapcsolatos kezdeti pozitív tapasztalatok alapján javasolt más projekteken is beépíteni ilyen műszereket, hogy az igénybevételek és a fáradási leromlás nyomonkövethetőek legyenek.



Iterfibra C Plus | Iterfibra CB Plus

Különböző típusú szálanyag granulátumok

Olyan granulátumok, amelyek cellulóz, ásványi és/vagy szintetikus szálakat tartalmaznak, erősítik és vastagítják a bitumen filmet. Ezek a termékek alkalmasak nagy teljesítményű aszfalt utak előállítására. A használatos granulátumok stabilizálják a bitumén a porózus és félig porózus aszfaltbetonokban és a splittaszttix aszfaltokban (SMA).

Magyarországi szakértő: Orbán Balázs
e-mail: postmaster@a-bkft.hu

Hosszú élettartamú, biztonságos
és környezetbarát utak



Kiváló minőségű adalékszerek az útépipar számára
www.iterchimica.it

100% visszanyert aszfalt és ökológiailag fenntartható technológiák az útépipő ipar számára

Eng. Lorenzo Sangalli



Technical Area Manager,
Iterchimica S.r.l

A cég



AZ Iterchimica S.r.l.-t (www.iterchimica.it), 1967-ben Olaszországban (Bergamo) alapították és mára egyike az **útépítés és fenntartás magas technológiai színvonalú adalékszerei vezető nemzetközi gyártóinak**.

A vállalat több, mint 90 országban van jelen a világon és a bevétel 5%-át kutatás-fejlesztésre fordítja.

Az Iterchimica folyamatosan együttműködik az útépipés- és a vegyi anyagokra és technológiai kutatásokra szakosodott vezető olasz és külföldi egyetemekkel. A cég szintén együttműködik a beruházókkal, a kivitelező és tervező vál-



latokkal mind a tervezés, mind a kivitelezés és a karbantartás fázisában biztosítva a termékeket és a technológiai segítséget.

A vállalat UNI EN ISO 9001:2015 for Quality Management System és UNI EN ISO 14001:2015 for Environmental Management System tanúsítással rendelkezik.

Kutatás és fejlesztés

A high-tech adalékszer gyártás a több, mint 50 éves kutatás-fejlesztési munka eredménye, amelyet a hatóságoknál és a vállalatoknál végeztek a piaci követelményeket követve és kielégítve.

A jól felszerelt laboratórium lehetővé teszi a termékek **minőségellenőrzését és CE jelölését**.

Műszaki segítség

Az Iterchimica segít az aszfaltutak legnagyobb teljesítményének elérésében, **a legjobb és leggazdaságosabb megoldás ajánlásával**. Ezért a vállalkozás **technikai segítséget és know-how-t** ajánl a szükségszerű beavatkozásokkal a kivitelezés során közvetlenül a helyszínen.

ITERCHIMICA – Nemzetközi Tanúsítványok és Alkalmazási Engedélyek

Több, mint 50 nemzetközi tanúsítvány és alkalmazási engedély 15 országban.





Termék csoportok

Iterchimica a termékek és technológiák széles skáláját fejlesztette ki, hogy **emelje az aszfalt teljesítményét úgy, hogy növelje a tartósságot, a biztonságot, a fenntarthatóságot és a hatékonyságot.**

- A fő termékek a következők:
- Polimerek a keverékek modifikálására;
- Emulgeátorok kation- és anionaktív emulziókhoz;
- Rejuvenátorok meleg és hideg aszfalt keverékekhez;
- Tapadásjavítók;
- Különböző típusú szálasanyagok (SMA-hoz);
- Üzemanyagállóság növelő technológiák;
- Hagyományos és ökológiai flux olajok;
- Adalékszerek csökkentett hőmérsékletű aszfaltokhoz;
- Szintetikus kötőanyagok (színtelen bitumenek);
- Felületet színező technológiák;
- Pigmentek (színezékek) aszfaltokhoz;
- Kémiai modifikálószer bitumenhez;
- Kiöntő anyagok;
- Talaj stabilizálók;
- Tisztító és leválasztó (tapadásgátló);
- Szagtalanító adalékszerek;
- Adalékszerek zajcsökkentő aszfaltokhoz;
- Jégtelenítő és jégmentesítő technológia

KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft.	NMÉ NEMZETI MŰSZAKI ÉRTÉKELÉS	1119 Budapest Than Károly u. 3-5. 06-1-464-4493
KTI munkaszám: 2168-026-4-6		
NMÉ 39/23/4/MKEH-PMFH-16/8/2015/K		
1. A Nemzeti Műszaki Értékelés (NMÉ) kiállítója: KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. 1119 Budapest, Than Károly u. 3-5.		
2. Az építési termék megnevezése Superplast aszfaltmodifikáló szer		
3. Az NMÉ jogosultja: ITERCHIMICA s.r.l. Via G. Marconi 21 24040 Suisio (BG) Italy		
4. A termék tervezett felhasználási területe: Az útépités területén aszfalt keverékek modifikálására.		
5. Termékkör a 305/2011/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet IV. melléklete szerint		
6. A teljesítmény állandóságának értékelési és ellenőrzési módja:		
7. NMÉ érvényességének kezdete: 2017. január 24.		
Jóváhagyta:		
KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. 1119 Budapest, Than Károly u. 3-5. 24.		
Koczka Zsolt MÉI vezető		



Balról jobbra: pigment granulátum aszfalthoz; kerozinálló felületi kezelés; adalékszer csökkentett hőmérsékletű aszfalthoz

Iterchimica főbb termékeinek referenciái

Az utolsó 5 évben*:
Tapadásjavító adalékszerek: 3500–4000 km
Polymerek: 3000–3500 km
Szálasanyagok: 4000–4500 km

Visszanyert aszfalt és a rejuvenátorok

A környezet védelme szempontjából fenntarthaó aszfaltbeton visszanyert aszfalttal

A visszanyert aszfalt(RA) alkalmazása az útépités kivitelezésében és fenntartásában az útépités alapvető szempontjává vált.

A bitumen tartalmú RAP egy fizikai-kémiai változáson megy keresztül.

Az idő múlásával a bitumen plasztikus és kohéziós tulajdonságainak csökkenését szenved el, melyet az oxidáció és a könnyebb párlatainak elvesztése okoz.



Rap – Újra felhasználás vagy rejuvenálás (fiatalítás)

Mi a különbség a RAP ÚJRA FELHASZNÁLÁS és a REJUVENÁLÁS között?



Balról jobbra: tapadásjavító adalékszer, polymer, szálasanyag

*Részletes referenciák elérhetőek

RAP ÚJRA FELHASZNÁLÁS a gyártási folyamatba való beillesztés termékek (általában olajok) lehetséges hozzáadásával amelyek a beépítés során a bedolgozhatóságot biztosítják. Ebben az esetben az elpárolgott részek nincsenek pótolva.

RAP REJUVENÁLÁS a gyártási folyamatba való beillesztés rejuvenátorok (ACF) hozzáadásával, amelyek nemcsak a bedolgozhatóságot, hanem az elpárolgott részek pótlását is biztosítják.

Az Iterchimica Rejuvenátorai

1975 óta az Iterchimica rejuvenátorokat gyárt és ajánl, amelyek a RAP oxidált bitumenjének az időközben elpárolgott részeit pótolják.

Csaknem 45 év tapasztalattal a rejuvenátor fellesztés és gyártás úttörőinek tekintjük magunkat.

Az elmúlt 5 évben mintegy 3 millió tonna RAP-ot használtak újra a mi rejuvenátorainkkal Olaszországtól Angliáig és Szingapúrtól Dél-Kóréig.

Rejuvenátorok műszaki követelményei

Ahhoz, hogy a rejuvenátorok hatékonyságát igazoljuk, több vizsgálatot szükséges a bitumenen és az aszfaltkeverékeken elvégezni, ezek a következők:

- Bitumen penetráció és lágyuláspont (öregítés előtt és után)
- Köttanyag reológia (DSR, BBR)
- Bitumen teljesítmény fokozat (DSR, BBR)
- SARA analízis
- Köttanyag viszkozitás
- ΔT_c : Relaxáció
- Mechanikai teljesítmények
 - Marshall
 - ITS
- Keréknyom vizsgálat



- Merevség
- Fáradás
- Sok egyéb

De mi van a BITUMEN KÉMIAJÁVAL?

Az a megállapítás, hogy a rejuvenátorok hatékonyságának értékelésére az öregített bitumeneken végrehajtott hagyományos vizsgálatok elegendőek – hiányos. A hagyományos vizsgálatok, mint a penetráció, lágyuláspont, viszkozitás nem tükrözi a bitumen szerkezetének változásait és kémiai reakcióit. Azért, hogy ki tudjunk fejleszteni egy, a rejuvenátorok hatékonyságának reális megítélésére alkalmas vizsgálati módszert, egy kutatás-fejlesztési együttműködést indítottunk el a Kalábriai Egyetemen (Olaszország).

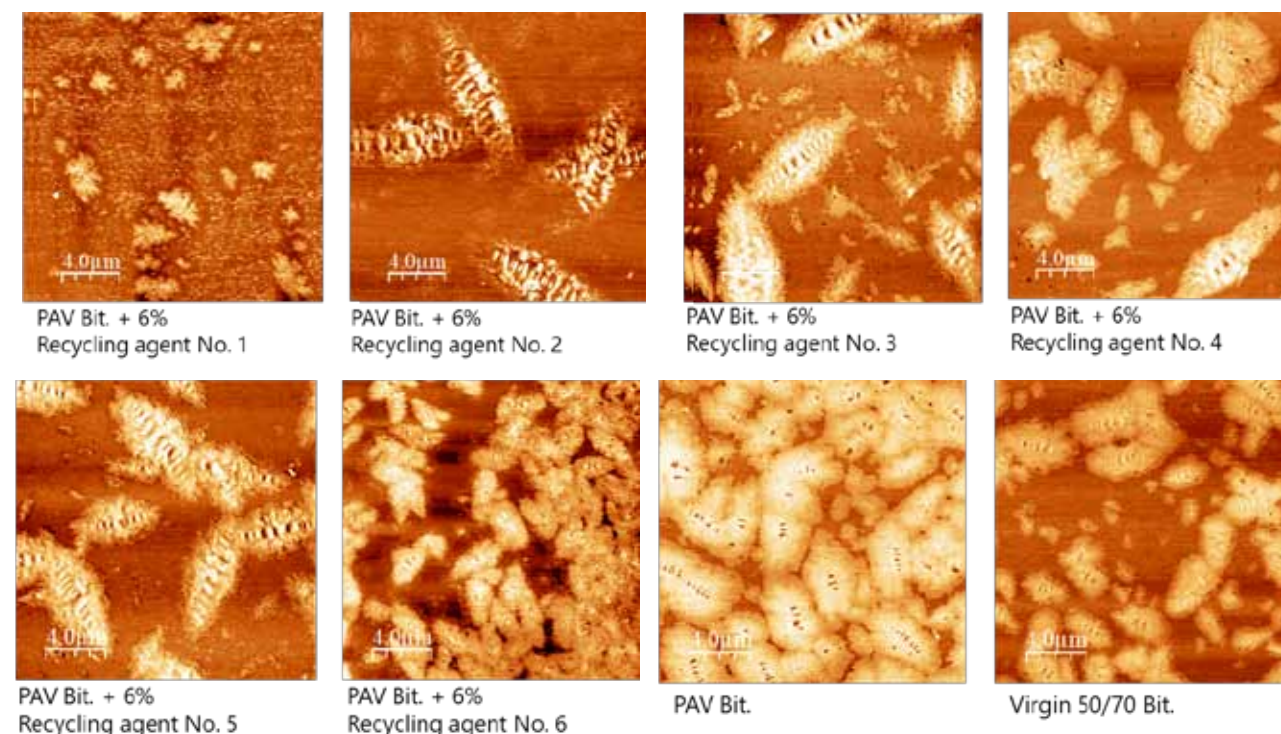


Olyan vizsgálatokat végeztünk a rejuvenátorok hatékonyságának megítélésére, mint a PXRD (Powder X-Ray Diffraction), AFM (Atomic Force Microscope), DSR (Dynamic Shear Rheometer), SEM (Scanning Electron

Microscopy), IR (Infrared spectroscopy).

Az eredmények értékelésének első fázisában azt találtuk, hogy a leghatékonyabb vizsgálat az Atomic Force Microscope – amelyről néhány kép készült.

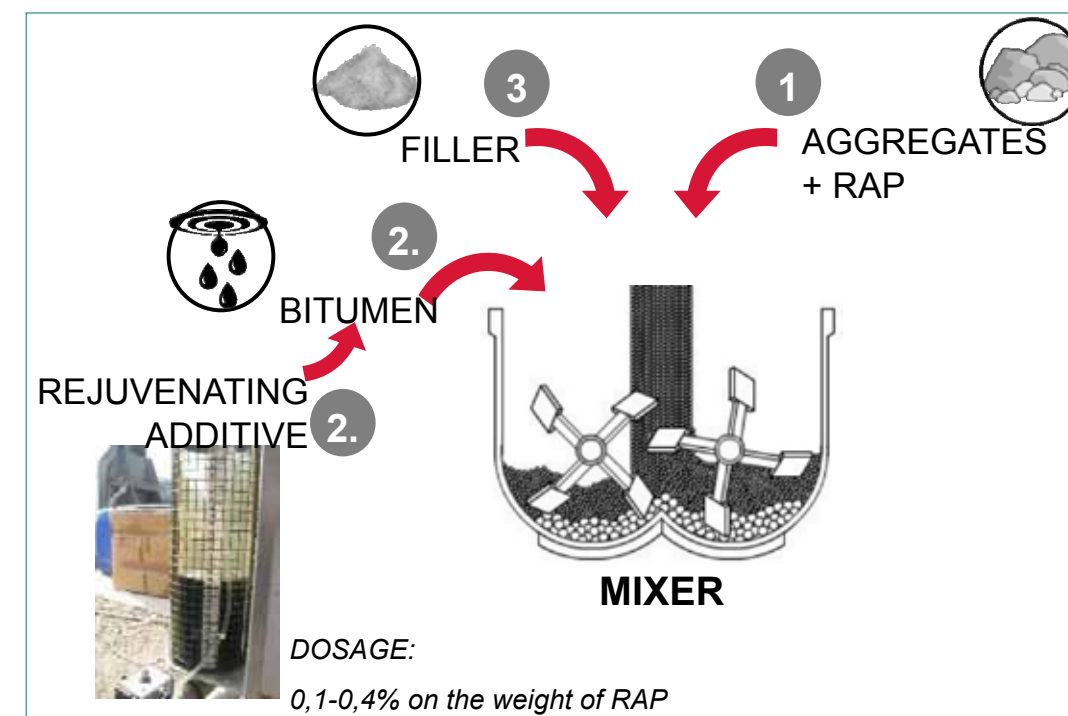
Vizsgálati eredmények – mikroszkópos analízis AFM fázis képek



Meleg aszfalt rejuvenáció ITERLENE ACF-el – referenciák

Rejuvenátorok meleg aszfaltokhoz – adagolás

Az adagolás vagy a köttanyagba a bitumen tartályba való adagolással vagy a gyártás során egy megfelelően kialakított adagoló rendszeren keresztül történik.



Referenciák

Dzsakarta –Meleg aszfalt: 30% RAP + Iterlene ACF 2001



Próba szakasz Brunn – 50% RAP + ACF 2000 Green

Results from Trial section (Iterlene 2000)

Needle penetration	[0,1 mm]	41
T _{VE} (1,59 Hz)	[kPa]	13.6
Softening point	[°C]	54.0
G* (60 °C; 1,59 Hz)	[kPa]	4.8
δ (60 °C; 1,59 Hz)	[°]	80.8
MSCR J _{nr3,2}	[kPa ⁻¹]	0.33
MSCR J _{nrdiff3,2-0,1}	[%]	9.89

Svájc – 100% RAP



Svájc



HMA – 100% RAP



Bitumen hozzáadása nélkül



ITERLENE ACF 2000 GREEN-nel

Svájc – 100% RAP és sárga pigment



Hideg rejuvenáció ITERLENE ACF 1000 HP GREEN-nel referenciák

ITERLENE ACF 1000 HP GREEN

Adalékszer hideg aszfalt keverék gyártásához 100% RAP felhasználásával



100% RAP



ITERLENE ACF 1000 HP GREEN

Felhasználások:

1. Javítás
2. Kerékpárutak építéséhez (színes utakhoz is)
3. Alacsony forgalmú utakhoz



Osztályozott RAP

Kötőanyag
ITERLENE ACF 1000 HP GREEN

Egyszerűen egy kis keverővel



vagy egy nagy keverőgépen

Alkalmazás kátyúkhoz és árkokhoz



Horvátország (A1 Autópálya)
100% RAP
+
Iterlene ACF 1000 HP Green

Alkalmazás: kerékpárút



Olaszország
100% RAP
+
Iterlene ACF 1000 HP Green
+
Iteroxid 100%-K

Alkalmazás: kisforgalmú út



Spanyolország:



Olaszország:



TRUCK BODIES	AC with NEAT BITUMEN	1 part with 3 - 5 parts of water
	AC with MODIFIED BITUMEN	1 part with 1 - 3 parts of water
COMPACTING ROLLERS	AC with NEAT BITUMEN	1 part with 20 parts of water
	AC with MODIFIED BITUMEN	1 part with 10 parts of water

Tapadásgátlók

A **tapadásgátlók** egy elválasztó funkciót töltenek be a gumi és vibrohengerek, finisherek és a szállítójárművek platója és az aszfaltbeton között elkerülve a felületi tapadást. Ezek vízben könnyen oldódnak.



Példa az adagolásra



KAPCSOLAT



A+B Mérés-technikai Kft.
1029 Budapest, Gyíkfű u. 29.
Tel.: +36 30 971 2234
www.a-bkft.hu
postmaster@a-bkft.hu



ITERCHIMICA S.R.L.
Via G. Marconi, 21, 24040 SUISIO (BG), ITALY
Tel.: +39 035901121
www.iterchimica.it
lorenzo.sangalli@iterchimica.it

Aszfalt újrahasznosítása - Tapasztalat az OMV Starfalt®PmB 45/80 RC-vel Ausztráliában és a Cseh Köztársaságban

Dr. Markus Spiegl

Részleg vezető
Fekete termékek
üzleti fejlesztése
és Stratégiai ellátás és árképzés
OMV



1. Bevezetés

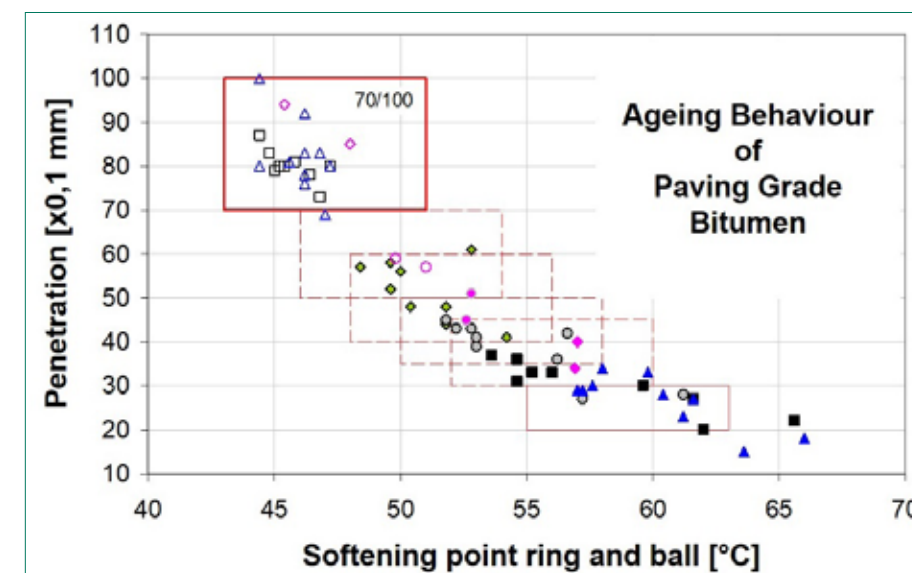
Az újrahasznosítás és a környezetvédelem ötlete egyre fontosabbá vált az utóbbi években, ugyanez tapasztalható az aszfaltút-építésen és a felhasznált alapanyagok kérdésében is. Ennek az építőanyagoknak a fő előnye abban rejlik, hogy a normál útépítési bitumennel vagy polimerrel módosított bitumennel előállított aszfaltkeverék 100%-ban újrahasznosítható. Így a bitumen és az aszfalt esetében a fenntarthatóság, az újrafelhasználhatóság és a körkörös gazdaság szempontjából zászlóshajó. A visszanyert aszfalt mennyisége folyamatosan növekszik. 2004-ben még körülbelül 1,2 millió tonna volt, 2008-ban már több mint 1,5 millió tonna, jelenleg pedig körülbelül 1,9 millió tonna a mennyisége Ausztriában.

Ausztriában az újrahasznosított aszfalt 100%-át újra felhasználják, ám annak csak kis részét hasznosítják a legmagasabb minőségű, a meleg keverékben történő (hot mix) újrafelhasználás céljából. 2010/2011-ben az Asfinag elkezdte támogatni a regenerált, visszanyert aszfalt használatát az autópálya-pályázataiban. Az alaprétegekben

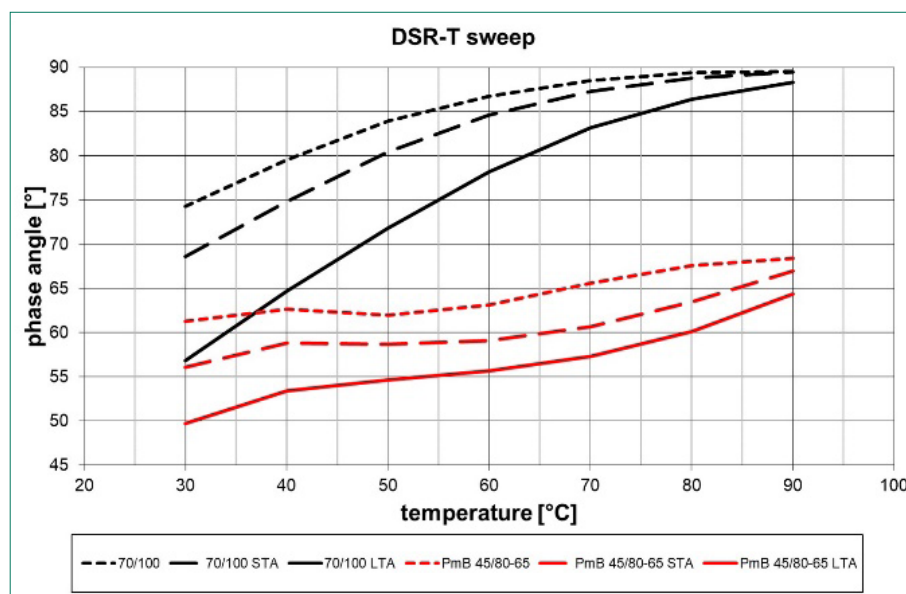
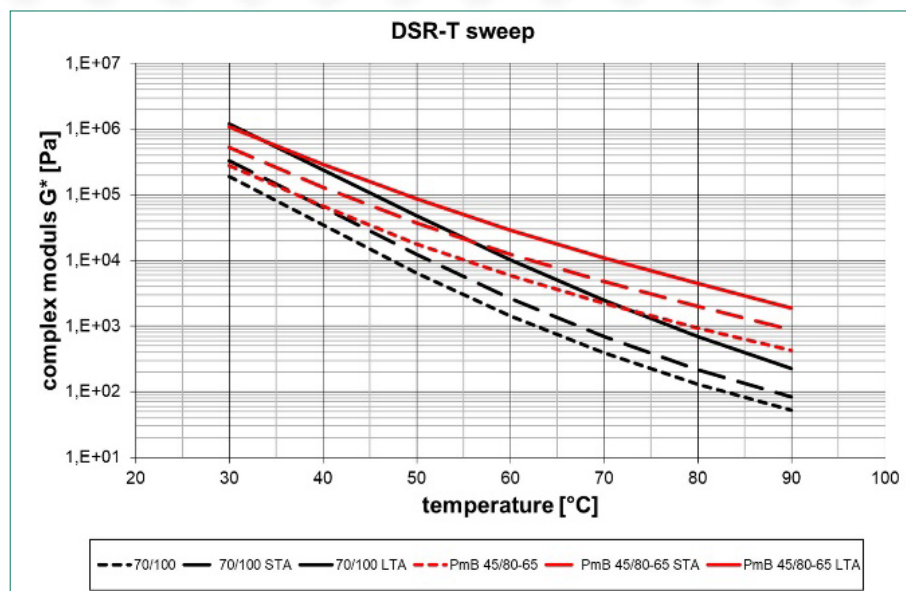
és a kötőanyag-rétegekben 20%-nyi felhasználást írtak elő egy projekt alapon. Ami az osztrák keverőüzemek akkori műszaki felszereltségét illeti, csak néhány volt felszerelve az előírásnak megfelelő párhuzamos dobokkal. Ezért a figyelem a RAP anyag hozzáadására irányult hideg és nedves keverékekben maximálisan mintegy 20% adagolási mennyiségben, mivel nem lett felmarva, örölve rétegenként.

Ezért a cél egy olyan termék kifejlesztése volt, amely támogatja ezeket a követelményeket. Lehetővé kell tenni olyan 20% RAP-tartalommal előállított aszfaltkeverékek gyártását, amelyek legalább annyira jók, mint a 100%-ban friss anyagokkal előállított keverékek. A RAP hozzáadása hidegen történik a keverőüzemben. Párhuzamos dobok vagy dobgyűrűs adagolás használata esetén a RAP-tartalom akár 40%-ig is növelhető.

A termékfejlesztés célja tehát egy erősen átalakított modifikált polimer bitumen, amely alkalmas magas szintű úthálózatban (például autópályák, gyorsforgalmi utak) történő felhasználásra, visszanyert, regenerált aszfalt felhasználásával az alap- és a kötőrétegben. A RAP-tartalommal előállított keverék tulajdonságainak értékelése a teljesítmény alapú aszfaltvizsgálatokon alapul. Ezenkívül az OMV Starfalt® PmB 45/80 RC speciális bi-



1. ábra: A normál burkolati bitumen öregedési viselkedése – penetráció, gyűrűs-golyós lágyuláspont



2/a és 2/b ábra: Bitumenes kötőanyag öregedési viselkedése – reológiai tulajdonságok DSR (komplex nyírási modulus G^* (balra) és fázisszög (jobbra))

tumenes kötőanyag működési módját a visszanyert aszfalt felhasználása során teljesítményhez kapcsolódó bitumenesztekkel kell értékelni.

2. Hogyan változnak a bitumenes kötőanyagok tulajdonságai öregedés hatására?

Azt a fontos kérdést, hogy a bitumenes kötőanyagok tulajdonságai hogyan változnak az öregedés során, nem könnyű megválaszolni. Annak érdekében, hogy a jövőben a lehető legtöbb visszanyert aszfaltot használhassunk, meg kell értenünk, hogyan változnak a bitumenes kötőanyagok tulajdonságai egy aszfaltút használata illetve élettartama alatt. A bitumenes kötőanyag öregedése miatt törekeny, keménnyé válik, és az idő múlásával egyre több repedés keletkezik. Ezt az öregedési folyamatot elméletileg szimulálhatjuk a Rolling Thin Film Oven Test (RTFOT) segítségével, amely szimulálja a rövid távú öregedést (Short Term

Aging (STA) az aszfaltgyártás és a bedolgozás során, valamint a Pressure Aging Vessel (PAV) segítségével, amely a teljes élettartamra vonatkozó hosszú távú öregedést szimulálja (LTA) a teljes élettartam alatt.

Az 1. ábra a normál burkolati bitumen tipikus értékeit mutatja a penetráció és a gyűrűs-golyós lágyuláspontra vonatkozó tipikus értékeket. Az ábra világosan mutatja, hogy a penetráció folyamatosan csökken, a gyűrűs-golyós lágyuláspont pedig növekszik. Az öregedési folyamat végén az eredmény egy kemény burkolati bitumen, mint például a 10/20-as, vagy még keményebb. Ez többé-kevésbé a tiszta burkolati bitumen megértése. Az még nem világos, hogy más adalékanyagok hogyan befolyásolják ezt a folyamatot, illetve az anyag tulajdonságait. Pontosabban, hogyan viselkedik a visszanyert aszfalt, különféle adalékanyagokkal és módosítókkal együtt az újrahasznosítási folyamatban.

Jelenleg az a gyakorlat, hogy a visszanyert aszfalt kötőanyagát nem ellenőrzik részletesen. A jövőben várható, hogy az általánosan használt gyűrűs-golyós lágyuláspont biztosan nem lesz elegendő információ.

Ezenkívül javasolt teljesítményt mérő bitumenvizsgálatok, például a dinamikus nyíró rheométer (DSR) teszt (hőmérsékleti és frekvencia függő elvégzése). A 2. ábra azt mutatja, hogy a reológiai tulajdonságok – komplex nyírási modulus

G^* és a fázisszög – hogyan változnak az öregedés során (STA és LTA) a 70/100 burkolati bitumennél (EN 12591 szerint), illetve a PmB 45 / 80-65 (az EN 14023 szerint) polimerrel módosított bitumen esetében. A 2/a ábra a hőmérsékleti eredményeit mutatja. Először is, a különbség a PmB és a burkolati bitumen között nyilvánvaló, főleg magasabb hőmérsékleteken. A PmB esetében a G^* komplex nyírási modulus szignifikánsan magasabb, és a G^* alacsonyabb hőmérsékleti érzékenysége jellemzi (a G^* csökkentett lejtése vs. hőmérséklet). Az öregedés során a komplex modulus tovább növekszik mindkét kötőanyag esetében, ami várható, mivel az összes aszfaltkeverék merev és kemény lesz idővel.

A fázisszögnél (2/b ábra) a burkolati bitumen és a PmB közötti különbség még nyilvánvalóbb. A PmB polimer alkotóelemének köszönhetően a friss kötőanyag fázisszöge lényegesen alacsonyabb, ami az elasztomer kötőanyag jellemző viselkedését mutatja. Az öregedés során mindkét típusú kötőanyag merevebbé válik, a fázisszög pedig csökken. Míg a vizsgált PmB összes fázisszög vs. hőmérséklet

görbéje mégis egy elasztomer anyag viselkedését tükrözi, addig a burkolati bitumen ekvivalens görbéi a tesztelt hőmérsékleti tartományon belül megközelítik a 90°-ot (mint egy tiszta folyadék).

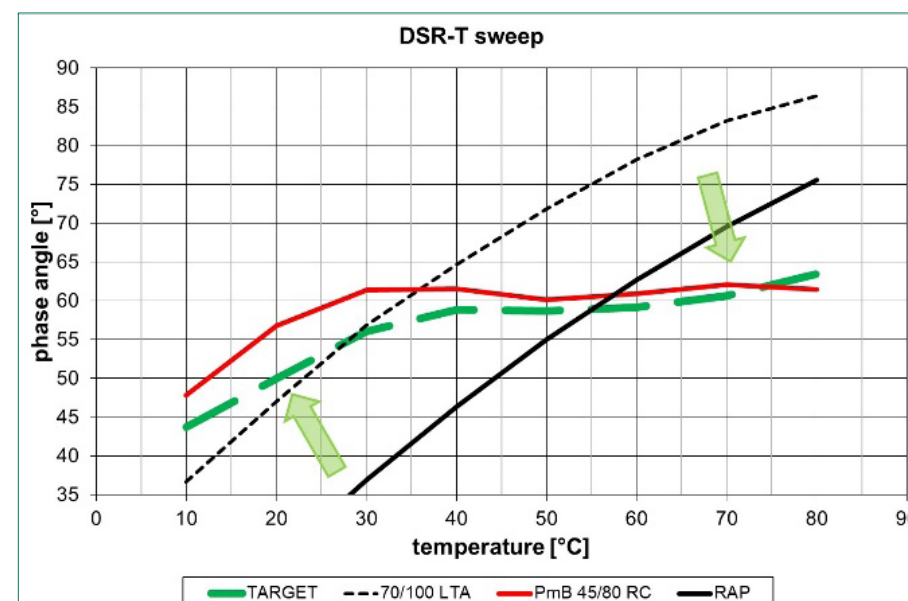
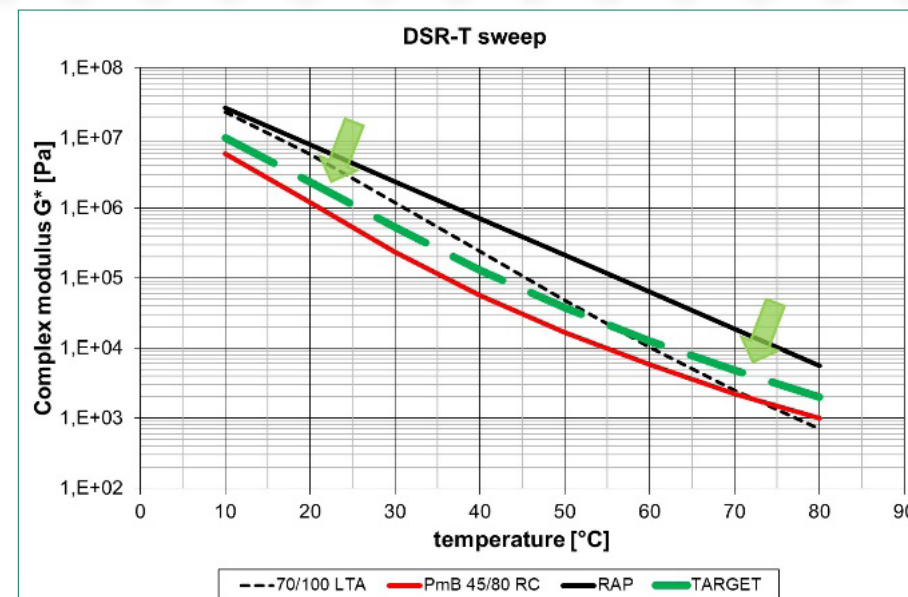
Ez azt jelenti, hogy a burkolati bitumen esetében a fázisszög önmagában a kötőanyag szilárdanyag-viselkedésének azon részét tükrözi, amelyet a merevség jelentős növekedése okoz. Ez az egyik oka annak, hogy az aszfaltúton idővel repedések jelennek meg.

3. Termékfejlesztés

A visszanyert aszfalt újrahasználatával előállított aszfaltkeverékek gyártásához a hozzáadott friss bitumennek megfelelően magas minősége szükséges. Ennek a terméknek kell kompenzálnia az előregedett és így felkeményedett bitumen tulajdonságait az újrahasznosított aszfaltkeverékből. Ezenkívül az újrahasznosított aszfalt hozzáadása a friss bitumen hígítását eredményezi, az újrahasznosított anyagból nyert öreg bitumen arányának megfelelően.

Ahogy a bevezetésben már szó volt róla, Ausztriában még mindig sok olyan aszfaltkeverő berendezés található, amelyek csak a visszanyert aszfalt hideg hozzáadására képesek. A helyzet 2010 óta kissé változott, de nem jelentősen. 2010-ben és az azt megelőző években csak két párhuzamos dob volt használatban Ausztriában. Az Asfinag pályázatok támogatják 20%-nyi visszanyert aszfalt felhasználását az alap- és kötőanyagrétegek aszfaltkeverékeiben.

Továbbá Ausztriában továbbra is szokásos gyakorlat az összes aszfaltréteg egyszerre történő örlése, és a RAP tulajdonságainak nagyon gyakran nagyon sokféle változata van, mivel ezen tulajdonságok attól függenek, hogy melyik útosztályból nyerik ki az adott RAP-mennyiséget. Emiatt a cél egy olyan bitumenes kötőanyag kifejlesztése volt, amely támogatja ezt a követelményt. Így született meg a magasabban polimerrel módosított bitumen elképzelése.



3/a és 3/b ábra: RAP, tiszta PmB 45/80 RC és céltermék reológiai tulajdonságai DSR (komplex nyírási modulus G^* (balra) és fázisszög (jobbra))

Properties	Unit	Range of Values (typical values)
Penetration at 25°C	1/10 mm	45-80 (60-80)
Softening point ring and ball	°C	≥ 70 (70-80)
Fraass breaking point	°C	≤ -18
Elastic recovery before aging at 25°C	%	≥ 80 (95-100)
Elastic recovery after RTFOT aging at 25°C	%	≥ 70 (80-90)
Storage stability – difference in softening point	D°C	≤ 5,0
Force ductility at 5°C	J/cm ²	≥ 3 (5°C) (6,8)
PG exakt (DSR / BBR)	°C	80 -29
PG Superpave	°C	-24

3.1 táblázat: Bitumenes kötőanyag tulajdonságai – OMV Starfalt® PmB 45/80 RC

Project	Asphalt mixture	planned RAP content [%]	actual RAP content [%]	binder content [%]			Void content [%]
				fresh	RAP	total	
L384 - AT	AC 16	15	15	4,5	0,8	5,3	2,4
L384 - AT	AC 16	20	19	4,3	1,0	5,3	3,0
Domasov - CZ	ACO 11+	15	18	4,9	1,1	6,0	2,3
L384 - AT	AC 32	15	14	3,8	0,6	4,4	3,4
L384 - AT	AC 32	20	21	3,5	0,9	4,4	2,3
Lednice - CZ	AC 22	20	23	3,3	1,0	4,3	5,7

4.1 táblázat: Alapvető információk az egyes osztrák és cseh vizsgálati szakaszokról

A 3/a és 3/b ábra bemutatja különféle kötőanyagok reológiai tulajdonságait – komplex nyírási modulus G^* (balra) és fázisszög (jobbra) –, hogy képet kaphassunk RAP-ból (RAP az L384 projektből), friss PmB RC-ből előállított kötőanyagok tulajdonságairól, valamint a céltermék tulajdonságairól, amelyet szándékunkban állt kifejleszteni. A 70/100 LTA és különösen a RAP nagyon magas komplex nyírási modulusot mutat. Másik figyelemre méltó megfigyelés a 70/100 LTA és a RAP közötti óriási különbség 40°C-nál magasabb hőmérsékleten. A G^* tartománya szintén látható az ábrán. Szükség van egy alacsonyabb G^* komplex nyírási modulusú, és lényegesen magasabb elasztikus összetevővel rendelkező termék előállítására. Ez a céltermék összehasonlítható a PmB 45 / 80-65 STA-val, ami várható, ha 100%-ban friss vagy tiszta anyag lett volna felhasználva az aszfaltkeverékhez keverés és a burkolat beépítése után.



4/a és 4/b ábra:

Tervezési hely L 384 Lafnitzthal [Google Earth] kutatási projekt (balra) és AC 16 felületi réteg bedolgozása (jobbra)



5. ábra: Az L 384 Lafnitzthal út állapota 9 év használat után

A 3/b ábra a fázisszöget mutatja. Hatalmas különbség látható a 70/100 LTA és a RAP között, ami valószínű. Ezek a tulajdonságok jellemzőek a visszanyert aszfaltkeverékekből előállított burkolati kötőanyagokra. Az ilyen gyenge teljesítményt kompenzálni, és jelentősen javítani kell, hogy hosszú élettartamú utakat és jó minőségű aszfaltkeverékeket kapjunk.

A zöld nyílak jelzik azt az irányt, amely felé a tulajdonságokat meg kell változtatni. Ez olyan termékkel érhető el, amely hasonló a 3/a és a 3/b ábra piros vonalaihoz. Ehhez az OMV kifejlesztett egy PmB 45/80 RC anyagot, a 3.1 táblázatban bemutatott tulajdonságokkal.

A magasabb fokú modifikáció miatt ezt a terméket rugalmas visszaalakulási képesség (elastic recovery) jellemzi, amely mindig meghaladja a 90%-ot, és a legtöbb esetben a 95%-ot. Ennek a nagy rugalmasságnak köszönhetően ez a termék elegendő tartálékkal rendelkezik az RAP kötőanyagának "rossz" tulajdonságainak kompenzálására. Ez azt jelenti, hogy ha például a RAP jelen van PmB-vel, és elasztikus tulajdonságai máris jelentősen csökkentek – 50% alá –, akkor ez a termék képes kompenzálni a gyengébb teljesítményt és jelentősen javítani azt. Ezenkívül a penetrációs érték magasabb, mint a standard PmB 45/80-65 esetén, valamint az alacsony hőmérsékleti viselkedés is javul.

4. Első próbaszakaszok

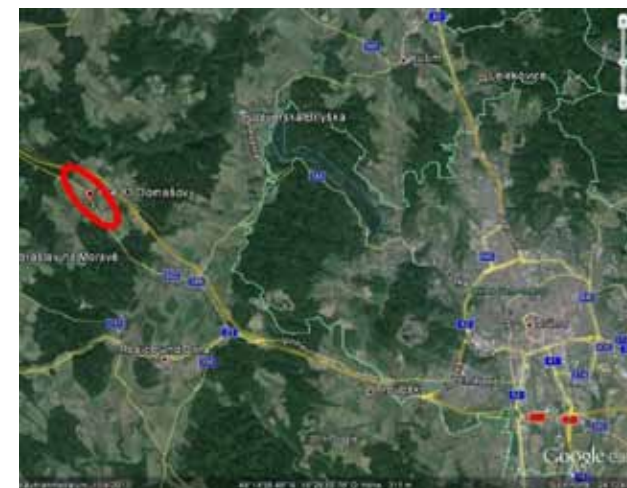
A következő fejezet az első próba-szakaszokat írja le Ausztriában és a Cseh Köztársaságban. Megtalálható néhány információ (lásd 4.1 táblázat) a beépítés helyszínéről (hely és az aszfaltkeverék típusa), a RAP-tartalomról, a kötőanyag-tartalomról (friss, RAP-ból származó és az összes szabad hézagtartalomról, valamint az út külső megjelenéséről több éves szolgálat után).

A kísérleti szakaszon négy különféle típusú aszfaltkeveréket használnak, amelyek tervezett RAP-tartalma 15% vagy 20%. A visszanyert aszfaltot mindig hidegen adják hozzá a keverékhez az aszfaltkeverő üzemben. A tényleges RAP-tartalmat a teljes kötőanyagmennyiségből számítják vissza és a RAP-ból származó kötőanyag-tartalomból. Minden projektnél az OMV Starfalt PMB 45/80 RC-t használják friss kötőanyagként.

4.1 Építési terület Ausztriában – L 384

Az egyik első vizsgálati projekt az L 384 Lafnitzthal volt 2010 májusában – a Nestelbacherstraße új építése 3+450–4+000 kilométerig (lásd 4/a és 4/b ábra). A régi országút aszfaltját egész szélességében és mélységében felmárták. Ezt követően az úttestet két rétegben újraaszfaltozták, 8 cm-es alaprétet és 5 cm-es felületi réteg alkalmazásával, 15% és 20% RAP felhasználásával. Összesen körülbelül 1300 tonna AC 16 (kopórétet) és AC 32 (alaprétet) aszfaltot telepítettek 2 helyszínen.

Az újrahasznosított RA 0/22 aszfalt oldható bitumentartalma 3,8%. A visszanyert kötőanyag egy nagyon kemény



6/a és 6/b ábra: Tervezési hely Domasov 602 út [Google Earth] (balra) és az AC 11 kopó réteg bedolgozva (jobbra)



7. ábra: Domasov 602 út állapota 4 év használat után

10/20-as útbitumennek felel meg (penetráció 15 1/10 mm, gyűrűs-golyós lágyuláspont 70°C).

A Bécsi Műszaki Egyetem széleskörű vizsgálati programot hajtott végre (teljesítménnyel kapcsolatos kötőanyag- és aszfaltkeverék-teszt) az OMV megbízásából. Spiegl M. és Kammerer S. 2011-ben és 2013-ban már közzétették az eredményeket.

Még 9 évnyi úthasználat után sem volt károsodás megfigyelhető sem az út felületén, sem a burkolat szerkezetében (lásd 5. ábra). Ezenkívül az úttesten nem végeztek karbantartási munkákat. Ez a körülmény azt sugallja, hogy rövid és középtávon sem várható az útállapot jelentős romlása.

4.2 Építési terület a Cseh Köztársaságban - Domasov 602 út és Lednice

Domasovban (lásd 6/a és 6/b ábra) egy 7 m széles út felületi rétegét (4 cm) újították fel 2015-ben egy 1,45 km hosszú szakaszon, 18% RAP felhasználásával (hidegen adagolva, tervezett 15%, 16 (1/10) penetrációval és 71°C-os gyűrűs-golyós lágyulásponttal). Az előállított ACO 11+ felületi réteg teljes kötőanyag-tartalma körülbelül 6,0%, a friss kötőanyag-tartalma pedig 4,9%. Összesen 45,5 tonna bitument (OMV Starfalt® PMB 45/80 RC) használtak 10,150 m² területen.

A cseh építési terület hasonlóan néz ki, mint az ausztriai. Nyilvánvaló, hogy még az út négy év utáni használata után sem észlelhető károsodás (lásd 7. ábra). Feltételezhető, hogy ez az út több éven keresztül használható karbantartási munkálatok nélkül.





8/a és 8/b ábra: Tervezési hely (Lednice [Google Earth] (balra) és AC 22 kopó réteg bedolgozása (jobbra)



9. ábra: Lednice – az út állapota 4 év használat után

2015-ben Lednice-ben (lásd 8/a és 8/b ábra) a meglévő út burkolati rétegét (vastagsága 6 cm) egy 600 m hosszú szakaszon és 6 m szélességben eltávolítottuk. A felújított terület 3800 m² volt. Az újrafeldolgozott aszfalt aránya 23% (tervezett 20%), és hidegen adagolták az aszfalt keverékhez.

A friss bitumen (OMV Starfalt (R) PmB 45/80 RC) aránya 3,3%, a teljes bitumen aránya pedig 4,3%. Az aszfalt réteget 5,7% hézagtartalom tartalommal dolgozták be, amely érték az előírás tartalom felső tartományában van.

A cseh építési terület hasonlóan néz ki, mint az ausztriai. Látható, hogy még az út négy év utáni használata után sem észlelhető károsodás (lásd 9. ábra). Feltételezhető, hogy ez az út több éven keresztül használható karbantartási munkálatok nélkül, ugyanúgy, mint a domasovi szakasz.

Ezt és az előző tesztút kutatási projektet a Cseh Köztársaságban építésük óta folyamatosan vizsgálják. Magmintákat rendszeres időközönként vesznek és a visszanyert kötőanyagot vizsgálják (empirikus és teljesítménnyel kapcsolatos vizsgáló kötőanyag-tesztek). Varaus M. és más szerzők már közzétették a 2017. és 2019. évi eredményeket, és a České Budějovice-i aszfaltkonferencián ismertették azokat.

Ezenkívül a Bécsi Műszaki Egyetemen az beépítés után utáni teljesítménnyel kapcsolatos vizsgálatokat is végeztek. Kammerer S. 2018-ban tartott előadást a Cseh Közüti Szövetség 26. Útügyi konferenciáján, Ostrava-ban.

5. Vizsgálati eredmények és értelmezésük

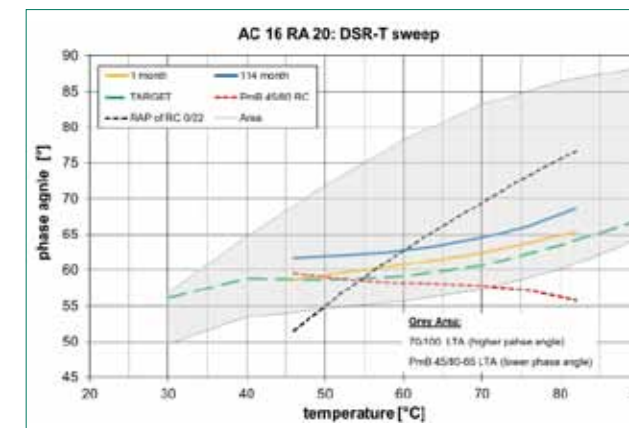
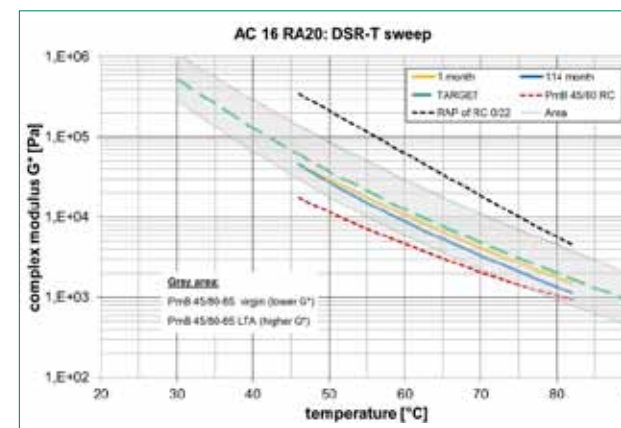
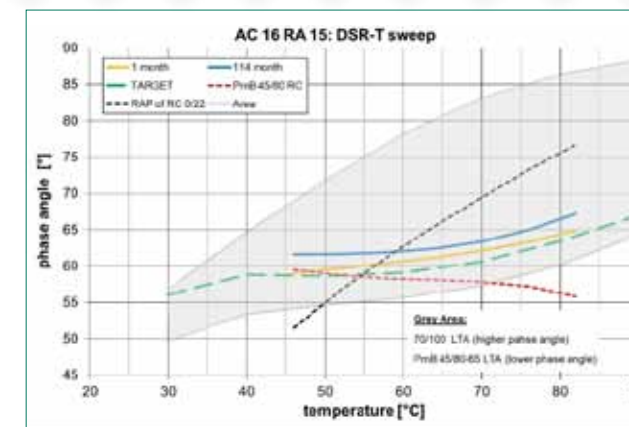
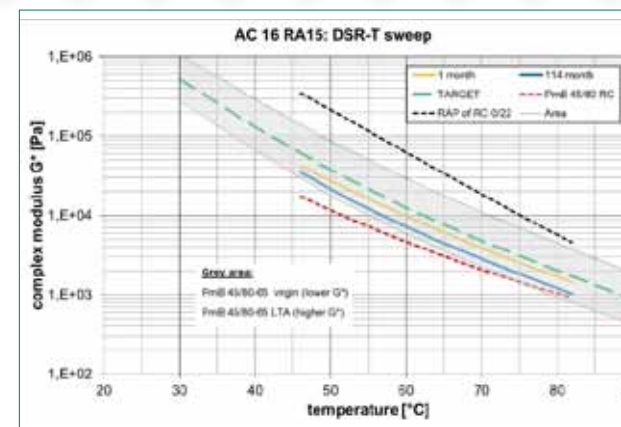
Ez a fejezet ismerteti a kötőanyag vizsgálatok eredményeit és azok értelmezését. A kötőanyag tesztelése a reológiai tesztekre, esetünkben pedig kimondottan a DSR tesztekre

összpontosít, mivel úgy tűnik, hogy ezek alkalmasabbak a kötőanyag teljesítményének megfelelő leírására. Az ebben a fejezetben szereplő adatok ugyanúgy néznek ki. Megmutatják a tipikus PmB 45/80 RC-re, illetve RAP anyagra vonatkozó eredményeket (akár a fekete pontozott vonal, akár a fekete pontozott vonal plusz egy megjelölt terület), a visszanyert kötőanyag számára a beépítés utánra előírt célgörbét (hasonló a PmB 45 / 80-65 STA-hoz), valamint a különféle felülvizsgálati időpontok időpontokban mért értékeket. Ezenkívül az ábrák megmutatják a G* komplex nyírási modulusának „szürke területét” (grey area), amelyet a tiszta PmB 45 / 80-65 és a PmB 45 / 80-65 LTA értéke határol be. Mindaddig, amíg a vizsgált adatok ezen tartományon belül vannak, a kötőanyagot nem, vagy a várt szinten előregedettnek tekintik.

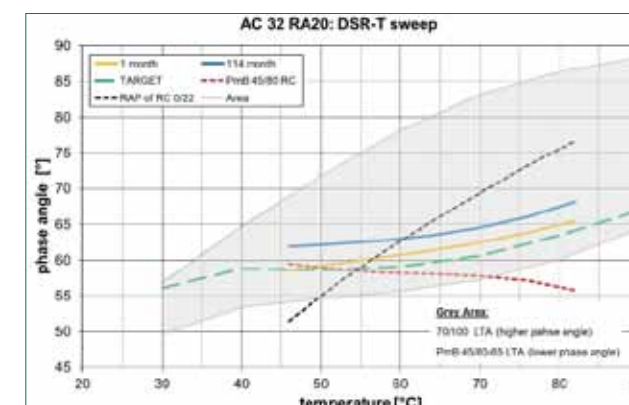
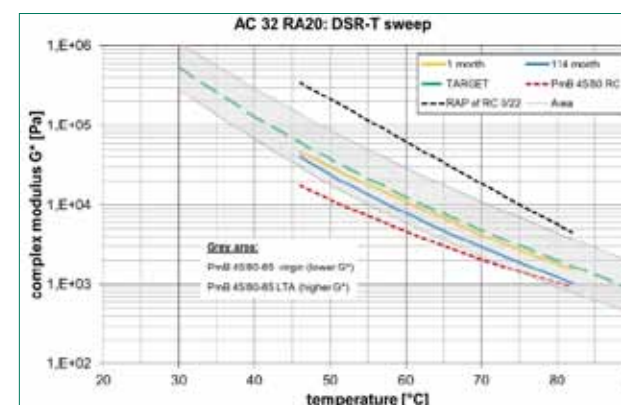
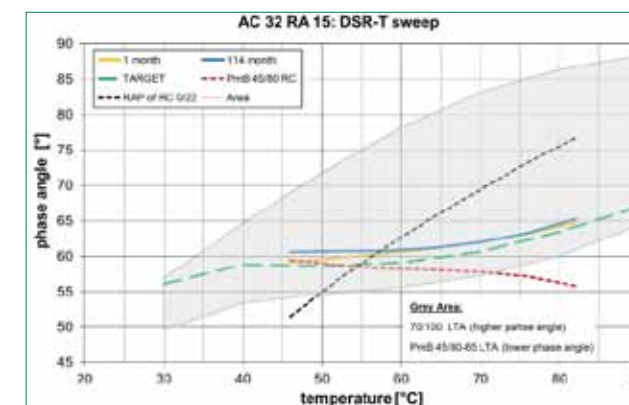
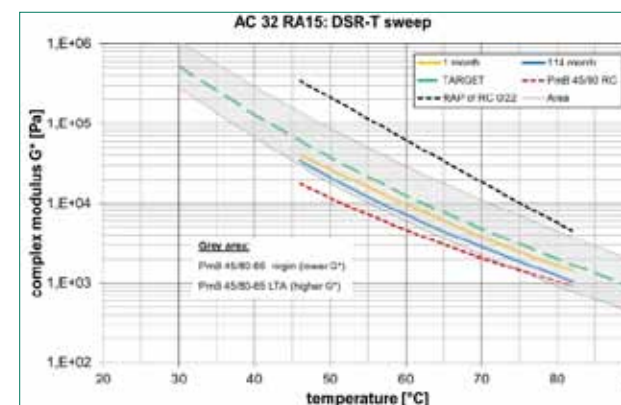
Ugyanez vonatkozik a fázisszögre, de ezen az ábrán a „szürke terület”-et a 70/100 LTA bitumen, valamint a PmB 45/80-65 LTA értéke határolja be. Mindaddig, amíg a mérési értékek ezen a tartományon belül vannak, és a 70/100 LTA bitumen vonal fölött a 10–30°C hőmérsékleti tartományban vannak, a kötőanyagot nem, vagy a várt szinten előregedettnek tekintik, ami azt jelenti, hogy a teljesítmény továbbra is jó vagy kiváló.

Emellett empirikus tesztek is végeztek, például penetrációs és gyűrűs-golyós lágyuláspont-vizsgálatot, valamint BBR tesztek, hogy képet kapjunk az alacsony hőmérsékleti teljesítményről, miután egy ideig forgalmi terhelés alatt voltak az utak.

Ezenkívül azt is fontos itt megemlíteni, hogy az összes kísérleti szakaszban a RAP-t hidegen adagolták a forró (hot) aszfaltkeverési folyamat során. A kötőanyag, amelyet utólag a vizsgálat céljából utólag nyerne vissza, a friss



10. a, b, c és d ábra: RAP, tiszta PmB 45/80 RC és a céltermék reológiai tulajdonságai: DSR (komplex nyírási modulus G^* (balra) és fázisszög (jobbra))



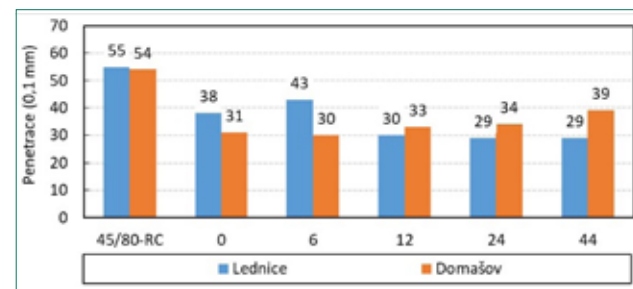
11/a és 11/b ábra: RAP, tiszta PmB 45/80 RC és a céltermék reológiai tulajdonságai: DSR (komplex nyírási modulus G^* (balra) és fázisszög (jobbra))

kötőanyag és a RAP-ból származó kötőanyag elegye, amely véleményünk szerint nem 100% -ban ugyanaz a kötőanyag, amely valójában működik az úton lévő aszfaltkeverékben. Ennek ellenére ez az egyetlen és jelenleg a legjobb módszer az anyag vizsgálatára, valamint arra, hogy képet kapjunk a kötőanyag teljesítményével és tulajdonságaival kapcsolatban.

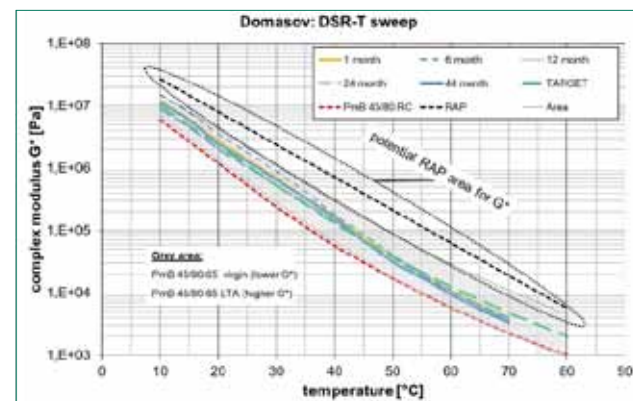
5.1 Az L 384 Ausztria bitumen vizsgálati eredményei

A 10. ábra mutatja a két különféle RAP-tartalommal (a és b ábra 15% RAP esetén, c és d ábra 20% RAP esetén) előállított AC 16 vizsgálati eredményeit. Az ezen fejezet bevezetésében adott magyarázat fényében az értékekkel valószínűleg bizonyulna egy hónap után, és 114 hónap után is. A G^* -értékek még a célkörbe alatt is vannak, és 114 hónap után sincs szignifikáns különbség. Többekévvé a kötőanyag ugyanúgy néz ki, mintegy függetlenül attól, hogy 15%-ot vagy 20%-ot adunk-e hozzá, és hogy a kötőanyagot 1 vagy 114 hónap elteltével sikerült-e kinyerni, amely tény kiváló és megerősíti az útburkolat jó állapotát a valóságban.

A 11. a, b, c és d ábra az AC 32 értékeit mutatja 15% (a, b ábra), illetve 20% (c, d ábra) RAP-tartalommal. Többekévvé hasonló értékeket és viselkedést tapasztalhatunk, mint korábban. Nincs szignifikáns különbség a két különféle RAP-tartalom és az AC 16 értékei között. A még 9 év használat után is tapasztalható kiváló értékek magyarázata az lehet, hogy a projekthez használt valamennyi aszfaltkeverék nagyobb bitumentartalommal és nagyon alacsony mennyiségű hézagartalommal rendelkeztek. Mindkét tulajdonság csökkenti az öregedés ütemét, és fenntartja a bitumenes kötőanyagot és annak eredeti állapotát, a bedolgozás után is.



12/a és 12/b ábra: A friss PmB 45/80 RC és a visszanyert kötőanyag penetrációja és golyós-gyűrűs lágyuláspontja 0, 6, 12, 24 és 44 hónap után [Varaus és munkatársai, 2019]



13/a és 13/b ábra: RAP, tiszta PmB 45/80 RC és a céltermék reológiai tulajdonságai: DSR (komplex nyírási modulus G^* (balra) és fázisszög (jobbra))

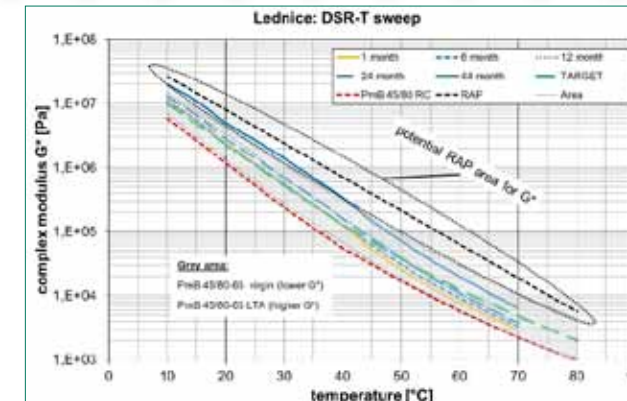
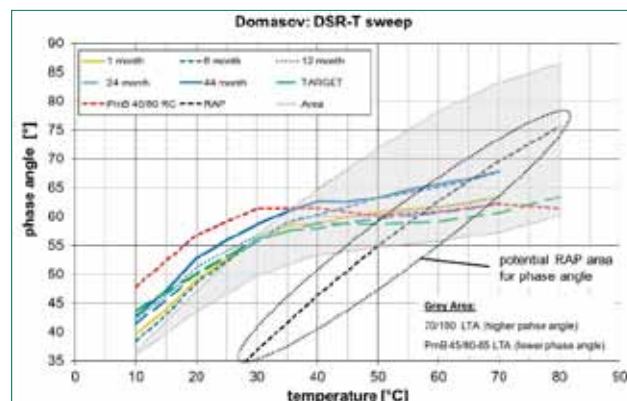
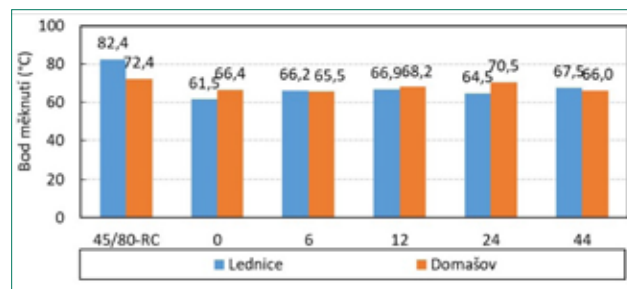
5.2. Bitumenteszt-eredmények Domašov és Lednice esetében

Amint az a következő 12/a és 12/b ábrán látható, a két alapvető empirikus változó – a penetráció és a gyűrűs-golyós lágyuláspont – nem változik szignifikánsan az idő múlásával. Tapasztalható bizonyos eltérés, de nincs nyilvánvaló tendencia a tovább-keményedésre vonatkozóan.

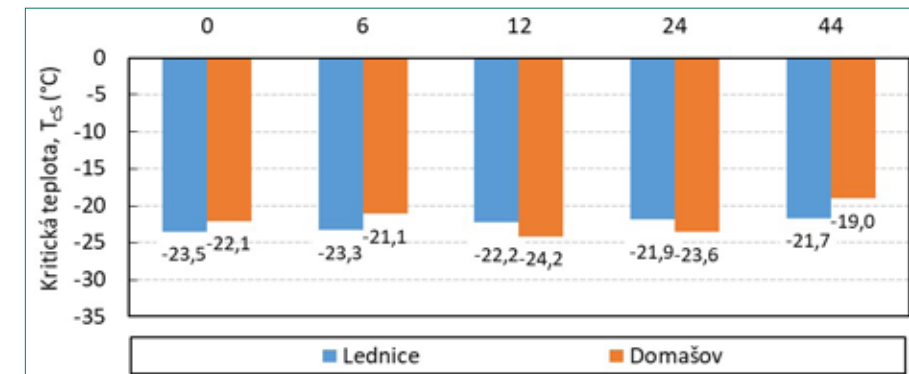
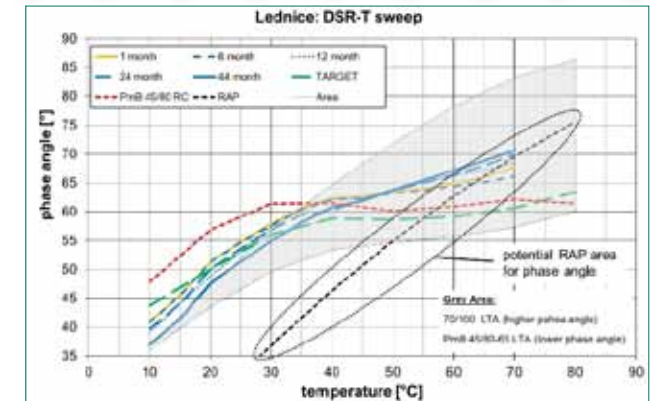
A 13/a és 13/b ábra az AC 11 DSR-értékeit mutatja Lednice-ben. Ismét az összes adat minden valamennyi vizsgált időpontban először is a „szürke tartományba” esik, és ami még fontosabb, hogy továbbra is közel vannak a célkörbe, és alig tapasztalhatók változások az idő múlásával. Ugyanez vonatkozik a fázisszögre. A fázisszög 10-30°C hőmérsékleti tartományban egyértelműen a 70/100 LTA görbe felett van. Ezenkívül a fázisszög-görbe egyértelműen követi a célkörbe alakját, ami egyértelműen azt mutatja, hogy a PmB tulajdonságai kiválóak és továbbra is aktívak.

A 14/a és 14/b ábra a Lednic-i AC 22 DSR-értékei. A teszt eredményei ebben a vizsgálati szakaszban is jól mutatnak. Amit itt láthatunk a G^* értékére vonatkozóan, hogy a 44 hónap elteltével az értékek már magasabbak. Úgy tűnik, hogy megindult egy bizonyos öregedési viselkedés, vagy az itt használt RAP eltér a Domašov-projektben használt RAP-tól. Azt is fontos megjegyezni, hogy a tényleges RAP-tartalom kb. 23% volt, a kötőanyag-tartalom valószínűleg kissé alacsony, a hézagartalom pedig magas. Mindhárom tényező alátámasztja bizonyos mértékben egy bitumenes kötőanyag öregedését. Ennek ellenére az út továbbra is kiváló állapotban van, és az értékek továbbra sem kritikusak.

A fázisszög alakulásának áttekintésével kiderül, hogy a fázisszög a 40-70°C hőmérsékleti tartomány valamennyi felülvizsgálati időpontjában már magasabb a célvo-



14/a és 14/b ábra: RAP, tiszta PmB 45/80 RC és a céltermék reológiai tulajdonságai: DSR (komplex nyírási modulus G^* (balra) és fázisszög (jobbra))



15. ábra: Kritikus hőmérséklet $S = 300$ MPa hajlítási merevség esetén 0, 6, 12, 24 és 44 hónap után [Varaus et al., 2019]

nalhoz képest. Ez arra utalhat, hogy a RAP kötőanyag tulajdonságai erőteljesebben rotották a PmB 45/80 RC-t, mint az előzőleg ismertetett projektnél. Ugyanakkor ez még mindig jó teljesítmény, semmi nem kritikus érték itt sem, mivel az értékek az idő múlásával nem változtak jelentősen.

A 15. ábra a hajlítogerendás reométer vizsgálatból (Bending Beam Rheometer Test = BBR) kiszámított kritikus hőmérsékletet mutatja, meghatározva az $S = 300$ MPa hajlítási merevségi modulus értéket. Az egyes vizsgálati időpontokban mért eredmények ismét közel vannak egymáshoz. Az összes érték továbbra is -21°C alatt van, a Domašov-i utolsó mérésen kívül, de ez még mindig nem tűnik kritikusnak.

6. Következtetések és kitekintés

A fenti képek és a vizsgálati eredmények igazolják az újonnan kifejlesztett OMV Starfalt®PmB 45/80 RC kiváló tulajdonságait. A teszt szakaszok egyikében sem volt még szükség karbantartási intézkedésre. A visszanyert bitumen tulajdonságai az idő múlásával alig változtak, és továbbra is szinte ugyanolyanok, mint a bedolgozás napján, amely nagyon lassú öregedési viselkedésre utal. Ezenkívül ezek a tanulmányok azt mutatják, hogy jó minőségű kötőanyag használata esetén lehetséges 20% RAP hideg hozzáadása, a minőség csökkenése nélkül. Az L 384 projekt nagyon ígéretes eredményei következtében az OMV Starfalt®PmB 45/80 RC használatával további építkezések valósulhattak meg Ausztriában. Ez a termék és ez a modell már a legkorszerűbb útépítési ?? technikának számít Ausztriában.

Természetesen ezeket a vizsgálati szakaszokat továbbra is megfigyeljük, vizsgáljuk és dokumentáljuk. A jövőre nézve azt tervezzük, hogy a magasabb?? (40%-ig terjedő) RAP-tartalmú aszfaltkeverékeket párhuzamosan dobba ellátott aszfaltkeverő üzemekben keverik, bedolgozzák és műszakilag kiegészítik. Reméljük, hogy ezen a projekten keresztül további képet kapunk a magasabb RAP-tartalmú termékek teljesítményéről, de alapvető fontosságú a RAP és a RAP-ban lévő kötőanyag teljesítményhez kapcsolódó tulajdonságainak ismerete.

A jövőben várható, hogy a fent említett kérdések összetettsége jelentősen növekszik a többszörös újrahasznosítás, valamint a jelentősebb RAP minőségi különbségek miatt. Emellett az új adalékanyagok, viaszok, gumiőrleményes bitumen és esetleg műanyag hulladék fokozott mértékű hozzáadása összetettebb rendszert eredményez, amelyet nehéz leírni és kezelni a jelenlegi szabványokkal. E cikk kapcsán hangsúlyozni kell a probléma fontosságát, valamint az ehhez kapcsolódó cselekvés szükségességét. A probléma elkerülésének lehetséges megoldása lehet új vizsgálati paraméterek vagy kibővített iránymutatások bevezetése, vagy akár a termékek használatának elkerülése. Nagyon fontos, hogy az aszfaltút soha ne váljon hulladéklerakóvá.

Bibliography

- Spiegl M. and Kammerer S.: Forschungsprojekt Ausbauasphalt – L384 Laßnitzthal, GESTRATA Journal 132, GESTRATA, Wien, 2011
- Kammerer S.: Influence of high modified PmB on the properties of asphalt with RAP, ZAS 14th Colloquium Asphalt, Bitumen and Pavements, Bled, 2013
- Spiegl M., Kammerer S., Varaus M., Koudelka T. and Dašek O.: Evaluation of the behavior of RC Binder on the trial section in Czech Republic, Conference Asphalt Pavements, Česká Budějovice, 2019
- Kammerer S.: Experience of recycling in Austria and Czech Republic, 26th Road conference of Czech Road Association, Ostrava, 2018

A pályaszerkezet tervezése az élettartam értékelésével összefüggésben, valamint az újrahasznosított termékek aszfaltgyártásban történő felhasználásával kapcsolatos tapasztalatok

Philippe Chifflet



műszaki igazgató
COLAS Europe

A francia tervezési módszer bemutatása után, amely egy mechanisztikus empirikus módszer, bemutatunk néhány példát az út élettartamát befolyásoló főbb paramétereiről. A túlterhelésre, a rétegek közötti kötési feltételekre, a karbantartás hiányából adódó problémákra összpontosítunk, majd rátérünk az élettartam témájára. Javasoljuk az útburkolat kezelő rendszer szükséges használatát az úthálózat élettartamának előrejelzésére.

A szöveg második részében néhány példát mutatunk be az újrahasznosított termékek aszfaltgyártásban való felhasználásáról, különös tekintettel a regenerált RAP aszfaltburkolatokra, a RAS tetőfedő zsindegyére és a gumiabroncsokra.

1. A mechanisztikus empirikus módszer

A módszer első szempontja az alapvető matematikai megközelítés, amelyet a 40-es években Burmister javasolt. Az alábbi 1. ábrán megtalálható ez a többrétegű multielasztikus rétegmodell. A mozgó kerék bizonyos σ , calc feszültséget, valamint ϵ , calc deformációt hoz létre a burkolati rétegeken és a talajon. Ezeket az értékeket mindkét irányban kiszámítják. Ez adja meg az egyes rétegek első értékkészletét.

A második lépés a rétegek kiszámított értékének validálása: a franciaországi útburkolat-tervezés során alkalmazott szabályokat követve két kritériumot kell ellenőrizni:

- Az alsó réteg függőleges feszültsége kevesebb, mint az elfogadható feszültség: A talaj alakváltozásának megtervezése
- Fáradás tervezése: A kezelt anyagok hajlítási feszültsége kisebb, mint a figyelembe vett anyag elfogadható feszültsége:

Ez egy iteratív megközelítés, amelyben a burkolat feszültségekre, valamint deformációra, vagy behajlásra adott reakcióját használják arra, hogy megbecsüljék a megengedhető terhelések számát az adott terhelési állapot és az anyag tulajdonságainak meghibásodásának elkerüléséhez. Miner (1959) ezt eredetileg a fém fáradásának leírására szolgáló módszerként határozta meg.

Az egyes rétegek számára elfogadható σ acc feszültség és ϵ acc torzulás az alábbiak szerint van meghatározva:

- Forgalom a teherautók száma szerint,
- élettartam-elvárás,
- a forgalom évenkénti növekedési üteme,
- az anyagok laboratóriumi körülmények között megállapított mechanikai tulajdonságai (pl. fáradás és me-revség) és a tervezési hőmérséklet kiválasztása,
- kalibrációs tényező, ami számos valós vizsgálati szakasz összehasonlításából származik,
- kockázati százalék a laboratóriumi fáradási értékek szóródásából és a burkolási tevékenység) során tapasztalható szórásból származik
- és a talaj teherbírása.

Összefoglalva, a francia tervezési módszer a kockázat (tervezési kockázat) valószínűségi megközelítésén alapszik, amely a fáradási teszt során kapott eredmény szóródásából származik.

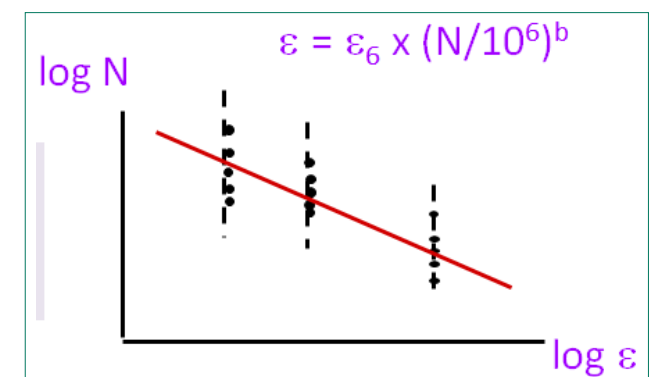
2. Pályaszerkezet tervezés a Francia katalógus és a legfontosabb paraméterek használatával

A burkolattervezést az állami hatóságok először abaque formájában tették közzé, majd a 80-as években ezt egy olyan ALIZE nevű szoftver kifejlesztése követte, amely az 1. fejezetben tárgyalt mechanisztikus és empirikus megközelítés alapján nyert értékeket volt képes tudta kiszámítani. Az ALIZE-t használhatják építőmérnökök és tervezők számára alternatív megoldások kiszámításához és bemutatásához. A Francia szerkezeti katalógus ezen számítások alapján tartalmazza a következőket:

- anyagok és szerkezetek 26 különböző kombinációja, az aszfalttól a betonig és más speciális keverékekig
- 2 tervezési élettartam: 20 év a normál utakon és 30 év az elsőbbségi úthálózaton és autópályán
- 3 talaj-teherbíróképességi szint: 50, 120, 200 MPa
- összesített forgalom 8 szintje (200 000 tehergépjárműtől 100 millióig)

A számítást leginkább befolyásoló tényezők a következők:

- Fáradási teszt: a fáradás jellemző görbáját a 2. ábra szemlélteti. Logaritmikus skálán az E feszültség csök-



kenését mutatja a terhelés számához N viszonyítva. A számítás az ϵ_6 értéket egy millió terheléshez adja meg, és b a fáradási vonal meredeksége.

A laboratóriumi fáradási vizsgálat során fennáll a hiba valószínűsége, valószínűségi megközelítéssel, amelyet a fáradási törés kockázatának aránya határoz meg. A kockázati százalék rögzített, főként a forgalom mértékétől függően

Forgalom: ehhez a paraméterhez meg kell határozni a referenciatengelyt és az átlagos károsodási tényezőt (ADF). Több tanulmány szerint a túlterhelés hatására az út élettartama több mint 30%-kal csökkenhet. Ez az oka annak, hogy sok országban bevezették a teherautók súlyának ellenőrzését.

Rétegfelület állapotának feltétele: két lehetséges konfigurációt kell választani, először a rétegek közötti kötést, amely folytonosságot jelent a feszültségekben, vagy másodikként a rétegek közötti kötés hiányát amely okozza a feszültség megszakadását, valamint az élettartam óriási, 2-10-szeres csökkenését. Ezért a tapadó réteg feltétlenül szükséges az útburkolat élettartamának biztosításához.

Egyéb fontos paramétereket emlékeztetőül: – Az éghajlatváltozás számos módon befolyásolja az út élettartamát: globális felmelegedés, nagy esőzések, gyors hőmérsékletváltozás.

- A talaj: tavasszal a nagy esőzések befolyásolják a talaj teherbíróképességét és az út élettartamát.
- A több vizsgálati szakaszból származó kalibrációs tényező kulcsfontosságú tényező annak biztosításához, hogy a számítás az adott helyen érvényes legyen.

A tervezéssel és útfelméréssel kapcsolatos hosszútávú tapasztalatok azt bizonyítják, hogy a mechanikai empirikus tervezési módszerrel megjósolt élettartam végére megfigyelhetők az úton fáradási repedések; de ez valóban az „élet” vége, vagy egyszerűen az élettartam romlása? Az út besorolásától függően, azaz főútról, vagy másodrendű útról van szó, az utat a forgalom még mindig használja. Ez a kissé sérült úthálózat egyszerűen karbantartást vagy javítást igényel, hogy növeljük az élettartamát.

3. A hálózat karbantartása a tartós burkolat érdekében

Az úthálózat karbantartása mindig a jármű ötödik kereke, púp az ütügyesek hátán, azaz az országok csak kevés pénzt költenek erre a feladatra.

A felület állapotától és a szerkezettől függően azonban sokféle technológiát használnak a burkolat minőségének fenntartására és megőrzésére.

Először is, repedések kitöltésével és kisebb javításokkal a sérülések (ki)alakulása?? nagyon csekély, és a teljes felületkezelés vagy slurry seal application vízállóvá teheti a felületet és fenntarthatja az út jó állapotát.

Nagyobb forgalom esetén természetesen új kopóréteget kell készíteni, mielőtt az út állapota meggyengül. Ha már túl késő csak a kopóréteget kicserélni, akkor az is megoldás lehet, hogy újrahasznosítják (recycling) a hiba helyén, vagy teljes mélységébe helyreállítják, vagy újjáépítik a teljes burkolatot. Lásd a 3. ábrát.

Minél korábban végzik el a karbantartást, annál költség-hatékonyabb lesz a megoldás: vegyük 1 egységnek az élettartam első 75%-ában a javítás költségeit, 12%-kal nagyobb élettartamot vizsgálva, azaz az élettartam 87%-ánál az út újjáépítésére felhasznált szükséges pénzösszeg 14-szer nagyobb lesz.

Ha az útburkolat fennmaradó élettartamának kérdésére kell választ adnunk, akkor két megközelítést kell kombinálni:

A fáradásra alkalmazott Miner-törvény alapján kiszámítható a kiválasztott időpontban bekövetkezett károk és a teljes tervezett élettartamra várható halmozott károk aránya.

Ezen felül, ha jobban ismerjük a burkolat romlási mechanizmusát, és képesek vagyunk előre előre megjósolni a burkolat állapotának alakulását, beleértve a karbantartási szabályokat, egy burkolatkezelő rendszer (pavement management system) alkalmazásával, és ezen paramétereknek a burkolattervezésbe történő jobb integrálásával, lehetőségünk képesek leszünk az út élettartamának pontosabb megismerésére.

Ez a jól ismert mechanisztikus empirikus modell, valamint a burkolatmegőrzés és a burkolatkezelési rendszer lehetnek a megfelelő módszerek a folytonos burkolattervezéshez.

Néhány tapasztalat az újrahasznosított (recycled products) termékek aszfaltgyártás során történő felhasználásáról

A tudományos folyóiratokban, publikációkban világszerte találhatunk számos jó tapasztalatot az iparágunkból származó aszfalt – az úgynevezett RAP (Reclaimed Asphalt Pavement = RAP) –, vagy néhány olyan termék, mint például a tetőfedő iparágból származó visszanyert aszfalt zsindele (Reclaimed Asphalt Shingle = RAS) újrahasznosításával kapcsolatban.

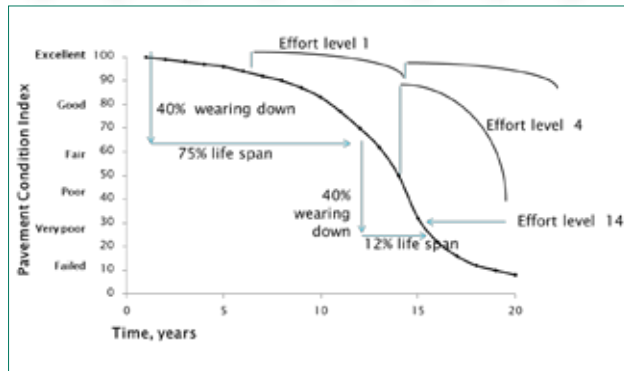
Az adatok:

A RAP-ra vonatkozóan: az Egyesült Államokban évente 72 MT-t használnak fel, amely az aszfalttermelés 20%-át teszi ki, Európában pedig évi 50 MT-t, ami közel 12%-ot jelent. Az aszfaltban felhasznált RAP mennyisége továbbra is folyamatosan emelkedik, a folyamatirányítás (control of the process), a nagyobb hozzáértés (know-how), az ötven évnél tapasztalat, a hálózat karbantartásának fejlesztése következtében, valamint a magas minőségű újrahasznosítást lehetővé tevő beruházásoknak –, amiket az aszfaltgyártó berendezéseken végrehajtottak – köszönhetően. Több mint 40 évvel ezelőtt végezték az első tesztek 10 % RAP aszfaltgyártásban történő felhasználásával. Az aszfalt törésnek, rostálásnak az aszfalt típusainak pontosításának és a keverők korszerűsítésének bizonyos fejlődése után a 2000-es években általánossá vált a 20% RAP-felhasználás az aszfaltban.

A párhuzamos dob (double drum) vagy a sima fűtés mint legújabb technológiák alkalmazásával és a RAP felhasználásával előállított aszfalt viselkedésének jobb megismerésével iparunk képes lesz elérni az 50%-ot a minőség és a tartósság elvesztése nélkül.

A RAS számára a piacot elsősorban az USA-ban fejlesztették ki, megközelítőleg 2 MT / év. Az USA-n kívül a piac viszonylag kicsi. A NAPA (National Association of Asphalt Producer), az Aszfaltgyártók Nemzeti Szövetsége kiadott egy könyvet a Aszfaltgyártás kérdésekről. Egy másik, újrahasznosítással foglalkozó szövetség szintén kiadott egy bevált gyakorlati útmutatót (best practice guide).

A nagy mennyiségben előállított aszfalt miatt sok egyéb termék is létezik, amelyeknek az aszfaltgyártásban történő



újrahasznosítása az iparág feladata. Néhányat évtizedek óta ismerünk, mások esetében néhány fejlesztés még folyamatban van.

A következő sorokban az adatokról esik szó.

A salak esetében a fejlődés elsősorban Európában, például Horvátországban figyelhető meg, de az óriási mennyiség az USA-ból származik évente 2 millió tonnával.

A műanyag nagyon népszerű téma, és néhány újabb publikáció származik Ausztráliából, Dél-Afrikából, Indiából, Kanadából, Costa Ricából vagy Európából.

Egy nagyon régi technológia tér vissza újra a reflektorfénybe ez a használt gumiabroncsokból származó **gumiőrlemény** (crumb rubber) bitumenben vagy aszfaltban való felhasználása. Az USA-ban ez a mennyiség 13.000 tonna/év módosított aszfalt előállítását jelenti. Európában Spanyolország is nagyon aktív, és a MOL sok gumiőrleményes bitument fejlesztett Magyarországon.

Az **üveg** aszfaltban történő újrafelhasználására vonatkozóan ismerünk néhány tanulmányt Kanadából és Európából.

A melléktermékek újbóli felhasználása nem mindig ad jó eredményeket és bizonyos korlátozásokat találhatunk a szakirodalom áttekintésében.

A salak, eredetétől, a folyamatától és összetételétől függően, tartalmazhat néhány reaktív molekulát, amelyek felelősek az aszfalt alacsony vízállóságáért.

A műanyag egy általános elnevezés, és a polimer jellegétől függően még kis mennyiség hozzáadása is rossz hatással lehet az alacsony hőmérsékleti viselkedésre, azaz repedések alakulhatnak ki.

A gumiőrlemény esetében korábban felmerült néhány biztonsági kérdés magas hőmérsékleten, gyakran a kénartalommal összefüggésben.

Az üveg bitumenhez tapadása nagyon gyenge, amely tulajdonságát figyelembe kell venni.

Következtetések

Világszerte nagyon sok tapasztalat áll rendelkezésre a RAP és a RAS használatáról az aszfaltiparban. Az újrahasznosítandó termékek mennyisége továbbra is növekszik, ezen termékek bizonyos területeken való elérhetőségének korlátozásával.

Más termékek aszfaltban történő felhasználására egyre növekszik a piaci kereslet, van már néhány jó tapasztalat, de óvatossá és figyelmesen kell eljárni, és a vonatkozó szabályokat szigorúan be kell tartani.

Jegyzetek az az aszfaltkeverékek tulajdonságairól és a burkolat-tervezésről

(Notes on the asphalt mix properties and pavement design)

Jiří Fiedler

tudományos munkatárs
Czech Roadcontractors
Association Praha



Áttekintés

Az aszfaltkeverékek megválasztásának bizonytalanságai, fáradási tulajdonságok meghatározása a keveréktervezés számára, tekintettel a két terhelési esemény közötti „pihenési időtartamra”, a minősítés típusára és a hőmérsékletre. Új trendek a bitumen-kötőanyagok és az aszfaltkeverékek fáradási vizsgálatánál. Tájékoztató az új, az EU-szabványokban nem tárgyalt speciális aszfalt-keverékeket minősítő cseh szabványról. Érintjük a fáradási paraméterek különbségeit az ún. „Dús alaprétet” típusú („RBL” = „Rich-Bottom-Layer”), a nagy modulusú aszfaltbetonok („HMAC” = High-Modulus-Asphalt-Concrete”) valamint a polimerekkel jelentősen modifikált kötőanyagokkal készült keverékek („HIMA”) tekintetében. Kitérünk továbbá a TP 170 burkolat-tervezési segédletre a kötőanyagmentes rétegek és az altalaj figyelembevétele vonatkozásában.

1. Bevezetés

Világtendencia lett a nagy forgalmi terhelésű utak aszfaltburkolatainak fáradási ellenállását növelő törekvés. Ezért igen fontos lett, hogy megbízható fáradási paramétereink legyenek, melyeket a burkolatok tervezésénél jól lehet használni. Sajnos akár a vonatkozó jellemzők mérése, akár a tervezési előírásokba való beillesztésük igen összetett probléma, melyet sok bizonytalanság terhel. A mérnöki feladatokról egy régi, ma is érvényes idézet szól, mely igen találó napjaink burkolat-tervezési problémáit illetően is. (Lásd pl.: http://www.finestquotes.com/author_quotes-author-Dr+AR+Dykes-page-0.htm)

„A mérnöki tevékenység nem más, mint valóságos anyagokról való modell-alkotás, miközben ezeket az anyagokat

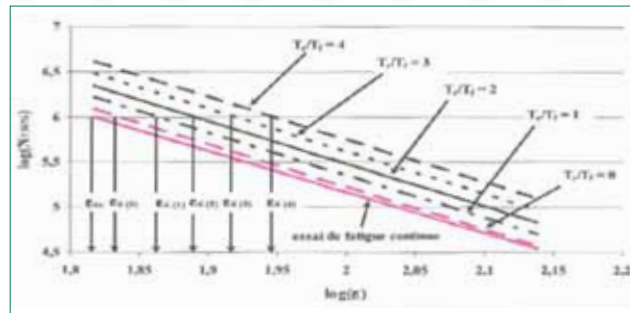
nem ismerjük megnyugtató mértékben, és saját kialakított analógiáinkat, modelljeinket sem tudjuk precízen analízálni abban a tekintetben sem, hogy milyen terheléseket fognak károsodás nélkül elviselni, és mellesleg a valóságos, várható terhek mértéke, nagysága is bizonytalan. Mindezt úgy kell elvégezzük, hogy a kívülről ne vitassák majd az általunk felvállalt elhanyagolásokat.”

A burkolat-tervezésben is sok a bizonytalanság, akár az élettartamon belüli forgalom előrejelzésére, akár a jövőbeni éghajlati hatásokra, vagy éppen a burkolat anyagainak élettartamon belüli változásaira gondolunk. Az alábbiakban csupán az aszfaltkeverékek fáradási viselkedését befolyásoló néhány fontosabb elemre szűkítjük a tárgyalást. Ezek az alábbiak: A terhelési ciklusok között eltelt tehermentes időtartam; A hőmérséklet hatása a fáradási jelenségekre; A vizsgálati módszer és a frekvencia befolyásoló hatása.

2. A tehermentes időtartamok, a választott vizsgálati módszer és a hőmérséklet hatása az aszfaltkeverékek fáradási ellenállására

Jól ismert, könnyen érthető tény, hogy a fáradási teherbírás nő, ha hosszabbak a köztes tehermentes időszakok. Mégis kevés megbízható ismeretünk van ennek pontosabb mértékéről, a keveréktípusok különböző viselkedéséről e téren, főleg mivel a tehermentes időszakokat tekintve vevő laboratóriumi vizsgálatok nagyon időigényesek, és így csak a kutatásokhoz rendelhetők hozzá, a mindennapos minősítésekhez pedig nem. Egy korábbi értekezés [Domec V., 2005] főbb eredményeit idézzük fel itt, minthogy ezek világosan bemutatják a jelenség lényegét. A fáradási vizsgálat próbatestei trapezoidok voltak (2PB TZ az EN 12697-24 alapján). Az aszfaltkeverék 0/14 aszfaltbeton (alaprétet) volt 4.6% 50/70 bitumen-tartalommal. Ugyanezt a receptúrát használták a franciák is a Nantes-i fáradási kísérletnél. Három terhelési időt használtak: T_f (35; 55 és 75s) 40Hz frekvenciával. A tehermentes időszakok (T_r) hossza 35 és 1200 s között változott, úgy hogy T_r/T_f értéke 1; 4 és 16 volt.

Az egyes vizsgálatok statisztikai módszerekkel, többszörös lineáris regresszióval lettek összesítve az egységes matematikai modell előállításához. Ezt mutatja be az 1. ábra. (Ld. az értekezés 165. oldalát) Folyamatos vörös vonal mutatja a megszakítatlan (klasszikus) fáradási vizsgálat eredményét, a vörös szaggatott pedig a tézisben felállított algoritmussal a $T_r/T_f = 0$ viszonyszám esetén nyerhető grafikon.



1. ábra: a fázisviselkedés modellezése köztes tehermentes időszakok hatásának bemutatásával [Domec V., 2005]

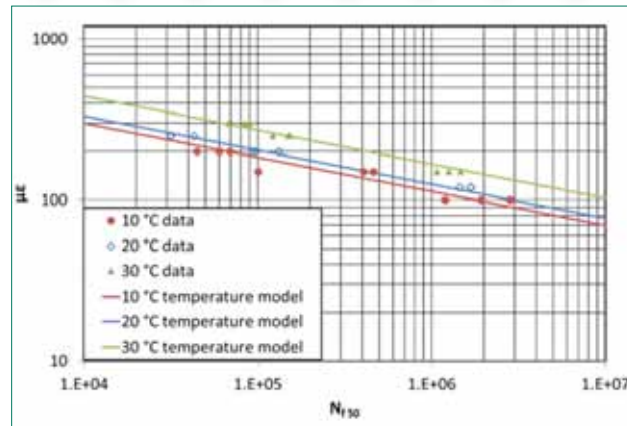
A köztes tehermentes időtartamok hatására az ϵ_0 fáradási paraméterben bekövetkező növekedést mutatja az 1. sz. táblázat [Domec V., 2005]:

T_r/T_i	ϵ_0 (µm/m)	Viszonyszám a folyamatos fárasztó terheléshez
Folyamatos	65,5	1,00
0	68,3	1,04
1	72,8	1,11
2	77,6	1,19
3	82,8	1,26
4	88,3	1,35

Minthogy a fáradási teherbírás függvényének meredekségét többnyire $B=5,0$ értékre szokták venni, az ϵ_0 értéknél elért 30%-nyi növekedés esetében a fáradási tönkremenetelt előidéző teherismétlések számánál ez $1,3^5 = 3,7$ -szeres növekedést / ekkora élettartam-növekedést hoz!

A francia burkolat-tervezési szabvány (NF P 98-086) egy „elcsúsztatási koefficiens” („coefficient de calage”) alkalmazás helynek értéke $k = 1,3$ aszfaltbetonok esetében; és $k = 1,0$ a nagy-modulusú (HMAC) keverékek esetében. (Ez utóbbiakat a francia terminológia EME 2 –nek nevezi) A TP 170 jelű cseh burkolat-tervezési irányelv optimistább, és nagyobb eltolást alkalmaz („a fáradási vizsgálat esetében alkalmazható szorzó”) – ez a $\gamma_u = 1,6$ Normál AC esetén és $\gamma_u = 1,3$ HMAC esetén. (mely utóbbit a cseh terminológiában „VMT”-nek neveznek) Ezeket az „eltolási-koefficienseket” mindkét említett országban elmélet nélkül, a tapasztalatra támaszkodva vezették be, – feltehetően egyéb szempontokat, körülményeket is figyelembe véve. Az 1. táblázat meggyőzően mutatja a köztes terhelésmentes időszakok jelentős hatását a fáradásra. Mindazonáltal ezt igen nehéz lesz számításba venni a burkolat-tervezésnél, hiszen a forgaloműrűség, a kerékáthaladások közötti terhelésmentes idő esetleges, sőt napról-napra és évszokról-évszakra is erősen változik.

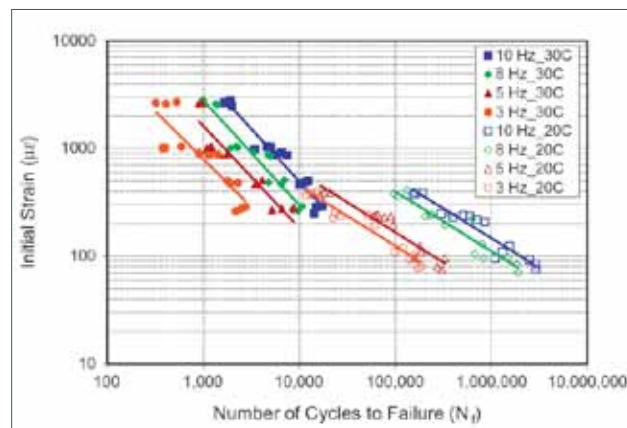
A hőmérséklet hasonló hatását a HAPA 2019-es konferenciáján tárgyalta egy előadás, és a konferenciával kapcsolatos „Aszfalt” kiadvány [Fiedler J., 2019]. Hivatkozásra kerültek [Witczak és munkatársai, 2013] eredményei, melyek azt mutatják, hogy a kontrollált nyúlás mellett végzett 4PB vizsgálatnál az ϵ_0 paraméter értéke szignifikánsan nőtt a hőmérséklet emelkedésével. A fáradási határ-vonalak lényegileg párhuzamosak egyenesek. Hasonló eredményre jutott a kontrollált nyúlás mellett végzett 4PB vizsgálatnál [Denneman E., et al, 2017]. Mindez vezetett oda, hogy javaslat született a fáradási vizsgálat módjának megváltoztatására úgy hogy három hőmérsékleten, csak 3-3 próbatesten, 3-3 nyúlási



2. ábra: [Denneman E., et al, 2017]: A hőmérséklet hatása a kontrollált nyúlás mellett végzett fáradási vizsgálatnál

mértékkel történjék. Ezáltal 27 db ($3 \times 3 \times 3$) próbatesten lesz mérés az EN által megadott (csak egyféle hőmérsékletű) 18 db helyett. A javaslatot a 2. ábra mutatja be.

Vizsgálat a fáradási ellenállás csökken a hőmérséklet emelkedésével a **kontrollált feszültséggel** végzett mérés esetén! Ezt indirekt nyúlási vizsgálatokkal mutatta be [Al-Khateeb G., et al, 2013] – és **ezt mutatja be a 3. ábra.** – Szintén látható itt a frekvencia hatása: alacsonyabb frekvenciánál jelentősen csökken a fáradási teherbírás.



A hosszabb terhelési időszakok hatását hozzávetőlegesen tekintetbe veszi a cseh burkolat-tervezési módszer, azáltal hogy a teljes előre-jelzett forgalmi terhelést 2,0-val kell szorozni ha belassult áthaladás feltételezhető – forgalmi torlódások vagy egyéb okok miatt.

E rövid áttekintéssel azt kívántuk láttatni, hogy a szabványos fáradási vizsgálatok mellett hogy költségesek és sok időbe is kerülnek, gyakran ellentmondásos eredményeket adnak. Ez az oka, hogy a kutatók próbálnak egyszerűbb vizsgálati eljárásokat kifejleszteni, melyek alkalmasak lennének annak összehasonlítására, hogy melyik aszfaltkeverék hogyan viselkedik sokszor ismételt terhelés hatására.

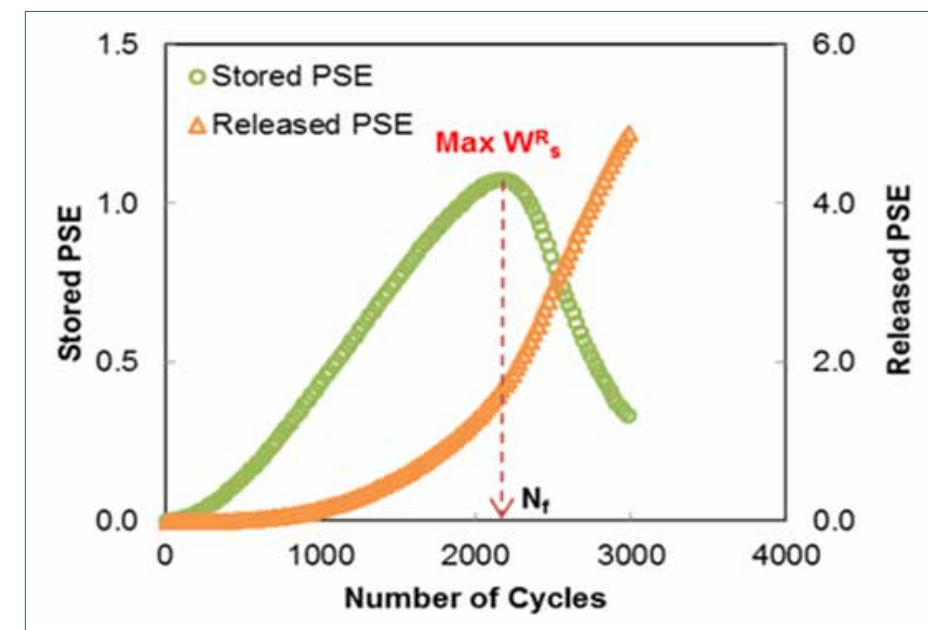
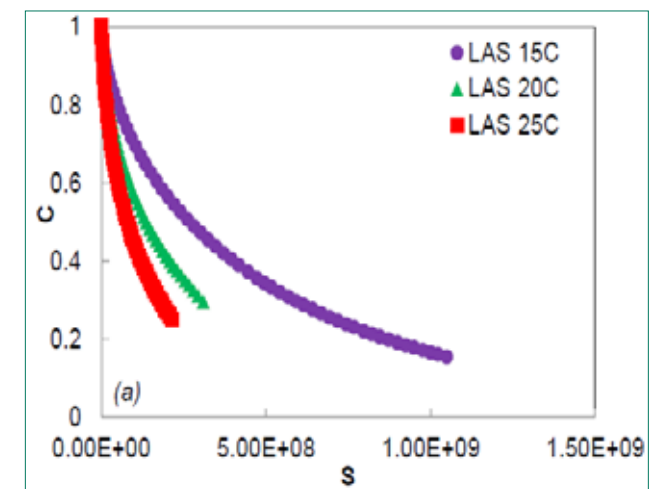
3. Új trendek a kötőanyagok és az aszfaltkeverékek fáradási vizsgálatában

A „lineáris amplitúdó-pásztázó vizsgálat” („LAS” = „Linear-Amplitude-Sweep-Test”) egy dinamikus nyírást előállító rheométerben („DSR” = „Dynamic-Shear-Rheometer”) egy 2010-es javaslat, mely az USA-ban szü-

letett. Később ezt hivatalosan is megjelentették AASHTO TP 101-14 cím alatt, legutóbb a 2018-as kiadásban. Ennek szövege és a hozzá tartozó excel-analízis-táblázat letölthető az alábbi internet-címről: (<https://uwmarc.wisc.edu/linear-amplitude-sweep>). Ezért itt most nem is térünk ki a részleteire. Maga a LAS-vizsgálat egy oszcilláló deformációkat definiáló amplitúdó-készleten való „végpásztázás”-ból gyorsan szolgáltatja a fáradási törés-állapot beálltát (a vizsgálat ideje 5 percnél rövidebb). A frekvencia-tartományon való „végpásztázó” vizsgálatot rendszeren az amplitúdó-tartományon való „végpásztázó” vizsgálat előtt szokták elvégezni, ugyanazon a mintán, hogy szert tegyenek egy megbízható információs adatra a minta tönkremenetel előtti fizikai választát illetően.

– A „Testek viszko-elasztikus (rugalmas-képlékeny) tönkremeneteli elmélete” („VECD” = Viscoelastic Continuum Damage Theory”) alkalmas erre, melynek segítségével elméleti alapon felrajzolható a „tönkremenetel karakterisztikus függvénye”.

E görbék láthatók a 4. ábrán; [Castorena et al, 2017]: – Bitumen = PG 64-22



5. ábra: Pszeudo-nyúlási energiák; Tárolt: (zöld, köröcskék) és Kibocsátott: (sárga, háromszögek) [Castorena et al, 2014]

Korábban a „LAS”-vizsgálatban az eredeti merevségi érték 60%-ra való csökkenése, illetve a maximális nyírási feszültség elérése volt a tönkremeneteli feltétel. A „LAS”-vizsgálat újszerű értelmezését [Castorena et al, 2014] kezdeményezte. E szerint a tönkremenetelt az a pillanat definiálja, amelyben a pszeudo-nyúlások által tárolt össz-energia a maximumát éri el. (Lásd alább az 5. ábrán)

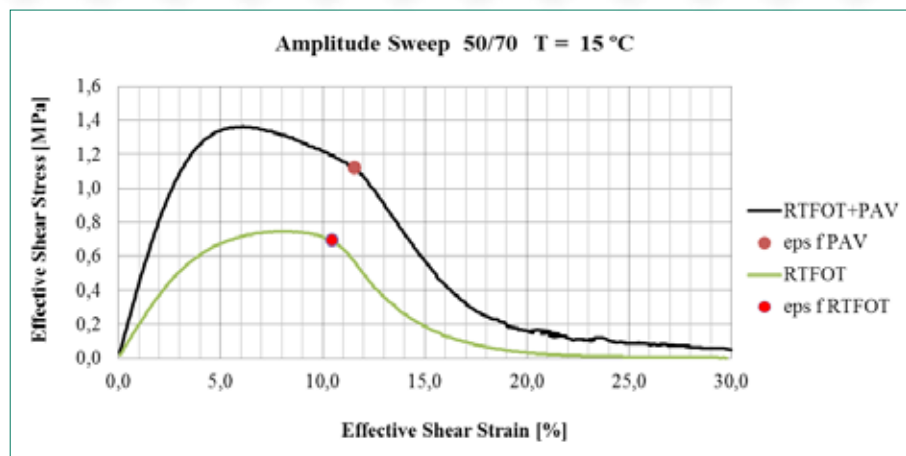
Mindazonáltal a kétoldali közelítő összevetése a kötőanyag-viselkedésnek és az annak öregedéséből fakadó változásai között megvalósítható a nagyon bonyolult VECD elmélet és a pszeudo-deformációs energiák kiszámítása nélkül is. Ezt cseh szakemberek [Fiedler J. et al, 2020] dolgozták ki és egy frissen megjelent cikkben olvasható részletesen. Az aszfalt-test tönkremenetele, ha hozzárendeljük az elnyelt (a testben tárolt) pszeudo-deformációs energia maximumához, akkor azt látjuk, hogy ez a deformációs állapot/pillanat pontosan ugyanaz, mint amikor a próbatesten mért nyírási feszültség grafikonja éppen kezd meredeken csökkenni. Ezt mutatja be a 6. ábra az 50/70 minőségű útépítési bitumen esetében, illetve a 7. ábra a PMB 25/55-60 modifikált bitumen esetében. A vizsgálatok 15°C hőmérsékleten történtek, ez az egyező tervezési hőmérséklet mind a francia, mind a cseh burkolat-tervezési eljárásban.

A normál úti-bitumen a PMB-nél jóval merevebb volt 15°C-on. A „20 órás PAV-öregítés” után a LAS-vizsgálat magasabb nyírási határterhelhetőséget adott. A maximális nyírási határfeszültség az RTFOT után később került meghatározásra, (Kb. 8% nyúlás esetére, mely 800 terhelési ciklusnak felel meg), míg a PAV után ez kb. 6%-nál volt. A Castorena eljárása szerint definiált tönkremenetel nagyobbra adódott PAV után. Hasonló viselkedést mutatott a PMB-bitumen is. A döntő különbség a PMB és az 50/70-es bitumen között a tönkremeneteli határállapotban kapott deformációban volt, mely természetesen jóval nagyobb adódott a PMB-nél. Ez mutatja az utóbbinak jóval nagyobb fáradás elleni ellenálló-képességét. A másik fontos észrevétel, hogy a PMB-nél kapott feszültség-alakváltozás függvény-görbéje jóval kevésbé érzékeny az öregedésre. Hason-

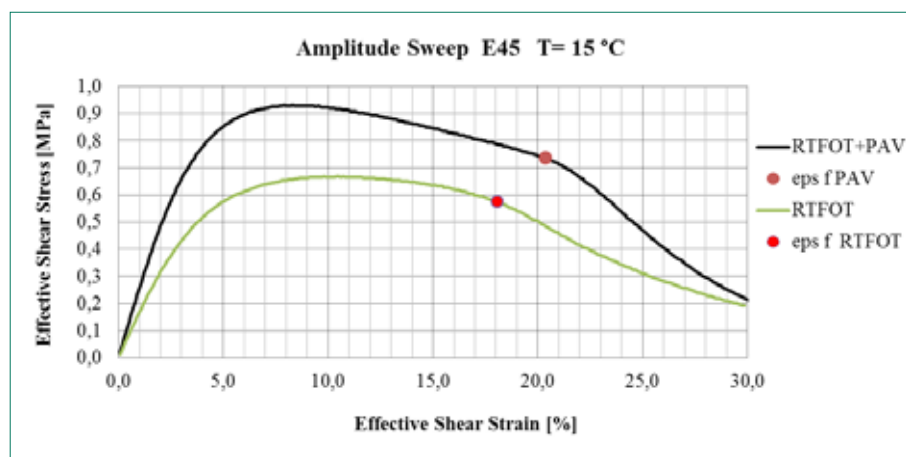
ló viselkedést figyelhetünk meg a 20°C-on elvégzett vizsgálatok esetében is, de a maximális nyírófeszültségekben mutatkozó különbség nem volt annyira jellegzetes.

Az aszfalt kötőanyagának fáradás elleni ellenálló képessége nagy befolyással van az aszfaltkeverék fáradás-tűrésére, de ez önmagában mégis kevés ahhoz, hogy az aszfaltkeverék fáradási viselkedését ennek alapján értékelhessük. Jelentős befolyással van ugyanis a kötőanyag-tartalom és a hézagterfogat is. Ezért a jelenlegi trend az, hogy az aszfaltkeverékek (masztix-aszfaltok) ilyen vizsgálatait DSR-berendezésben kell vizsgálni. Bizonyos eredményeket a TU Wien-től publikáltak, – (Hospodka M., Hofko B., 2019).

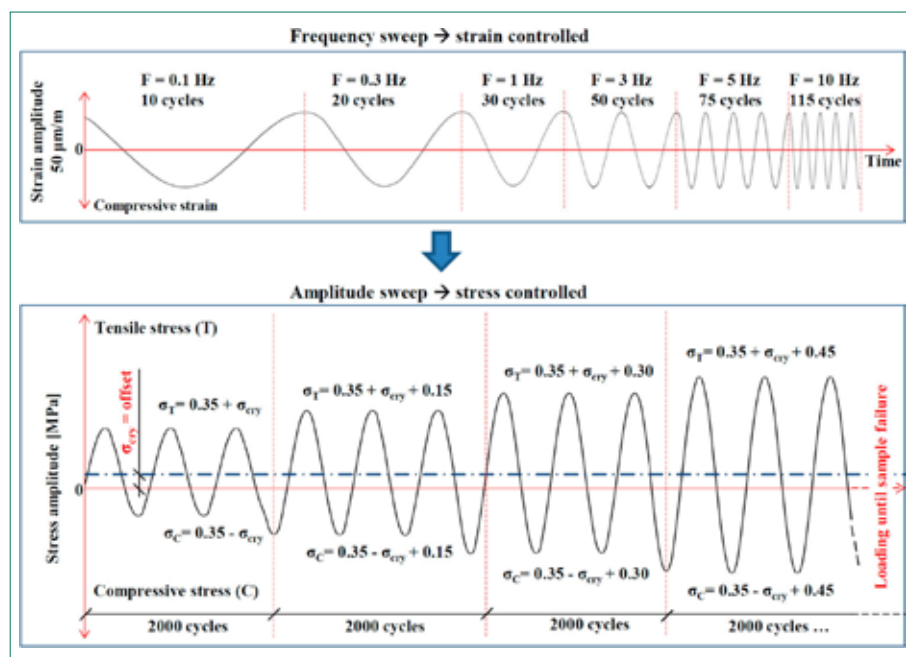
Az aszfaltkeverékek fáradási viselkedését egy adott hőmérsékletnél, kevés vizsgálatból



6. ábra: A kötőanyag (50/70 minőség) öregedésének hatása a „LAS” vizsgálattal mérve [Fiedler J. et al, 2020]



7. ábra: A kötőanyag (PMB) öregedésének hatása a „LAS” vizsgálattal [Fiedler J. et al, 2020]

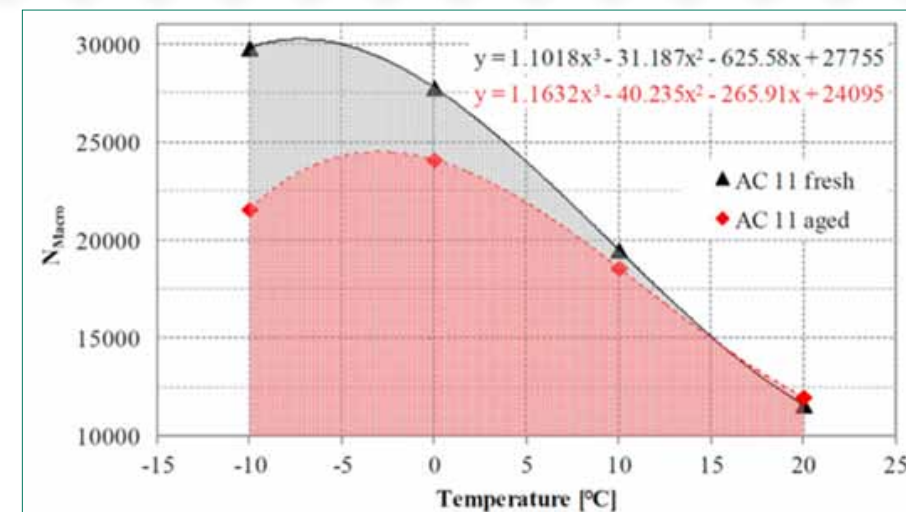


8. ábra: Aszfaltkeverék fáradási vizsgálatának protokollja „Pásztázó/végigpásztázó” módszerrel [Isailović, I., Wistuba, M. P., 2018]

előre-jelezni jelenleg legjobban az USA-ban használatos VECD /elmélettel és eljárással/ lehet, miután ezt az AASHTO TP 107-14 kiadványban leírták (direkt szakítási vizsgálat hengeres próbatesten). Legújabban az USA-ban javasolják ugyanezzel az eljárással kis-átmérőjű (38 mm) hengeres próbatestek alkalmazását (is) a fáradási vizsgálatokhoz. Kisebbszámú próbatestek alkalmazása rengeteg előnnyel jár még akkor is, ha emiatt kisebb módosítások válnak szükségessé az eljárásban és a laboratóriumi vizsgáló berendezéseknél; amint ezt a közelmúltban megjelent cikk javasolja [Lee K., et al, 2019]. A „VECD” elmélet alapján végzett eljárás kiértékelése még bonyolultabb, ha aszfaltkeverékeket vizsgálunk, és nem csupán a kötőanyagot. A szabadalmaztatott FlexMatTM nevű Excel-tábla megkönnyíti ennek elvégzését. Mostanában ezt használják több USA-beli építési helyszínen [Nenner-Plante, 2018]. Ezt az eljárást Csehországban még nem vizsgáltuk be, ezért itt most csak néhány utalást adunk meg. Úgy tűnik, hogy a kiértékelési munka komplexitása, bonyolultsága, összefüggése az USA-ban a burkolat-tervezéshez használatos FlexPavTM térbeli, véges-elemes szoftverrel meg fogja gátolni ezen eljárás európai elterjedését.

Az [Isailović, I., Wistuba, M. P., 2018] által javasolt eljárás alkalmazása gyakorlati célokra sokkal alkalmasabb. Itt a vizsgálat a kontrollált alakváltozások mellett elvégzett, a frekvencia-tartományon való „végigpásztázás”-sal kezdődik. Ezután következik az amplitúdó-tartományon, rögzített frekvencia (10Hz) melletti „végigpásztázás”. Ezt a 8. ábra mutatja. Így a fáradási tönkremenetelt sokkal hamarabb el lehet érni, mint az állandó feszültséggel folytatott vizsgálat esetében. Ezért aztán négy hőmérséklet esetére is el lehet végezni a minősítést 20°C és -10°C között, mérsékelt mértékű laboratóriumi ráfordítás mellett.

Az eredményeket a 9. ábra mutatja; A hosszú távú öregedés hatása erőssé válik 8°C alatt. A



9. ábra: Az öregedés hatása a fáradási ellenállásra aszfaltkeverékeknél [Isailović, I., Wistuba, M. P., 2018]

	K _{ic}	G _{fm}	G _{fa}	G _{fa} / K _{ic}	G _{fm} / G _{fa}
ACP	19,1	740	1 914	100,2	0,39
RBL	15,3	691	1 606	105,0	0,43

2. számú táblázat: Az „SCB”-vizsgálat eredményei 25°C-on ACP és RBL [Valentin J., et al, 2019]

lezajlott öregedés utáni tönkremenetelt fagyponthoz viszonyított szám csökkenése látványos az öregedett bitumen törékenysévé válása miatt.

Van egy egyszerű vizsgálat, amit mostanában használnak az aszfaltkeverékek fáradási tulajdonságainak közelebbi meghatározására. Ez egy félkör alakú mintán végzett hajlítási kísérlet („SCB” = „Semi-Circular-Bending” Test) az EN 12697-44 „Repedések kifejlődése félkörös hajlítási vizsgálatnál”, melyet 25°C-nál végeznek. Mindazonáltal úgy látszik, hogy a törési keménység (K_{ic}) ilyen módon való meghatározása önmagában nem elégséges. Ezt jelzik azok az eredmények, melyeket a 2. táblázat mutat be; A kutatást a CTU Prága [Valentin J., et al, 2019] a „CESTI” Cseh Kutatási Projekt keretében.

A törési keménység (K_{ic}), a töréshoz tartozó görbe alatti terület (G_{fm}) valamint a törési vizsgálat teljes grafikonja alatti terület (G_{fa}) mindegyike nagyobb az ACP esetében. Ez illogikus, hiszen az RBL jobb fáradás-tűrési tulajdonságai ki lettek mutatva a „CESTI” kutatási projekt keretében végzett vizsgálatokban, (melyről a HAPA 2019-es konferenciáján tartott előadás is beszámolt), és amit a nemzeti szakirodalom is megerősít. Viszont ha a grafikonok alatti területeknek a K_{ic} mérőszámmal való hányadosát tekintjük, amint [Kasseer et al, 2018] ajánlották cikkükben, akkor realisztikusabb, az RBL-t jobbnak mutató mérőszámokhoz jutunk.

Fontos megjegyezni hogy a kísérleti és a numerikus vizsgálatok (beleértve különféle fáradási és SCB eljárásokat ugyanúgy, mint a VECD-elméletet) szintézisét adó, az 1990-es évek közepétől 2016-ig terjedő időszakot áttekintő terjedelmes monográfia jelent meg 2016-ban, 156 oldalon, címe: „State of the Art and Practice in Fatigue Cracking Evaluation of Asphalt Concrete Pavements”.

4. Az új cseh szabvány a különleges aszfaltkeverékekről

Az új CSN 73 6120 számú Cseh Szabvány „Egyéb aszfalt-pályaburkoatok – Építés és megfelelési értékelés” 2019-ben lényegileg elkészült. Kiadva 2020-ban lesz. Kis zajkibocsátású kopórétegek, félmeleg aszfaltkeverékek, feszültség-elnyelő rétegek („SAL” = Stress-Adsorbing-Layer”), RBL, HMAC kapnak specifikációt ebben a szabványban. Rövid megállapítások a fáradási viselkedésben megmutató különbségekről az RBL, HMAC és HIMA-AC keveréktípusok között szintén helyet kapnak benne. A HMAC („High-Modulus-Asphalt-Concrete”) magasabb kötőanyag-tartalommal (is) készülhet, mint az RBL. A szabvány a HMAC 16-hoz 4,4–5,6% kötőanyag-tartalmat ajánl, míg az RBL 16-hoz 4,6% felett. Ebből fakad, hogy a fáradási karakterisztika ϵ_0 jelű tervezési

értéke a TP 170 előírása szerint a normál üti-bitumennel készült HMAC esetében 125 $\mu\text{m}/\text{m}$, míg a PMB-vel készült HMAC számára 135 $\mu\text{m}/\text{m}$. Az ajánlott legkisebb értékek az új CSN 73 6120 szerint RBL aszfaltok számára rendre 110 $\mu\text{m}/\text{m}$ illetve 120 $\mu\text{m}/\text{m}$. Ezek az értékek összefüggésben vannak a 2PB-TZ vizsgálattal, melyre a TP 170 alapvetően hivatkozik. A TP 170 előírás felújítására várhatóan 2020-tól kezdődően kerül sor. A fáradási vizsgálatához használandó együttható a γ_u érték lesz az RBL-típusú aszfaltok esetén. Egy építési próbaszakaszon a burkolat-tervezéshez ugyancsak a γ_u paraméter volt alkalmazva mind az RBL, mind az AC-típusú felsőbb rétegek esetében. Mivel jelenleg korlátozott terjedelmű tapasztalat áll rendelkezésre az RBL típusú aszfaltokra nézve, megeshet hogy a γ_u egy olyan értéke kerül előírásra az új TP 170-ben e típusra vonatkozóan, mely az AC illetve a HMAC aszfaltoknál érvényes γ_u értékek közé esik. Franciaországban szigorú előírások vonatkoznak arra, hogy hogyan kell a k_{el} eltolási faktort meghatározni egy-egy újfajta aszfalt-típus esetében, beleértve kísérleti építési szakaszok megfigyelését is.

A HIMA típusú aszfaltkeverék nem volt szabályozva/tárgyalva az új cseh szabványban noha e típusú Leningyországban jó tapasztalatokat szereztek. Egyelőre ilyen próbaszakaszok sem készültek Csehországban, így korainak tűnhet e típus bevétele a szabványba vagy a TP 170 megújított kiadásába. Tekintetbe kell venni hogy a polimerekkel erősen módifikált bitumenek jelentősen drágábbak mint a szokásos PMB, hiszen ezek 7% körüli – a bitumennél jóval drágább – polimert tartalmaznak. Ezek az erősen módifikált bitumenek a fáradásnak sokkal jobban ellenálló aszfaltokat eredményeznek – a laboratóriumi vizsgálatok szerint. De abban nem lehetünk bizto-

sak, hogy e tapasztalatok maradéktalanul átvihetők egy megépített burkolat teljes elvárt élettartamára érvényes módon.

5. Megjegyzések a kötőanyag nélküli alaprétegeknek és az altalajnak a jelenlegi TP 170-ben tekintetbe vett hatásáról

A TP 170 kézikönyv egy szakmai honlapról (www.pipk.cz) letölthető, cseh nyelven. Ebben minden az útépítés és a tervezés számára szükséges technikai feltételrendszer, eligazítás és utasítás benne foglaltatik. Ennek ismertetése meghaladná e cikk lehetőségeit. Néhány megjegyzés és értékelés az aszfaltrétegek TP 170-ben való tárgyalását érintően elhangzott a HAPA 2019-es konferenciáján és az ezt követő Aszfalt folyóiratban [Fiedler J., 2019]. Ezért itt most csak néhány rövid észrevétel következik a kötőanyag-nélküli alaprétegekre és az altalajra vonatkozóan.

A megengedhető teher-ismétlések N_{adm} számára vonatkozóan a TP 170 tervezési módszer-leírása hasonló képleteket tartalmaz az aszfaltrétegekre illetve az altalajra. Az egyedi paraméterek jelentését a [Fiedler J., 2019] cikk elmagyarázza. Ezért erre itt nem térünk ki. Két különbséget kell kiemelni: Az altalaj felületén jelentkező vertikális deformáció (ϵ_v) helyettesíti az aszfaltrétegek legalján jelentkező horizontális deformációt.

$$N_{adm} = \frac{10^6}{\gamma_d C_2 C_4} \left(\frac{\gamma_u \gamma_D \epsilon_\epsilon}{\gamma_{up} \epsilon_v} \right)^B \quad (1)$$

Az altalaj ismétlődő terhelés elleni ellenállását jelző ϵ_ϵ szám még nem került meghatározásra sem laboratóriumi, sem pedig terep-kísérletekben. A jelenleg használatos $\epsilon_\epsilon = 410$ érték empirikusan lett meghatározva a fedő aszfaltréteg(ek) tapasztalt viselkedése alapján. A cél egyértelmű: el kell kerülni az épített burkolat károsodását, mely az altalaj összegződött deformációja miatt, mint maradó aszfalt-burkolat deformáció következne be. Mint-hogy az ϵ_ϵ értéke tapasztalati úton /becsléssel/ lett meghatározva, a 3 db korrekciós együttható: $\gamma_u = \gamma_D = \gamma_{up} = 1,0$. Hasonló megközelítést használ a francia tervezési előírás, melyben az alábbi (2) jelű képlet szolgál az altalaj tekintetbe vételére:

$$\epsilon_{z,adm} = 0,012 (NE)^{-0,222} \quad (2)$$

Az altalajban megengedhető függőleges deformáció (összenyomódás) az előre-jelzett forgalom nagyságából számítható, a k_r és k_c korrekciós tényezők mellőzésével, annak alapján, hogy mekkora horizontális deformációkat engedünk meg az aszfaltrétegek legalján. A „fáradási vonal” meredekségét itt is $B = 5$ -re vesszük, mint az aszfaltoknál a cseh előírás szerint, noha a francia előírás kisebb meredekséget (-1/b) használ. A francia módszernél nagyobb megengedhető függőleges elmozdulás jön ki, mint a cseh módszerrel. A francia módszer képleteit sok éve használják, tehát ezeket a tapasztalat igazolta. A cseh módszer meglehetősen optimista/megengedő az aszfaltrétegek fáradási ellenállását illetően. Ám ez kiegyenlítődik az altalaj konzervatívabb módon való tekintetbevétele által. Ezért van az, hogy igen gyakran az altalaj empirikus alapon meghatározott feltételrendszere lesz a meghatározó a TP 170 szerinti burkolat-tervezés esetében. A TP 170-ben az altalajok három cso-

Class	P I	P II	PIII
Resilient E for pavement design (MPa)	120	80	50
Control test (plate $\varnothing$ 300 mm) E _{def,2} (MPa)	90	60	45

3. táblázat:
A TP 170 –ben meghatározott altalaj-modulusok

portra vannak osztva. A hozzájuk előírt modulusokat a 3. táblázat mutatja.

A három frakcióból előállított, kötőanyag-nélküli alaprétegek (MZK) tervezési (tisztán rugalmas) modulusa 600 MPa, az egyszerű kötőanyag-nélküli alaprétegek (SD) tervezési (tisztán rugalmas) modulusa 400 MPa. Ezek a tervezéshez használt modulus-értékek túlzottan optimisták. Mindez oda vezet, hogy kisebb függőleges deformációk jönnek ki az altalajra és a kötőanyag-nélküli alaprétegekre és ezzel összhangban kisebb horizontális deformációk jönnek ki az aszfaltrétegek legaljára is. A francia szabvány az altalajra kerülő első rétegre $E = 3 \cdot E_{talaj}$ értéket enged. Náluk tehát az altalajra ($E = 50$ MPa – „PF 2” – a francia nomenklátúra szerint) kerülő első kötőanyag-nélküli alapréteghez csupán $E = 150$ MPa a megengedett. Az építéshelyi próbaméréseket $d = 300$ mm-es tárcsás berendezéssel kell elvégezni. A TP 170-ben meghatározott minimális vizsgálati eredményeket az altalajra kerülő alsó réteg esetére a 4. táblázat, míg az erre kerülő felső, szintén kötőanyag-nélküli réteg esetére az 5. táblázat mutatja.

Subsoil Modulus (MPa)	Specified modules Edef,2 on the surface of the layer (MPa)					
	Thickness of MZ (mm)			Thickness of SD (mm)		
	150	200	250	150	200	250
45	60	60	60	70	80	90
60	60			90	100	110
90				120		

4. táblázat: Tárcsás vizsgálattal mért megengedett legkisebb merevségi értékek a kötőanyag nélküli alsó alaprétegen

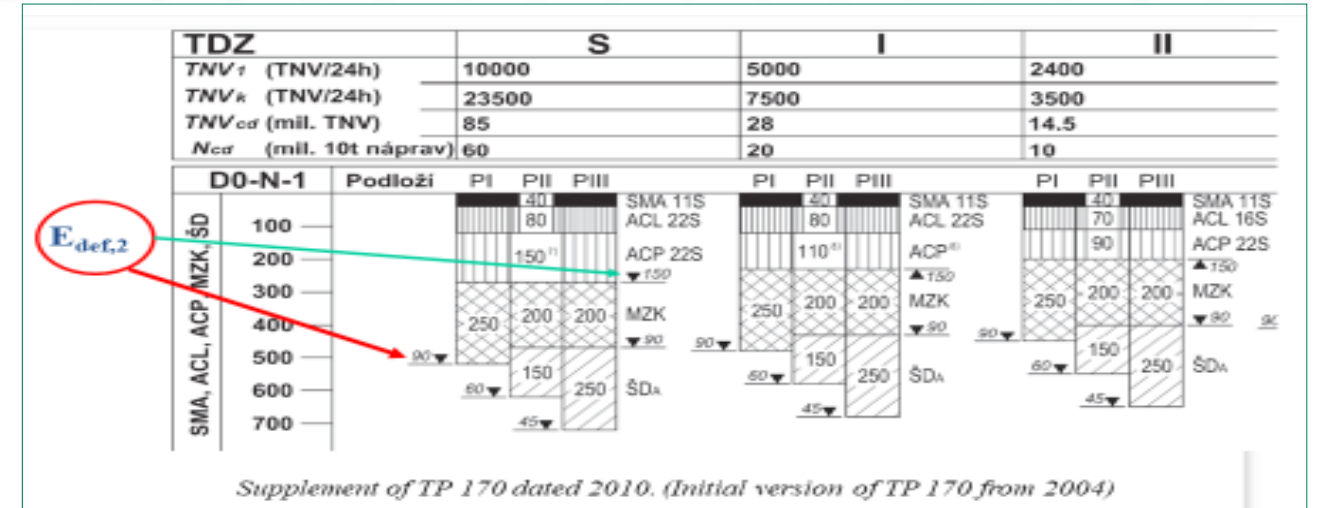
Az „MZ” jelentése: Mechanikailag kezelt talaj. Ennek tervezési rugalmas modulusa 150 MPa.

Modulus (MPa)	Specified modules Edef,2 on the surface of the layer (MPa)					
	Thickness of SD (mm)			Thickness of MZK (mm)		
	150	200	250	150	200	250
45	70	80	90			
50	80	90	100	100	120	130
60	90	100	110	110		
70	100	110	120	120	130	140
80	110	120	120	130	140	150
90	120	120		140	150	150
100	120			150	150	
120				150		

5. táblázat: Tárcsás vizsgálattal mért megengedett legkisebb merevségi értékek a kötőanyag nélküli (felső) alaprétegen

A merevségi (mérés utáni rugalmas) modulus az alaprétegen csak olyan alárendelt helyi utakon lehet 45 és 50 MPa, ahol a két irányban összesen mért napi nehézteherautó-forgalom nem haladja meg a 15-öt.

A 9. ábra mutatja a TP 170 burkolat-katalógusának kivonatát. Ez mutatja meg, hogy miként kell az ellenőrzéshez kiválasztani a 4. és az 5. táblázatban megadott értékeket az ellenőrzött keresztmetszvényhez.



9. ábra: Kivonat a TP 170 jelű cseh tervezési irányelvből

6. Következtetések

A burkolat-tervezés komoly kihívást jelent, mely sok bizonytalansággal terhelt. A számítástechnika és a laboratóriumi eszközök fejlődése lehetővé tette fejlettebb fizikai és kiértékelési modellek elterjedését. Sajnálatos módon mindez még így sem elég épített rétegeink jövőbeni viselkedésének szabatos előrejelzéséhez. Ezért nagy gondossággal kell elvégezni és kielemezni a bonyolult és a végrehajtás módjára érzékeny laboratóriumi vizsgálatokat. Molenaar professzornak a 2018-ban a Nenzetközi Aszfaltipari Társaság konferenciáján elhangzott nyitó-előadásából idézett szavai nagyon jól kifejezik a jelenlegi helyzetet:

„Nagy számban használunk kalibráló/összezavaró faktorokat annak érdekében, hogy előrejelzéseink illeszkedjenek a valósághoz. Rosszul tesszük ezt? Semmiképpen nem, amíg tudatában vagyunk, hogy mit és miért teszünk, és amíg értjük /tekintetbe vesszük/ mindazt is, ami e faktorok mögött elrejtőzik.”

Irodalomjegyzék

Domec, V. : Endommagement par fatigue des enrobes bitumineux en condition de trafic simulé et de température, Thesis, 2005

Fiedler J., Alapréteg-keverékek magasabb kötőanyag-tartalommal, Aszfalt 1/2019, p. 50–53,

Denneman E., et al, Optimising thickness design for asphalt pavements in warmer parts of Australia, 17th AAPA Int. Flexible Pavements Conf., August 2017

Al-Khateeb G., Ghuzlan K., The combined effect of loading frequency, temperature, and stress level on the fatigue life of asphalt paving mixtures using the IDT test configuration, 2013

Castorena C., Wang Ch., Kluttz B., Puchalski S., Development of Failure Criterion for Linear Amplitude Sweep (LAS) Test, ETG FHWA, September 2014,

Castorena C., Safaei F., Specification of Linear Amplitude Sweep Test Temperature and Modeling Temperature

Effects on Asphalt Binder Fatigue, Journal of the TRB 2016, DOI: 10.3141/2574-10

Fiedler J., Bureš P., Koudelka T., Šedina J., Coufalík P., New possibilities of assessing bitumen temperature sensitivity and aging, Eurasphalt&Eurobitume Congress, Madrid 2020

Hospodka M., Hofko B., Blab R., Assessing the performance of asphalt mastic by DSR fatigue testing, ISAP Conference 2018, https://publik.tuwien.ac.at/files/publik_270910.pdf

Nenner-Plante, Use of AMPT to evaluate pavement performance, 2018, http://www.asphalt pavement.org/PDFs/Engineering_ETGs/Mix_201805/17_Nenne-Plante_Performance_TestingExperiences_Part3_MaineDOTexperienceAMPT.pdf

Lee K., Pape S., Castorena C., Underwood S.B., Kim Y.R., Strain-Level Determination Procedure for Small-Specimen Cyclic Fatigue Testing in the Asphalt Mixture Performance Tester, 2019, DOI: 10.1177/0361198119845357

Isailović, I., Wistuba, M. P., Sweep test protocol for fatigue evaluation of asphalt mixtures. Road Materials and Pavement Design, pp. 1–14, 2017, Road Materials and Pavement Design, 2018, <https://doi.org/10.1080/14680629.2018.1438305> <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14680629.2018.1438305>

Valentin J., et al, Comparative tests of ACP and RBL, (in Czech), Research Project CESTI, CTU Prague, 2019

Kaseer F., et al, Development of an index to evaluate the cracking potential of asphalt mixtures using the semi-circular bending test, Construction and Building Materials, 2018

State of the Art and Practice in Fatigue Cracking Evaluation of Asphalt Concrete Pavements,

2016, (156 pages), editors Andrew Braham, B. Shane Underwood

A konferenciánk előadói, akik biztosították az előadásaik színvonalával a rendezvényünk - talán eddigi legnagyobb - sikerét, amelyet számos résztvevőtől kapott visszajelzés is igazol



Thoroczkay Zsolt
ITM



Szilvai József Attila
MK



Dr. Breixo Gomez Meijide
EAPA



Juhász Zoltán
NIF



Philippe Chifflet
COLAS France



Füleki Péter
Széchenyi István Egyetem



Jiri Fiedler Czech Road-
contractors Association Praha



Roszik Gábor
Colas Hungaria



Karoliny Márton
ny. igazgató TPA



Dr. Prof. Piotr Jaskula
Gdansk Műszaki egyetem



Dr. Töröcsik Frigyes
ny.ig. Finnaszfalt



Dr. Tóth Csaba
BME



Hazuga Károly
MOL



Kolozsvári Nándor
Innoteszt



Andrea Menetti Massenza
S.r.l. Olaszország



Gülay MALKOÇ ASMUD
Törökország



UGUR Sivrikaya
E-MAK Törökország



Phillip Röhrle
BOMAG Németország



Ralf Port Benninghoven
Németország



Szvoboda Krisztián
COLAS Hungária



Torák Márta
FMF Közösségdíj



Dr. Geiger András
MOL



Király Ákos
HTPA



Purgel Attila
NIF



Dr. Almássy Kornél
BM



Dr. Markus Spiegl
OMV Ausztria



Jiri Zednicek
EMZET Csehország



Dr. Géber Róbert
Miskolci Egyetem



Himanshu Agarwal Zydex
Industries India



Angelo Mulone
Tem Lab Olaszország



Lorenzo Sangalli
Iterchimica Olaszország



Ersun Görener
InfraTest Németország



Rosta Szabolcs
FMF 1. helyezett



Tomacsek József
Swietelsky



Gosztola Dániel
FMF 3. helyezett



TISZTELT KOLLÉGÁK,

a koronavírus sajnos a legnagyobb szakmai rendezvényünk forgatókönyvét is átírta.

A **2020. május 12-14-es** dátum irreálissá vált, és a szervezők alapos megfontolás után döntöttek úgy, egy teljes évvel és egy hónappal később kerül megtartásra a 7.-ik **Eurasphalt&Eurobitume Kongresszus**.

Az eddigi jelentkezők voucherét automatikusan átírták **2021. június 16-18** közöttre.

Akinek ez az időpont nem felel meg, át lehet majd jelentkezni más névre, vagy ha végleg nem akar részt venni, akkor külön eljárással vissza fogja kapni a befizetését.

Én inkább azt remélem, hogy az eltolódás miatt még több jelentkező lesz Magyarországról, mivel köztudott, hogy a 8. Kongresszus rendezési jogára a pályázatunkat elfogadták, és minden remény szerint **2024-ben Budapest** fog ott-hont adni a rendezvénynek.

VERESS TIBOR, igazgató

HAPA TAGVÁLLALATAI

Aszfalt Hungária Kft.

H-2225 Üllő,
Belterület, hrsz. 3753.
<https://euroaszfalt.hu>

Budapest Közút Zrt.

H-1115 Budapest,
Bánk bán u. 8-12.
<https://budapestkozut.hu>

Colas Közlekedésépítő Zrt.

H-1113 Budapest
Bocskai út 73.
<https://colas.hu>

Colas Út Zrt.

H-1113 Budapest,
Bocskai út 73.
<https://colas.hu>

DÉLÚT Kft.

H-6750 Algyő,
Kastélykert u. 171.
Pf: 4
<https://delut.hu>

Duna Aszfalt Út és Mélyépítő Kft.

H-6060 Tiszakécske,
Béke u. 150.
<https://www.dunaaszfalt.hu>

Hazai Építőgép Társulás Zrt.

H-2351 Alsónémedi,
Ócsai út 2405/4 hrsz.
<https://www.epitogep.com>

He-Do Kft.

H-3261 Pálosvörösmart,
Hagyóka u. 1.
<https://he-do.hu>

MOL Nyrt

H-1117 Budapest,
Október 23. u. 18.
<https://mol.hu>

OMV Hungária Ásványolaj Kft.

H-1117 Budapest,
Október Huszonharmadika utca 6-10.
<https://www.omv.hu>

PENTA Kft.

H-2100 Gödöllő,
Kenyérgyári u. 1/E.
<http://pentakft.hu/>

„SOLTÚT” Kft.

H-6320 Solt,
Kecskeméti u. 34.
<http://soltut.hu>

Swietelsky Magyarország Kft.

H-1016 Budapest,
Mészáros utca 13.
<http://swietelskymagyarorszag.hu>

Úteppark Útépítő és Mélyépítő Kft.

H-8000 Székesfehérvár,
Szlovák utca 6.
<http://uteppark.hu>

Vértaszfalt Kft.

H-2800 Tatabánya,
Réti út 174. Fsz. 4.
<http://vertesaszfalt.hu>

HAPA TÁRSULT TAGVÁLLALATAI

Ammann Austria GmbH

Anzing 33, A-4113 St. Martin im Mühlkreis
<https://www.ammann.com/de/>

AUMER Kft.

H-1112 Budapest, Reptéri út 2.
<http://aumer.hu/>

BHG Bitumen Kft.

H-1117 Budapest, Gábor Dénes utca 2. Infopark D épület
Telefon: +36 1 358 5061
E-mail: bhg.huaholding.com

BME Út és Vasútépítési Tanszék

H-1111 Budapest, Műgyetem rkp. 3.
<https://epito.bme.hu/ut-es-vasutepitesi-tanszek>

Carmeuse Hungária Kft.

Pf: 40
<http://www.carmeuse.eu/hu/carmeuse-hungaria-kft>

EuroAszfalt Kft.

H-2225 Üllő, belterület 3753 hrsz.
<http://euroaszfalt.hu/>

EULAB Kft.

H-2120 Dunakeszi, Székesdűlő 135.
<https://www.eulabkft.hu/>

Huntraco Kereskedelmi és Szolgáltató Zrt.

H-2040 Budaörs, Kamaraerdei út 3.
<https://www.huntraco.hu/>

INNOTESZT Kft.

H-2225 Üllő, Zsarókahegy hrsz. 053/30.
<http://euroaszfalt.hu/leanyvallalat/innoteszt-kft>

INNOVIA Kft.

H-2541 Lábatlan, Dunapart 1605/2 hrsz.

ITERCHIMICA S.R.L.

Via G. Marconi, 21, 24040, Suisio (BG), Italy
<http://www.iterchimica.it/>

KONSTRUKTÍV Kft.

H-1165 Budapest, Nyílvesző u. 24.
<http://www.iterchimica.it/>

Mélyépítő Labor Kft.

H-1144 Budapest, Füredi út 74-76.
<https://www.facebook.com/melyepitolabor/>

Magyar Közút Nonprofit Zártkörűen Működő Részvénytársaság

H-1024 Budapest, Fényes Elek u. 7-13.
<https://internet.kozut.hu/>

Omya Hungária Mészkefeldolgozó Kft.

H-3300 Eger, Lesrét utca 71.
<https://www.omya.com/>

ÖKO-LOGIKA Kft.

H-1039 Budapest, Batthyány u. 35/A.
www.okologika.hu

Primaenergia Zrt.

H-1117 Budapest, Budafoki út 56.
Levelezési cím: 3014 Hort, Pf.29.
<https://www.primaenergia.hu/>

Profi-Bagger Kft.

H-2051 Bátorbágy, Tormásirét u. 6.
<https://profi-bagger.hu/>

Rec-Plus Kft.

H-3200 Gyöngyös, Felső-Újvárosi utca 2.
<http://www.recplus.hu/>

Rettenmaier Austria GmbH & Co.KG

A-1230 Wien, Rudolf-Waisenborn-Gasse 18.
https://www.jrs.de/jrs_de/

Tarnóca Kőbánya Kft.

H-2045 Törökbálint, Torbágy u. 20.
<http://www.tarnoca.hu/>

TPA HU Kft.

H-1097 Budapest, Illatos út 8.
<http://www.tpaqi.com>

STA Aszfalt-Tech Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.

H-1043 Budapest, Dugonics u. 11.
<http://www.sta.hu>

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.
<https://www.wirtgen-group.com/budapest/hu/>



ASZFALT HUNGÁRIA KFT.

SZÉKHELYE: 2225 ÜLLŐ, BELTERÜLET, 3753 HRSZ
KÖZPONT: 1133, BUDAPEST PANNÓNIA UTCA 59-61.

ELÉRHETŐSÉG: TEL: 0036 29-522-200

TELEPHELYEINK:

5561 Békésszentandrás, Külterület hrsz 0247/11

4029 Debrecen, Mikepércsi út 0530/80 hrsz

2462 Martonvásár, 0152/1 hrsz

8800 Nagykánizsa, 0632 hrsz – mobil keverő *

7100 Szekszárd, Palánki út 41

2225 Üllő, Belterület 3753 hrsz

9442 Fertőendréd, külterület 0157/17. hrsz.

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