

Az Aszfalt

A Magyar Aszfalttípari Egyesülés

hőpá

hivatalos lapja

XXI. ÉVFOLYAM 2017/2. szám



Aszfalt 100% recyclable



Az aszfalt 100%-ban
újrahasznosítható

Formula-1 versenypálya SMA
burkolatának építése három
finisherrel, meleg slusszal.
Kivitelező: Swietelsky
Magyarország Kft.

2017
december



Tisztelt Hölgyeim és Uraim!

2018. február 20-21-én rendezzük a HAPA XIX. Nemzetközi Konferenciáját, amely az alábbi, az iparágat érintő elméleti és a napi praktikumban jelentkező kihívásokra kísérel meg választ keresni:

Nagy élettartamú aszfaltburkolatok építése Igen nagy igénybevételnek kitett aszfaltburkolatok Az aszfaltburkolatok előnyei Környezetvédelem az aszfaltok gyártása és bedolgozása során „150 éves a magyar aszfaltútépítés” könyv bemutató

Előadók és előadások a tervezett programból:

A személyes névsor még nem teljes, de előadókat várunk a Magyar Közút Zrt.-től, a MOL-tól, A Budapest Közút Zrt.-től, a COLASÚT és a COLAS Hungária Zrt.-től, a laboratóriumi szakemberektől.

Meghallgathatják a Fiatal Mérnökök Fórumán díjazottak előadásait, és a HAPA munkacsoportokban folyó munkákról a beszámolókat.

Külföldi előadókat kértünk fel Németországból, Franciaországból, Szlovéniából, Csehországból, és az EAPA vezetőségéből.

A konferencia első előadása a másfél éve elkezdett, és a konferenciára elkészült „150 éves a magyar aszfaltútépítés” című könyv bemutatója.

A bemutatót követően minden résztvevő átveheti a könyvet a konferencia regisztrációján.

A rendezvényünkön meghívottként számos kolléga is részt fog venni, akik a könyv elkészítésében jelentős szerepet vállaltak.

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

Konferencia helyszín: Hotel Azúr Siófok

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

- hogy találkozzunk,
- hogy tanuljunk,
- hogy a hálózat részei maradjunk,
- hogy adjunk és kapjunk ötleteket,
- hogy készek legyünk a jövő kihívásaira

Várakozásteli üdvözléssel

Veress Tibor



A Magyar aszfaltipari Egyesülés (HAPA) hivatalos szakmai lapja.

Szerkesztőség:

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

Alapító főszerkesztő:

Dr. Bodnár Géza

Főszerkesztő: Veress Tibor

Nyomdai előkészítés és nyomás:

SILBER-Nyomda Kft. www.silbernyomda.hu

Hirdetésfelvétel:

Magyarországon a szerkesztőségben

Terjesztés:

a szerkesztőségben keresztül ingyenesen

ISSN 1217-7830

TARTALOMJEGYZÉK

Orbán Balázs – A HAPA 25 éves története	4
Rosta Szabolcs – AC 11 kopó keverék maradó alakváltozással szembeni ellenállása különböző modifikálószer és adalékszer hatására...	8
Csontos Gabriella – Zaj- és rezgéscsillapítás SOFIDON sínkamra elemekkel	14
Eller Balázs – Az aszfalt védőréteg hatékonysága a vasúti pályaszerkezetben, valamint hibáinak katalógusba foglalása	20
Horváth Ádám András – Közlekedési pályák kiselemes burkolatainak alkalmazási lehetőségei, fejlesztési irányai	26
Kelemen Erzsébet – A Közüti Adatgyűjtő REndSZer (KARESZ) alkalmazásának lehetőségei a Főváros útüzemeltetésében	28
Borbély Zsuzsa – A vasúti kitérők üzemeltetésének műszaki feltételei	31
Nádasi Réka – SimaPro modell környezetének megépítése „villamosított” utak életciklus alapú összehasonlítására	34
Rajcsányi Ferenc – A VALORCOL technológia magyarországi alkalmazhatóságának vizsgálata	42
Zsíros Róbert – Útpálya burkolatok korai hibái, azok okai és javításuk módjai	49
Dobák István – Az útfelújítások és a térinformatika kapcsolata	53
Pethő Gábor – „Budapesti M3 metróvonal rekonstrukciójának időtartamára, a metró felszíni pótlásához szükséges út- és forgalomtechnikai munkák megvalósítása”	60
Dobos Ferenc – Kompaktaszfalt technológia alkalmazhatósága városi utakon	64
Balog Zoltán – Gumival és polimerrel modifikált bitumennel készült SMA keverék teljesítményének vizsgálata	72

Tisztelt Kollégák!

2017 végén engedjenek meg egy rövid visszatekintést.

A tagjaink száma és társult tagjaink száma eggyel bővült. Örülök, hogy tagjaink között üdvözölhetjük a Soltút Kft.-t és társult tagjaink között a Primaenergia Zrt.-t.

A HAPA részéről ebben az évben is a magunk szerény eszközeivel próbáltuk segíteni tagvállalataink munkáját.

Az egyre népszerűbb konferenciáink közül a XVIII. Nemzetközi konferenciánkon több, mint 260 fő vett részt

A Fiatal Mérnökök Fóruma pedig továbbra is szolgálja a jövő szakembereinek, vezetővé, jó szakemberré, kutatóvá válását. A résztvevők száma itt is csúcstól döntött, csaknem elérte a 100 főt.

Egyre sikeresebbek a tanulmányutjaink, tapasztalatcseréink. Hasznos volt, hogy új összetételű csoport látogatta meg a Rettenmaier&Söhne céget. Látogatásunk után külön megtiszteltetésként egy olyan workshopra kaptunk meghívást, és vettünk részt négy fővel, ahová még soha nem hívtak külföldi résztvevőt.

Munkacsoportjaink egyre aktívabbak, több fontos szakmai fórumon tudják befolyásolni a döntéseket.

Örömmel jelenthetem Önöknek, hogy a másfél éve tartó munkánk a vége felé közeledik. A „150 éves a magyar aszfaltútépítés” könyvünk immár betördele várja a nyomdagepek indulását. Ezért már bizton bejelenthetem, hogy a következő, februári 20–21-i konferenciánkon az egyik kiemelkedő esemény a könyv bemutatása lesz, amelyből természetesen minden résztvevő kap egy példányt.

Mint ahogyan az előbbieken már említettem, a Fiatal Mérnökök Fóruma sikeres volt, az elhangzott előadásokat ebben a számunkban közöljük. A nyerteseinket külön a cikkek elején jeleztük. Talán érdemes megjegyezni a nyereményeiket: Az első helyezett a Berlini EAPA rendezvényen fog részt venni, a második pedig a HAPA jövő évi tapasztalat cseréjére jön velünk a németországi BOMAG Fayat group-hoz. A harmadik és a közönség díjas fiatal pedig a HAPA februári Konferenciájának vendége lesz.

December lévén nem marad más hátra, mint hogy minden tagunk számára Békés Karácsonyt, és sikeres 2018-as évet kívánjak.

Veress Tibor

A HAPA 25 éves története

Orbán Balázs



Az aszfaltos kivitelezői kör régi vágya volt egy olyan szakmai szervezet létrehozása, amely zászlajára tűzi az aszfaltipar és az aszfaltok minőségének fejlesztését, az új európai szabványok bevezetését úgy, hogy közben az egészségügyi, biztonsági és környezetvédelmi célok is megvalósuljanak. A közös munkának mindeközben az érdekvédelemre is ki kell terjednie és felmerül egy szakmai folyóirat (Az Aszfalt) megjelentetésének igénye is. A Magyar Aszfaltipari Egyesülés (HAPA) az Aszfaltútépítő Vállalat, a Betonútépítő Vállalat, valamint további nyolc nagyobb magyar kivitelező vállalat részvételével 1992-ben alakult. Az alapító cégek képviselőit mutatja az 1. ábra.

Mindez főként azért, hogy Magyarország most már teljes jogú tagként részt vehessen az Európai Aszfaltgyártók Szövetségének (EAPA) tevékenységében. Ezt a törekvést azonnali siker koronázta, mivel az EAPA 1992 évi hágai kongresszusán teljes jogú taggá választotta a HAPA-t. Az EAPA tagság igazolása látható a 2. ábrán.

Ez a folyamat csaknem húsz évvel azelőtt 1972-ben indult, amikor az EAPA megalakult azzal a céllal, hogy az aszfaltipar európai fejlődését egymás tapasztalatainak folyamatos megismerésével, konzultációkkal, szakmai bizottságok munkájával egységes irányba segítse. Az EAPA ebből a célból kétévente konferenciákat, négyévente kongressz-

zusokon összegzi a nemzeti szövetségekben folyó munkát. Ezek a nemzetközi kongresszusok az évek során ezerfős nagy rendezvényekké fejlődtek. Az EAPA munkájába a magyar szakemberek szinte az első perctől bekapcsolódhattak-eleinte félhivatalosan, mivel teljes jogú tag csak nemzeti szövetség vagy egyesülés lehetett. Ilyen szakmai egyesülés a szocialista rendszerben nem jöhetett létre. Emiatt előbb az Aszfaltútépítő Vállalat, később a Betonútépítő Vállalat az EAPA társult tagja lett. Aszfaltos szakembereinket az EAPA szakmai bizottságaiban a „nyugati” kollégák a legnagyobb nyitottsággal, önzetlenséggel, esetenként barátsággal fogadták. Mi voltunk az elsők a vasfüggönyön túlról... A HAPA döntéshozó szerve az évenkénti közgyűlés, az évközi munkát az igazgató irányítja, a szakmai munka a munkabizottságokban folyik. A HAPA több, mint húszöt éves működését az alábbi fő tevékenységek összefoglalásával lehet áttekinteni:

- Az Aszfalt újság
- HAPA konferenciák- Ifjú Mérnökök Fóruma
- HAPA munkabizottsági munka
- HAPA Tanúsító Iroda
- EAPA együttműködés
- Érdekvédelem

Az Aszfalt újság

Az újság bevallottan nem a kutatók lapja kívánt lenni, hanem a mesteremberek (elsősorban kivitelezők) szakmai fórumaként akart megjelenést biztosítani az aszfaltipar mindennapi gyakorlati problémáinak és sikeres innovációinak. Az Aszfalt első száma 1993 decemberében jelent meg, ennek címlapja látható a 3. ábrán.

Kezdetben évente négy, később két szám készült belőle. Már az első szám beszámolt a HAPA Munkacsoportok (Környezetvédelmi, a Kő, a Bitumen és az Aszfalt) megalakulásáról és tevékenységéről. A munkacsoportok jellege az évek során csak kismértékben változott és munkájukat az újság folyamatosan „figyelte” és eredményeikről beszámolt.

Már az első számban olyan fontos kérdések jelentek meg, mint a laboratóriumokban használatos karcinogén oldószerek kezelése, a bontott aszfalt veszélyes hulladékként való besorolása és a bitumenek minőségi átvételének szabályozása, valamint a modifikált bitumenek és a keréknyomosodás problémái. 1995-ben egy szám (95/3) az aszfaltok nem útépitési célra való felhasználásával foglalkozott – FORMA-1, rézsúaszfalt, repülőtér, rakpart, vasút, depóniaszigetelés és parkolóházak. Többször beszámolt az újság az amerikai SHRP projekt aktuális eredményeiről. 2004-ben egy teljes szám adott helyt annak az EAPA dokumentumnak, amelyik az aszfalt pályaszerkezet



2. ábra Az EAPA tagjává választotta a HAPA-t.

előnyeiről szól. Az utóbbi években megjelent az aszfalthumor is az újságban korabeli anekdoták közreadásával. Folyamatosan hírt adtak az EAPA konferenciáiról, kongresszusairól és az elkészült EAPA dokumentumokról. Ezen dokumentumok közül a HAPA erejéhez mérten többet lefordított és megjelentetett, ilyen volt a BAT dokumentum, amely a ma elérhető legjobb aszfalttechnológiákról szól. Ezek a dokumentumok a tagvállalatok számára hozzáférhetőek voltak. Az újság a cikkek szerzőit illetően kezdettől fogva nemzetközi volt – a magyar kollégák mellett folyamatosan jelentek meg a külföldi (különös tekintettel EAPA vezetőik) szakemberek írásai is. Rendszeresen olvashatták a HAPA konferenciákon és a Fiatal Mérnökök Fórumán elhangzott előadásokat cikkek formájában. Az Aszfalt 1993-tól mostanáig folyamatosan megjelenik, kivételt képezett a 2009-es válságév, amikor nem volt újság. Ez az év csaknem a HAPA megszűnéséhez vezetett elsősorban a multik akkori hazai managementjének közömbössége miatt. Mára ez az újság az aszfaltos szakma egyetlen írott formájú rendszeres sajtótermékének tekinthető.

HAPA konferenciák – Ifjú Mérnökök Fóruma

Az első konferenciát 1995.01.31-02.01 között tartották a Hortobágyon. A rendezvénynek olyan sikere volt, hogy rövid időn belül nem volt kérdés, hogy a konferenciát rend-



3. ábra Az Aszfalt újság első számának címlapja

szeresen, évente meg kell tartani. A másodikra 1996 februárjában Egerben került sor, a harmadikat egy évvel később Budapesten az Agro Hotelben rendezték. 1998 telén üde színtőlként külföldön tartották a IV. HAPA konferenciát először és eddig utoljára, a festői szépségű Tátrában Stara Lesnán. Ezután több éven keresztül a budapesti Agro Hotel adott otthont ennek a szakmai konferenciának, az ötödik konferencia képeit mutatja a 4. ábra.

Később változó helyszíneken (Dobogókő, Visegrád, Mezőkövesd és Balatonalmádi) folyamatosan – csak a HAPA életében rendkívüli éveket kihagyva – jutottunk el 2016-ban a XVII. HAPA konferenciáig. Ezek a szakmai rendezvények az első pillanattól kezdve nemzetköziesek voltak, mi-



4. ábra A HAPA V. konferenciája a budapesti Agro Hotelben (1999)



5. ábra Az első Fiatal Mérnökök Fóruma a gödöllői Savoyai kastélyban 2007-ben

vel az előadók között nemcsak a szakma európai szakértőit, hanem az EAPA vezetőit is rendre megtaláljuk. Így a hazai kollégák folyamatosan értesülhettek a legújabb európai fejlesztési irányokról, szabályozási kérdésekről (EN szabványosítás), a környezet- és egészségvédelem aktuális problémáiról. A 2007-es IX. konferencián közép-európai aszfalt körképet kaptunk lengyel, szlovén, cseh, szlovák és horvát kollégák előadásaiból. Ugyanazon év őszén (2007.11.8-9) a szakmában egyedülálló módon útjára indítottuk a Fiatal



Mérnökök Fórumát Ráckeven a Savoyai kastélyban. Erről a rendezvényről készültek az 5. ábra képei.

Ez a rendezvény pódiumot adott a fiatal mérnökök részére előadásaik hasonló korú hallgatóság előtti megtartására és a személyes kapcsolatok ápolására. A legjobb előadók és a közönség „kedvencei” díjazásban részesültek. Ezt a fórumot 2016-ban tizedik alkalommal rendezték meg, ami közkedveltséget bizonyítja, a díjak respektjéhez a tapasztalt szakmai zsűri is hozzájárul.

Munkabizottságok működése

A tagvállalatok szakértőiből szinte az első pillanatban létrejöttek a szakmai munkabizottságok. Ez a munka a Kő és Bitumen (aszfalt alapanyagok), a Környezet- és Egészségvédelmi, valamint az Aszfaltos bizottságban folyik. Az alapanyagok munkabizottsága az évek során többször minőségi átvételi rendszereket dolgozott ki az alapanyaggyártók képviselőinek részvételével. Több év munkája kellett ahhoz, hogy végül a bontott (mart) aszfalt ne számítson veszélyes hulladéknak Magyarországon. A HAPA kezdetektől fogva egészségügyi kutatómunkát végeztetett külső szakintézménnyel az aszfaltozó munkások egészségkárosodási okainak felderítésére. A kétezres évek második felére sikerült a karcinogén oldószerek használatát jelentősen csökkenteni a hazai útpítő laboratóriumokban. (Környezet- és Egészségvédelmi munkacsoport). Jelenleg fő szószólója a bituméntartalom égetéssel módszerrel való meghatározás magyarországi elterjesztésének, amely teljes mértékben kiiktatná a rákkeltő oldószerek (halogén szénhidrogének) alkalmazását. Az aszfaltos munkacsoport folyamatosan kellő súlyllyal vesz részt az EN szabványok hazai bevezetésének programjában. A HAPA szakemberei úttörő munkát végeznek a visszanyert aszfaltfelhasználás növelése érdekében, valamint a mérsékelt meleg aszfaltok elterjesztésében. A munkabizottságok munkájukat évenként néhány üléssel és az ülések közötti „egyéni házi feladatok” elvégzésével végzik.

HAPA Tanúsító Iroda

2006-ban jelent meg az aszfaltgyártás gyártásellenőrzési rendszeréről intézkedő EN 13108-21:2006 európai szabvány és nem sokkal később ennek MSZ EN változata. Ez a



7. ábra EAPA-Eurobitume kongresszus Isztambulban.

szabályozás előírta, hogy az aszfaltkeverő telepek gyártásellenőrzési rendszereit erre akkreditált, ill. bejelentett (EU) és kijelölt (Magyarország) tanúsító szervezeteknek kell tanúsítani. A HAPA szakmai szervezatként rövidesen létrehozta szervezetén belül a Tanúsító Irodát, kizárólag az aszfaltgyártás ellenőrzési rendszereinek tanúsítására. A Tanúsító iroda 2008-ban megszerezte az összes jogosultságot ehhez a tevékenységhez és megkezdte működését ezen a területen. Ezt mutatja az első akkreditálási okirat 2008-ból (6. ábra)

Az aszfaltkeverő telepek tanúsítása teljes mértékben szabad piac, az Iroda minden jelölt jelentkezését elfogadja, aki teljesíti a követelményeket. A folyamatban a HAPA tagság semmiféle előnyt nem jelent. Mivel a HAPA Tanúsító Iroda a szakma megbecsült, nagy tapasztalatú szakembereit alkalmazza minősítő mérnökként, mára a magyar piac megbízható szereplőjévé vált.

EAPA-val való együttműködés

Mivel a HAPA megalakulásának egyik fontos oka az EAPA tagság elnyerése volt, ezért az EAPA-val való együttműködés kezdettől fogva szoros és kifogástalan. 1996-ban Strasbourgban rendezték az első EAPA-Eurobitume kongresszust, amelyen a HAPA szakemberei megfelelő létszámban képviselték hazánkat. A további négyévenkénti kongresszusokon (II. Barcelona 2000, III. Bécs 2004, IV. Koppenhága 2008, V. Isztambul 2012, Prága 2016) a HAPA – a gazdasági helyzetnek megfelelően – kisebb-nagyobb létszámmal vett részt.

Hasonlóan a kongresszusokhoz, a két évenkénti konferenciákra is állandó a magyar részvétel. Az EAPA Technikai és a Környezet- és Egészségvédelmi munkabizottságában folyamatosan ott van a magyar képviselő. A munkabizottsági üléseket felváltva valamelyik tagország egyik városában, ill. Brüsszelben tartják. Többször volt házigazdája a HAPA a Budapesten rendezett munkabizottsági üléseknek, legutóbb 2012-ben. A munkabizottságok időnként EAPA ajánlásokat fogalmaznak meg egy-egy témában, amelyek igazgatótanácsi jóváhagyás után EAPA dokumentumokká válnak. Ezek ma már az EAPA honlapján megtalálhatóak. A 90-es években több EAPA dokumentum a HAPA jóvoltából megjelent magyarul nyomtatott változatban (pl. 1995: BAT dokumentum – A ma elérhető legjobb aszfalt technológiák). Az EAPA vezetőivel, szakembereivel a HAPA kiváló, sokszor baráti és folyamatosan korrekt kapcsolatokat ápol. Ennek köszönhető az a tény, hogy konferenciáinkon

az EAPA vezető munkatársai szívesen vesznek részt és tartanak előadást. Ez eredményezi azt a tapasztalat többletet, amely az EAPA innovációk, dokumentumok naprakész ismerete jelent.

Érdekképviselés

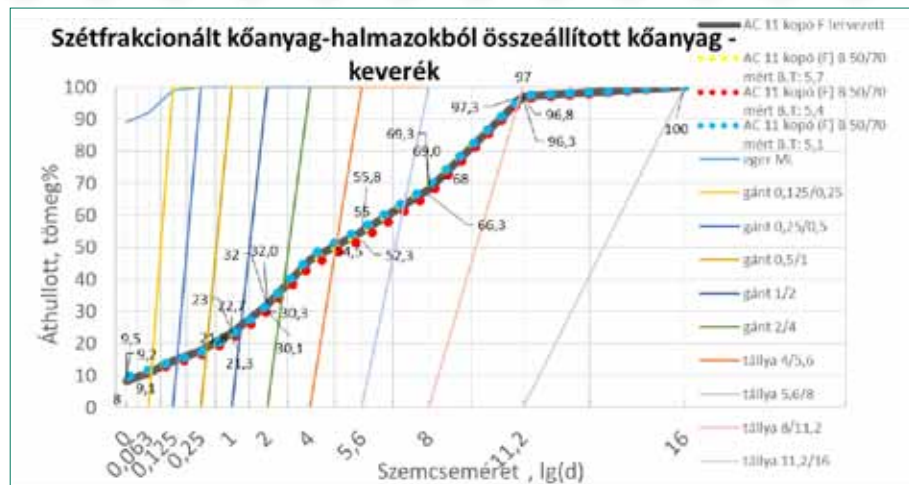
Nem várt módon ez a terület lett a legnehezebb és a legkevesebb sikert felmutató tevékenység a HAPA életében. A rendszerváltás olyan új kivitelezői kör kialakulását eredményezte, ahol minden résztvevő kizárólag a saját azonnali érdekeire koncentrált. Ennek az lett a következménye, hogy egy-egy témában a rendelkezésünkre álló eddigi összes hazai tapasztalat és tény összegyűjtése is problémát okoz. Mindenki félti a saját információit és nem akarja még semleges szakmai körökkel (pl. HAPA munkabizottság) sem megosztani azokat. Egy-egy iparági fellépés pedig a multik és a „kicsik” közötti érdekelletét miatt esett kútba. Hosszabb távon a HAPA-n belüli igazi szakmai együttműködésnek nincs alternatívája. Az eredményes érdekképviseléshez az egyes tagvállalatok nagyobb rugalmasságára és egy távoli „HAPA cél” teljes elfogadására van szükség.

Szakemberek a HAPA működéséért

Amikor a HAPA elmúlt 25 éves tevékenységére emlékezünk, feltétlenül meg kell említenünk néhány olyan szakembert, manager nevét, akik ehhez a sikeres működéshez meghatározó módon járultak hozzá. A HAPA megalakulásakor 1992-ben Husi Márton és Pallay Tibor lettek az első társelnökök. Később Husi Mártont Appelshoffer József váltotta, majd Pallay Tibor lemondását követően Appelshoffer József lett egyedül a HAPA elnöke. Az igazi „motor” dr. Bodnár Géza igazgató volt, aki 1992-től haláláig, 2004-ig a töle megszokott vitalitással és innovációs készséggel alakította ki az egyesülés alap arculatát. Az Aszfalt újság szerkesztése is az igazgató feladata volt és maradt azóta is. 2004-ben Orbán Balázst és Veress Tibort választották igazgatóknak: Orbán Balázs 2004-től 2010-ig vezette a HAPA tevékenységét, majd 2010-ben ezt a tisztséget Veress Tibor vette át és végzi azóta is. Feltétlenül meg kell emlékeznünk Vass Elemér munkásságáról is, aki dr. Bodnár Géza és később Orbán Balázs munkatársaként 1992-től 2008-ig, haláláig hűségesen és pontosan végezte a működtetés napi feladatait.



6. ábra A HAPA Tanúsító Iroda első akkreditálási okirata 2008-ból.



8. ábra: Szétfractionált kőanyag-halmazokból összeállított kőanyag-keverék

	AC 11 kopó (F) B 50/70 mért B: 5,1 m/m%	AC 11 kopó (F) B 50/70 mért B: 5,4 m/m%	AC 11 kopó (F) B 50/70 mért B: 5,7 m/m%
pmv [Mg/m ³]	2,448	2,447	2,435
SSD (Mg/m ³)	2,322	2,348	2,389
Vm (%)	5,1	4	1,9

1. táblázat: AC 11 kopó (F) B 50/70 keverék hézagtartalma különböző bitumentartalom mellett

Keveréktervezés

Az MSZ EN 12697-22:2003-A1.2008- keréknyomképződés laboratóriumi vizsgálathoz különböző kötőanyagú keverékeket terveztem meg. A polimer és a cellulóz rost alapú szereket B50/70-es normál útéptítési bitumenhez adagolva, illetve egy AC 11 kopó (F) B50/70-es és egy AC 11 kopó (mF) PmB 25/55-65 keverékeket készítettem. Az utóbbiak referencia értékek szolgáltatása céljából terveztem. A vizsgá-

latban a kötőanyagok hatásának a vizsgálata volt a cél, aminek az érdekében a kőanyag-keverékek szemeloszlásának minél pontosabb megegyezésére volt szükség. Ennek érdekében egy – a műszaki előírásnak megfelelő – kőanyag-keveréket határoztam meg, amit felező sziták használatával (nedves szitálás) szétfractionált kőanyag-halmazokból adagoltam be.

A gondosan bemért kőanyag keverékhez a kötőanyag tartalom meghatározása 5,1; 5,4; 5,7 m/m %-os (bitumen tartalom) keverékek teljeskörű vizsgálatával történt. A keverékek szemeloszlásának meghatározásával láthatóvá vált, hogy a nedves szitálással szétfractionált kőanyag-halmazokból összeállított kőanyag-keverékek szemeloszlása erősen korrelál egymáshoz, ami a nedves szétfractionálás hatékonyságát igazolja. A keverékek hézagtartalmának összehasonlításával 5,4 m/m %-ban állapítottam meg az optimális bitumentartalmat.

Összetevő	AC11 kopó (F) B 50/70	AC 11 kopó (mF) PmB 25/55-65	AC 11 (F) + P2000	AC 11 kopó (F) + Muster A	AC 11 kopó (F) + Muster N	AC 11 (F) 50/70 + Serbit 029 TD	AC 11 kopó (F)+ Viatop FEP	AC 11 kopó (F) + Topcel plus FT 60
Kőanyag-halmazok [kőanyag-halmaz m/m%]								
Filler 0,000-0,063 mészkőliszt (Eger)					6,0			
NZ 0/4 0,063-0,125 dolomit, (Gánt)					3,0			
NZ 0/4 0,125-0,250 dolomit, (Gánt)					3,0			
NZ 0/4 0,250-0,500 dolomit, (Gánt)					3,0			
NZ 0/4 0,500-1,000 dolomit, (Gánt)					5,0			
NZ 0/4 1,000-2,000 dolomit, (Gánt)					9,0			
NZ 0/4 2,000-4,000 dolomit, (Gánt)					14,0			
NZ 4/8 4,000-5,600 andezit, (Tálya)					10,0			
NZ 4/8 5,600-8,000 andezit, (Tálya)					14,0			
NZ 8/11 8,000-11,000 andezit, (Tálya)					30,0			
NZ 8/11 11,000-16,000 andezit, (Tálya)					3,0			
Kötőanyagok [keverék m/m %]								
B 50/70, MOL	5,4%	-	5,2%	5,2%	5,2%	5,2%	5,0%	5,2%
PmB 25/55-65 MOL	-	5,4%	-	-	-	-	-	-
P 2000 adalékszer	-	-	0,2%	-	-	-	-	-
Muster A adalékszer	-	-	-	0,2%	-	-	-	-
Muster N adalékszer	-	-	-	-	0,2%	-	-	-
Serbit 029 TD modifikálószer	-	-	-	-	-	0,2%	-	-
Viatop® Plus FEP modifikálószer	-	-	-	-	-	-	0,5%	-
Topcel plus FT60 adalékszer	-	-	-	-	-	-	-	0,5%

2. táblázat: Keverékek összetétele

latban a kötőanyagok hatásának a vizsgálata volt a cél, aminek az érdekében a kőanyag-keverékek szemeloszlásának minél pontosabb megegyezésére volt szükség. Ennek érdekében egy – a műszaki előírásnak megfelelő – kőanyag-keveréket határoztam meg, amit felező sziták használatával (nedves szitálás) szétfractionált kőanyag-halmazokból adagoltam be.

A gondosan bemért kőanyag keverékhez a kötőanyag tartalom meghatározása 5,1; 5,4; 5,7 m/m %-os (bitumen tartalom) keverékek teljeskörű vizsgálatával történt. A keverékek szemeloszlásának meghatározásával láthatóvá vált, hogy a nedves szitálással szétfractionált kőanyag-halmazokból összeállított kőanyag-keverékek szemeloszlása erősen korrelál egymáshoz, ami a nedves szétfractionálás hatékonyságát igazolja.

A keverékek hézagtartalmának összehasonlításával 5,4 m/m %-ban állapítottam meg az

modifikálószer és adalékszer cellulóz tartalomon kívüli részét is beleszámítottam a bitumen tartalomba. (Viatop plus FEP gyártói ajánlás).

Próbatestek elkészítése

A keverékek elkészítését követően mindegyik keverékből mintát véve meghatároztam azok hézagmentes testsűrűségét. Az MSZ EN 12697-22:2003-A1.2008- keréknyomképződés vizsgálat elvégzéséhez lap próbatesteket készítettem az MSZ EN 12697-33:2003-A1.2008-Próbatestek készítése hengeres tömörítővel szabvány szerinti acélhengeres tömörítővel. A próbatestek hézagtartalmát a hézagmentes testsűrűségek átlagértékeiből és a minták víz alatti testsűrűségéből számítottam. A kapott eredményekből kis bizonytalansággal ugyan, de lehet következtetni a keverékek bedolgozhatóságára.

A következtetésnek a háttere abból ered, hogy a keverékek egyenlő hőmérsékleten és egyenlő tömörítési munka mellett készültek (kivételt képez a modifikált bitumennel készített keverék, melyet magasabb hőmérsékleten kell betömöríteni). E-szerint jobban bedolgozhatónak mondható a kisebb hézagtartalommal rendelkező keverék. A bizonytalanságot a sablonban elrendeződő szemcsék változékonysága, illetve a víz alatti testsűrűség mérési pontossága adja. Az utóbbi paraméter esetén viszont a bizonytalanságot csökkenti, hogy az ugyanabból a keverékből származó próbatestek víz alatti testsűrűség értékei szorosabb korrelációt mutatnak, mint ami megfigyelhető bármely két különböző keverék mintáinak víz alatti testsűrűsége között.

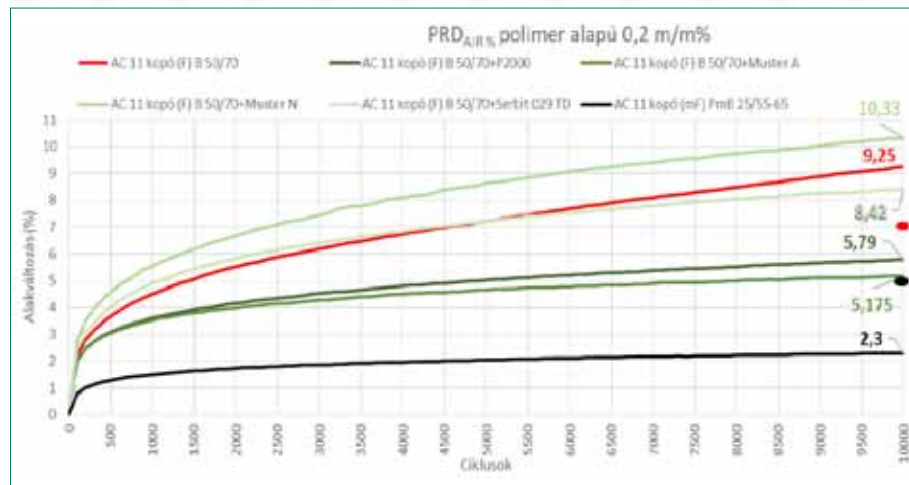
Laboratóriumi vizsgálatok

Kötőanyag vizsgálatok

A kőanyag-keveréken összetételén kívül a kötőanyag összetétele nagyban befolyásolja az aszfalt maradó alakváltozási hajlamát meleg hőmérsékleti tartományban. A hőmérséklet változásával az aszfalt anyagi tulajdonsága folyamatosan változik, különböző anyagmodellekkel is nagyon nehéz azt jellemezni. A kötőanyag melegviselkedését manapság már különböző reológiai vizsgálatokkal végzik, azonban ezekhez eszközök nem álltak rendelkezésemre, ezért a kö-

vizsgálat típusa	MOL B 50/70	MOL PmB 25/55-65	MOL B 50/70 +3% Muster A	MOL B 50/70 +3% Muster N	MOL B 50/70 +3% Serbit 029 TD	gyártói * B50/70+15% Viatop plus FEP
lágyuláspont [°C]	52,4	80,3	52,4--61,2	52,4--57,2	52,4--61,4	?--65,4
penetráció [0,1mm]	53,1	38,5	53,1--60,0	53,1--64,0	53,1--46,2	?--32

4. táblázat: Kötőanyag vizsgálatok, lágyuláspont és penetráció

9. ábra: Polimer alapú szerek PRD_{AIR} % értékei

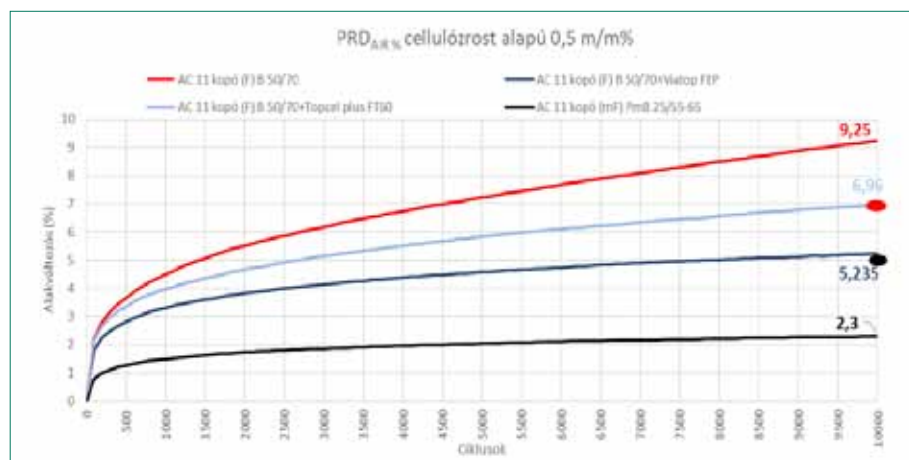
kiderült. Például a Muster A adalékszer hatására a normál útépítési bitumen penetrációja növekedett, azonban a keréknyomképződés vizsgálat szerint mégis az adalékszerrel módosított keveréknek jobb a maradó alakváltozással szembeni ellenállás.

Keréknyomképződés

Az e-UT 05.02.11:2017 Útépítési aszfaltkeverékek. Követelmények című (kiadásban lévő) új útügyi műszaki előírás szerint Az AC 11 kopó (F) keverék maradó alakváltozással szembeni ellenállás követelménye 7,0 PRD_{AIR} %, míg az AC 11 kopó (mF) vagy (mI) keveréké 5,0 PRD_{AIR} %. Egy vizsgálati eredmény a két próbatesten párhozamosan elvégzett vizsgálat átlagértékét mutatja a 9-10. ábrán.

A keréknyomképződés vizsgálat eredményéből látszik, hogy a Muster N adalékszerrel lezámított keverék kedvezőbb keréknyomképződési ellenállással rendelkezik, mint a normál útépítési bitumennel készített keverék, azonban egyik keverék maradó alakváltozási ellenállása sem éri el a polimerrel modifikált bitumenből készítettét.

Az MSZ EN szabványokat és az Útügyi Műszaki Előírásokat figyelembe véve látható, hogy a vizsgált kiindulási normál útépítési bitumen penetrációja és lágyuláspontja kielégíti a támasztott követelményeket, azonban a belőle készített referencia kővázal rendelkező keverék már nem elégíti ki a 7,0 PRD_{AIR}%-os követelményt. Ezzel szemben

10. ábra: Cellulózrost alapú szerek PRD_{AIR} % értékei

a vizsgált polimerrel modifikált keverék maradó alakváltozási ellenállása jócskán képes az előírt 5,0 PRD_{AIR}%-os követelményt teljesíteni. A vizsgálati eredményekből azonban látszik, hogy bizonyos adalékszer, vagy modifikálószer kis mennyiségű adagolásával egy gyengébb teljesítményű B50/70-es bitumennel készült AC 11 kopó (F)-es keverék maradó alakváltozási ellenállása megfelelő szintre hozható. (pl. P2000, Muster A, Topcel plus FT60, Viatop plus FEP).

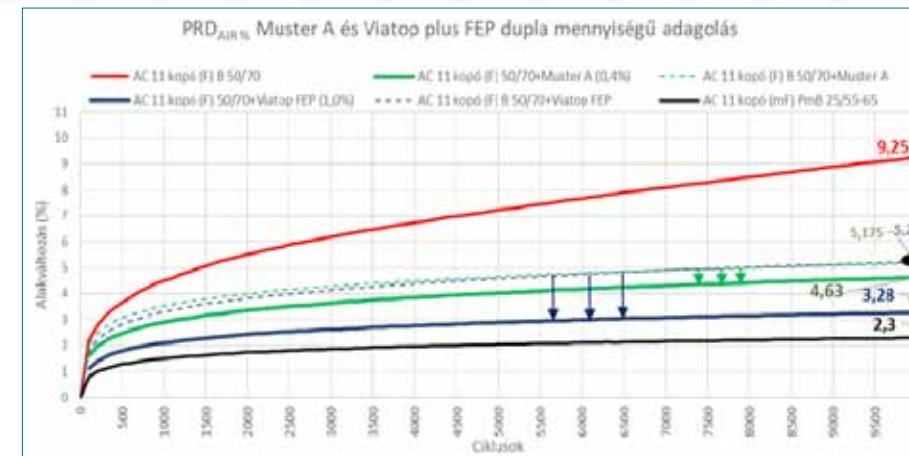
Azonban „az e-UT 05.02.11:2017 Útépítési aszfaltkeverékek. Követelmények” szerint az AC 11 kopó (mF) + „modifikálószer” keveréknek, vagy az AC 11 kopó (mI) + „modifikálószer” keveréknek a polimerrel modifikált bitumennel készített keverékkel egyenértékűnek kell lennie, ezért a 5,0 PRD_{AIR}%-os érték elérése a cél. Ez a 9-10. ábrán feltüntetett eredményekből látszik, hogy bizonyos adalékszer és modifikálószer esetén még egy „gyengébb” B50/70-es bitumen modifikálásával is megközelíthető 0,2 és 0,5 m/m%-os adagolás mellett. (0,2 m/m% Muster A, 0,5 m/m% Viatop plus FEP).

A modifikált kötőanyagok keverékek 5,0 PRD_{AIR}%-os követelményének kielégítése céljából elkészítettem a két legjobban teljesítő adalékszer duplán adagolt változatát. Ezek közül az egyik polimer alapú a másik cellulózrost alapú szerrel modifikált keverék (11. ábra). Ezek a keverékek már az AC 11 kopó (mF) vagy (mI) maradó alakváltozási ellenállás követelményét is képesek voltak kielégíteni. Kiemelkedőnek mondható a Viatop plus FEP 1,0 m/m%-al készített keverék 3,28 PRD_{AIR}%-os eredménye, ami szinte ugyanolyan jónak mondható (mérési bizonytalanság), mint a 2,3 PRD_{AIR}%-os polimerrel modifikált bitumennel készített keverék eredménye.

Összefoglalás

A vizsgálat célja a különböző adalékszer és modifikálószer AC 11 kopó keverék maradó alakváltozási ellenállására gyakorolt hatása volt. A kötőanyagok hatásának összehasonlíthatósága érdekében a kőanyag-keverékek szemeloszlásának változékonyságát minimálisra csökkentettem. A vizsgálat során nem, egy keréknyomképződésnek legjobban ellenálló keverék keresése volt a cél, hanem a különböző adalékszer és modifikálószer hatása a B50/70-es keverékre, illetve összehasonlításuk a Pmb 25/55-65-es keverékkel maradó alakváltozási ellenállás szempontjából.

A vizsgálatból kiderült, hogy nedves szítással szétfrakcionált kőanyag halmazokból nagyon pontosan lehetséges a tervezett szemeloszlás elérése.

11. ábra: 0,4 m/m%-os „Muster A” és 1,0 m/m%-os „Viatop plus FEP” PRD_{AIR} % értékei

A Muster N adalékszeren kívül mindegyik vizsgált modifikálószer és adalékszer javítani képes a normál útépítési bitumennel készített keverék maradó alakváltozási ellenállásán.

A vizsgálatához használt B50/70-es normál útépítési bitumennel készített keverék a referencia kővázal nem képes kielégíteni a 7,0 PRD_{AIR} % követelményt (9,25 PRD_{AIR}%), míg a vizsgálatához használt Pmb 25/55-65 bitumennel készített keverék kifejezetten ellenáll 2,3 PRD_{AIR} % (köve-

lehetőség ezen keverékek merevség, fáradás és vízerzékenység vizsgálatára.

A vizsgálat szerint a legjobb maradó alakváltozási ellenállás a Viatop plus FEP-vel érhető el, megfelelő adagolással (több mint 0,5 m/m%) biztosítható a modifikált keverékre előírt 5,0 PRD_{AIR}%-os érték, versenyképes a Pmb 25/55-65 készült keverékkel, ha kellően jó minőségű B50/70-hez adagoljuk.

telmény: 5,0 PRD_{AIR}%) eredményt hozott.

A vizsgálati eredmények alapján elmondható, hogy a vizsgált termékek közül legjelentősebben a „P2000” polimer alapú adalékszer, a „Muster A” polimer alapú adalékszer, és a „Viatop plus FEP” cellulózrost alapú modifikálószer képes javítani a keverék maradó alakváltozási ellenállásán.

A vizsgálat szerint a „P2000” és a „Muster A” adalékszerrel előállított keverék is képes lehet a modifikált keverékre előírt teljesítmény követelmények teljesítésére. További vizsgálati



NAT-1-1741/2014

ÚTLABOR Laboratóriumi és technológiai Kft

„Aki segíti az Ön munkáját”

Szakértelem, megbízhatóság, gyorsaság a mélyépítési munkák minőségében.

Hívjon, megyünk.

Elérhetőségek

mobil: +36-20/9834-614 és +36-20/4811-104

Fax: +36-96/533-012, E-mail: utlabor@utlabor.hu



Zaj- és rezgéscsillapítás SOFIDON sínkamra elemekkel

Csortos Gabriella

okl. infrastruktúra-építőmérnök
PhD hallgató
Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi Egyetem
Építőmérnöki Kar,
Út és Vasútépítési Tanszék



A HAPA Fiatal Mérnökök Fórumán közönség díjas előadás

Bevezetés

Jelen cikk a hazai SPED-M Kft. által gyártott és forgalmazott SOFIDON sínkamra elemeket és azok vizsgálatát hivatott bemutatni. A vizsgálatokat korábban, Tudományos Diákköri Konferencia [1] és Diplomamunka [2] keretein belül végeztem el. A kutatási munka célja egyrészt a vasúti pálya zaj- és rezgéscsillapító kamraelemeinek ismertetése, másrészt hatékonyságuk mértékének megállapítása volt. Ennek érdekében szabályozott, laboratóriumi körülmények között történő vizsgálatokat végeztem, továbbá üzemi állapotban, helyszíni zajmérést is lebonyolítottunk. Célom, hogy Magyarországon is megismerjék a kamraelemeket, azok előnyeit, valamint a zaj- és rezgéscsillapítás fontosságát. Külföldön számos cég gyárt sínkamra elemeket és sikeresen alkalmazzák is azokat. Magyarországon már megjelentek a hazai gyártók, azonban ezeknek az elemeknek a beépítése háttérbe szorul.



1. ábra: SOFIDON-F típusú elem beépítve

A sín kamrájába helyezett, ragasztással vagy egyéb módon rögzített, erősen viszkózus tulajdonságú elemek új, zaj- és rezgéscsillapításhoz kapcsolódó beavatkozási lehetőségként jelennek meg a vasúti pálya felépítményében.

A kamraelemeket a síngerinc (mint rezgésforrás) zajkibocsátásának csökkentésére alkalmazzák. A síngerinc csekély tömege miatt gyorsan rezgésbe jön, emiatt a rendszer akusztikai megítélésekor gyenge pontnak tekinthető, amely egyben a pályaszerkezet legnagyobb zajkibocsátását is okozza. A rezgéscsillapító sínkamra elemek nagyhatékonyságú rendszert jelentenek a hanglesugárzás csökkentése szempontjából, ami a kerék – sín kölcsönhatásából keletkezik. Úgy csökkentik a zajt és a rezgéseket, hogy a síngerinc rezgési energiáját alakítják át hővé nagy belső súrlódásuk révén. Az akusztikai tudományok egyik ismert alaptétele, hogy a zavaró rezgések csökkentésének leghatékonyabb módja, ha közvetlenül azok kibocsátási forrására koncentrálnunk. A sín, mint a pályaszerkezet legfelső eleme esetén pontosan ezt tesszük.

A laboratóriumban nyert eredmények is alátámasztják, hogy a kamraelemek alkalmas eszköznek bizonyulnak a zaj- és rezgéscsillapítást illetően. A mérések egyben iránymutatást és tájékoztatást is adnak az elemek jövőbeni fejlesztéseiről. A laboratóriumban kizárólag csak a sinszál rezgéseit vizsgáltam, hogy megtudjuk mekkora csillapítás nyerhető általa, miközben nagyon jól tudjuk, hogy egy vasúti szerelvénynek számos zajforrása vannak, amik együttesen határozzák meg a vasúti zaj eredő zajszintjét. Erre kíváncsiak a helyszíni mérés során gyűjtött tapasztalatok, illetve eredmények.

SOFIDON sínkamra elemek

A SPED-M Kft. kétféle zaj- és rezgéscsillapító kamraelemet gyárt. A SOFIDON termékek közül a SOFIDON-F típusú elemet Magyarországon már 25000 fm hosszban építették be (1. ábra). Ezek a szakaszok többek között: Ferencváros–Kelenföld, Sopron–Sopron oh. (Kismarton), Monor–Pilis, Esztergom–Kertváros, Kápolnásnyék–Újdinnyés, valamint a BKV Zrt. MILLFAV vonala. Az elem ragasztással kerül felhelyezésre a sín kamrájába. Kiterjedését és geometriáját tekintve nagyon kicsi elem: hossza 500 mm, magassága 94 mm, vastagsága pedig 20 mm. Profilja ragasztási oldalról a Vignol sín gerincének geometriájával megegyező. Mivel a sín gerincére rögzített, illetve profilja nem terjed ki egészen a sínfejig, így semmilyen körülmények között sem zavarja a pályaépítési és -fenntartási munkákat. Anyagát gumiörlemény, ásványiörlemény, térkitöltő polimer, stabilizátorok és öregecsillapítók alkotják.

A másik kamraelem a SOFIDON-T típus. Ez az elem egyelőre kísérleti elem, nincs beépítve élőpályába. Az első mérések a cikkben ismertetett laboratóriumi munka keretén belül történtek. Profilja, valamint tömege is többszöröse az F típusúnál. Az elemet a lehetséges fejlesztési irány meghatározása érdekében, amely ebben az esetben a csillapítás mértékének növelése, kétféle felhelyezési



2. ábra: Mérési rendszer, csillapítatlan sinszál (referencia)

módszerrel is vizsgáltam. Egyrészt szerelhető változatán, amelynél lemezek segítségével történt a rögzítés, másrészt pedig ragasztott változatán végeztem méréseket. Kísérleti elemként fontos szempont volt megállapítani, hogy melyik felhelyezési módszerrel érhető el eredményesebb csillapítás.

Alkalmazásukat tekintve a nagyvasutak, az elővárosi gyorsvasutak, a földalatti gyorsvasutak és a közúti vasutak nyitott pályaszerkezeteibe is beépíthetők. Egyenes és íves pályaszakaszokon egyaránt felhelyezhetők.

Laboratóriumi vizsgálat

A SOFIDON elemek hatékonyságának megállapításához és összehasonlításához azonos körülményekre, mérési eszközökre, mérési rendszerre és metodikára volt szükség. A vizsgálat a BME Villamosmérnöki és Informatikai Kar Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék Akusztikai és Stúdiótechnikai Laboratóriumában valósult meg. A sínkamra elemek által kifejtett csillapító hatás számszerű meghatározásához a sínekben lejátszódó rezgési folyamatok elemzése szükséges. A vizsgálatokhoz emiatt a kísérleti móduselemzés módszerét alkalmaztam [3]. Feladat a rezgő szerkezet, azaz a sinszál viselkedésének mérés útján történő feltérképezése volt. A vizsgálatot egy korábbi laboratóriumi kísérlet alapján – amelyet 2003-ban a berlini Technische Universität végzett el [4] – terveztük meg konzulensem, Dr. Augusztinovicz Fülöppel. Saját kísérletem részletesebb információt nyújt a komplexebb vizsgálat miatt.



4. ábra: SOFIDON-T szerelt



3. ábra: SOFIDON-F

A vizsgálatokat 120 cm hosszú, 60E1 rendszerű sinszálon végeztem. A sinszál szabványos 60 cm-nek megfelelő távolságban, két fél L4 típusú betonaljhoz volt leerősítve Skl-1 típusú szorítórúgóval kialakított sínleerősítéssel. Ez képezte a mechanikai rendszert (2. ábra). A sinszál előre meghatározott pontját adott erővel gerjesztve mértem a sinszál egy előre meghatározott másik pontjának elmozdulását. Célom ezzel a rendszer jellemzése volt. A sinszál 13x2 pontból álló modellel helyettesítettem, amelyeket egyben gerjesztési pontként is felhasználtam. A mérés során a lényegi számításokat, azaz a sajátfrekvenciák, csillapítási tényezők és módusalakok meghatározását egy mérőszoftver végezte.

A feladat itt az átviteli függvények kimérése volt. Impulzusszerű erőgerjesztést alkalmaztam, amit egy impulzuskalapáccsal állítottam elő. A mechanikai rendszer rezgés válaszát piezo elven működő gyorsulásérzékelőkkel mértem. Korábban elvégzett véges elemes modellezés során nyert információk szerint helyeztem el három rezgésérzékelőt a sinszál alkalmas pontjain, valamint a sinszál geometriai középpontjától 1 méter távolságra egy mikrofont. A sínfejet függőleges és vízszintes irányból, a sínalpat csak vízszintes irányból gerjesztettem, összesen 39 ponton. Minden egyes pontra mérésenként 5-5 kalapácsütést mértem, majd a mérési szoftver az ilyen módon meghatározott átviteli függvényeket átlagolta. A mérés során a mérőműszerek az erőgerjesztés és a gyorsulás válaszjelek időbeli lefutását mérik. Ebből megkapjuk, hogy a sín abban a pontban, ahol érzékelőt helyeztem



5. ábra: SOFIDON-T ragasztott

Módusalak	Módusalak frekvenciája [Hz]	Kamraelem típusa	Csillapítási tényező [%]	Csillapítatlan sín-szál csillapítási tényezője [%]	Csillapítási tényezők különbsége [%]
	~320	SOFIDON – F	0,88	0,78	+0,1
		SOFIDON – T	---		---
		SOFIDON – T (ragasztott)	---		---
	~780	SOFIDON – F	---	1,02	---
		SOFIDON – T	1,48		+0,46
		SOFIDON – T (ragasztott)	3,46		+2,44
	~1315	SOFIDON – F	1,97	0,09	+1,88
		SOFIDON – T	2,00		+1,91
		SOFIDON – T (ragasztott)	2,47		+2,38

1. táblázat: SOFIDON sínkamra elemek rezgéscsillapításban elért eredményeinek összehasonlítása

el, egy másik pontban való gerjesztés hatására milyen kitéréseket végez a frekvencia függvényében egységnyi erőgerjesztés hatására. Minden egyes gerjesztési pontot megütve a három rezgésérzékelő három frekvenciaátviteli függvényt eredményezett, amelyekből meghatározhatók a sín-szál módusalakjai.

A TU Berlin a kísérletet szintén laboratóriumban, azonban nem ún. „süket” mérőhelyiségben végezte el. Vizsgálataimmal ellentétben csak 100 cm hosszú sín-szálakat vizsgáltak, amit két farönkre helyeztek sínleerősítés (vagy bármiféle rögzítés) nélkül. Szintén impulzuskalapáccsal állítottak elő erőgerjesztést, azonban csak a sín-szál geometriai középpontját ütötték meg függőlegesen, illetve vízszintesen. A gerjesztés hatására fellépő, sín-szál által lesugárzott hangot mérték mikrofonnal, rezgésvizsgálatot nem hajtottak végre.

Ugyanolyan laboratóriumi körülmények mellett, ugyanazon leerősített sín-szálra rögzítettem egyesével a SOFIDON kamraelemeket. Az F típusú elem ragasztással került felhelyezésre (3. ábra), a T típusú elemet szerelt (4. ábra) és ragasztott (5. ábra) formában is vizsgáltam. A kapott eredményekből számszerű adatokat nyertem arról, hogy mennyire hatékony a kamraelemekkel ellátott sín-szál a csillapítás nélküli sín-szállal szemben, valamint a két különböző keresztmetszeti geometriájú és rögzítésű csillapítóelemek egymással összehasonlítva. A csillapítatlan sín-szálon végzett mérések eredményei szolgáltak referenciául.

Rezgéscsillapítás eredményei

A gerjesztések és a válaszok ismeretében az alkalmazott Test.Lab programcsomag meghatározza a rendszer sajátfrekvenciáit és módusalakjait. Mérésenként annyi

frekvenciaátviteli függvényt ad eredményül, ahány pontban gerjesztettem a sín-szálakat, függetlenül attól, hogy az csillapítatlan, vagy csillapító kamraelemekkel volt ellátva. A függvényeket egyenként elemezni hosszú és fáradságos munka, azonban a program módulelemző modulja segítséget nyújtott. Módulelemzés során végeredményben sajátfrekvenciák, csillapítási tényezők és módusalakok vizsgálatával állapítottam meg a kamraelemek hatékonyságát. A mérések összehasonlíthatók, ehhez azonban közel azonos módusalakokat kellett kigyűjteni.

A kamraelemek hatékonyságának mértéke csillapítási tényezőkkel jellemezhető. Minél nagyobb egy kamraelemmel ellátott sín-szál csillapítási tényezője, annál hatékonyabb annak rezgéscsillapítása. Vannak természetesen olyan sajátfrekvenciák is, ahol a várt módusalakok nem jönnek létre. Ebben az esetben a csillapítás a tényezők együttes eredménye, itt az adott sajátrezgések nem azonosíthatók. A sajátfrekvenciák értékei azok az eredmények, ahol a sín-szál felveszi a vizsgált módusalakot. A csillapítási tényezők különbségét tekintjük a mérések végeredményének (1. táblázat).

A táblázat eredményeiből látható, hogy a kísérleti T elem egyik rögzítése esetén sem jöttek létre a várt módusalakok 320 Hz frekvencián, így a sajátrezgések nem voltak kivehetők. Az F elem ezen a frekvencián azonban nem bizonyult hatékonynak. Egy magasabb frekvencián, közel 780 Hz-en az F elem alkalmazásával szintén nem azonosíthatók a sajátrezgések. A T típusú kamraelem fordított viselkedése itt is megfigyelhető, hiszen szerelt változatával csak kis csillapítási tényező volt kimérhető, ragasztott módszerrel azonban már kedvezőbbek az eredmények. Megállapítható, hogy míg az F elem alacsony frekvencián egyáltalán nem alkalmas, addig magasabb frekvencián, mint az 1315 Hz-es

Csillapítatlan sín-szál / Kamraelem típusa	Frekvenciatartomány			
	200–400 [Hz]		1200–1400 [Hz]	
	Maximális csúcsok értéke	Zajcsillapítás [dB]	Maximális csúcsok értéke	Zajcsillapítás [dB]
Csillapítatlan	2,9	-	16,9	-
SOFIDON – F	2,4	-1,7	1,3	-22,4
SOFIDON – T	0,5	-14,9	3,8	-12,9
SOFIDON – T (rag.)	0,3	-20,4	1,2	-23,1

2. táblázat: SOFIDON kamraelemek zajcsökkentése a csillapítatlan sín-szállal képest

frekvencián is, ugyanolyan jó csillapítással bíró elem, mint a sokkal nagyobb tömegű T elem. Fontos eredmény továbbá, hogy ezen a frekvencián a T elem szintén ragasztással felhelyezve bizonyult a legjobbnak.

Zajcsillapítás eredményei

A mérési rendszertől 1 méter távolságra elhelyezett mikrofon az impulzus gerjesztés hatására fellépő, sín-szál által lesugárzott hangjának vízszintes irányú komponensét mérte. Ennek oka, hogy a kerék-sín kapcsolatból származó zajok vízszintes komponense terheli igazán a vasúti pálya mellett élőket. Az alkalmazott szoftver segítségével közvetlenül mérhető a mikrofon időtartományfüggvénye, amelyből meghatározhatók a frekvenciaátviteli függvények. Minden egységnyi erővel gerjesztett pont eredményét együttesen ábrázolva kapunk képet arról, hogy milyen tartományban sugárzódik le jelentős hangnyomásszint (6. ábra).

A grafikon függőleges tengelye logaritmikus léptékű, ahonnan eltérő amplitúdójú csúcsokat lehet azonosítani. A csúcsok a módusokat jelzik. A kamraelemekkel ellátott sín-szál csúcsai a csillapítatlan sín-száléval szemben a frekvencia tengelyén eltolódnak, ennek oka a kamraelemek által képviselt többlettömeg, illetve csillapítás. Vagyis közel azonos frekvencián lévő csúcsok (azonos módusú) értékeit a csillapítatlan sín-szál csúcsának értékéhez viszonyítva számolható a hanglesugárzás eredménye. Az egyes elemek decibel mértékegységű eredményének meghatározásához a következő képletet kell alkalmazni:

$$L = 20 \cdot \log \left(\frac{\text{érték}_2}{\text{érték}_1} \right),$$

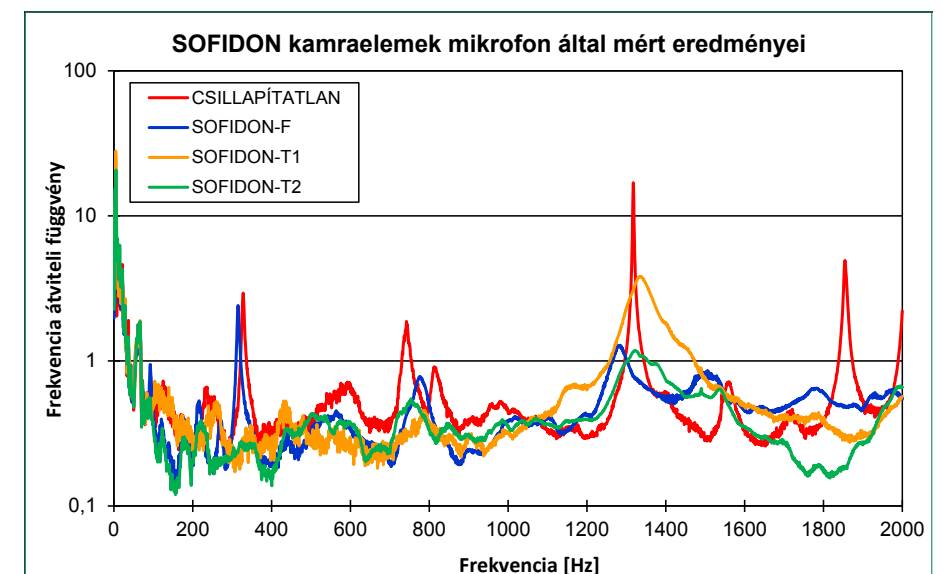
ahol az érték₁ a csillapítatlan sín-szál, mint referencia, az érték₂ pedig a vizsgált sínkamra elem. Ezáltal megkapható a csillapítatlan sín-szállal viszonyított zajcsillapítás. Az eredmények a mért frekvenciaátviteli függvények általam kiválasztott frekvenciatartományában vizsgált csúcsainak értékei, valamint a decibel mértékegységbe átszámolt végeredmények (2. táblázat). A negatív előjel azt je-

lenti, hogy a csillapítatlan sín-szál csúcsának eredményétől mennyivel kaptunk kisebb értéket. Fontos megjegyezni, hogy ezek a csillapítási értékek nem azonosak az élőpályában történő mérésekkel. Ezek az értékek az összeállított rendszeren, laboratóriumban, félszabad hangterű mérőhelyiségben, ún. „süket” szobában elért eredmények.

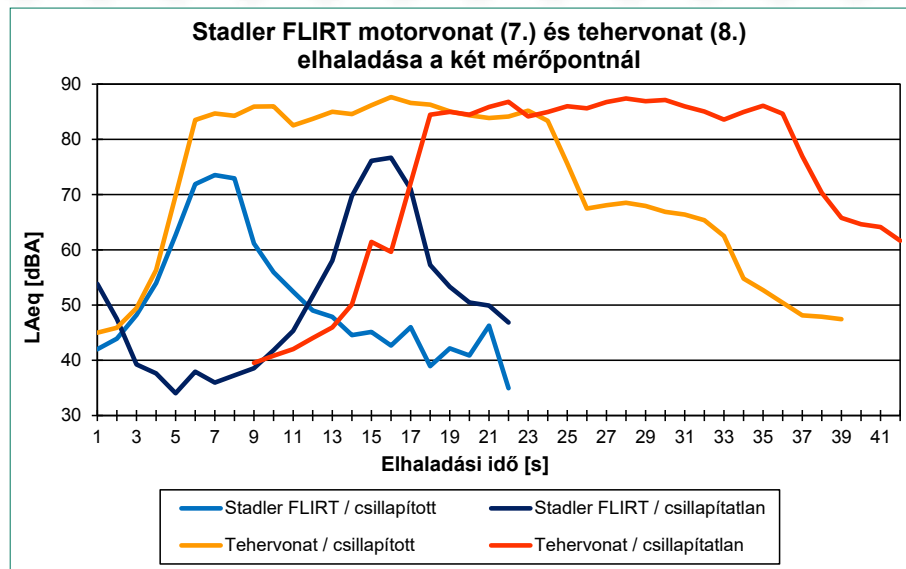
Látható, hogy a zajmérések során is azonos eredmények adódtak, mint a rezgések vizsgálatánál. Ismét szembevetve az F típusú kamraelem eredménye, miszerint alacsony frekvencián egyáltalán nem hatékony, azonban magasabb frekvencián már alkalmas eszköznek bizonyul a zajcsillapításban is. Fontos eredmény itt is, hogy ugyanazon kamraelem ragasztással felhelyezve a sínre szinte dupla akkora csillapítási értéket eredményez, mint szerelt változata. Magasabb frekvencián mért eredmények általában mértékadóbbak, hiszen az emberi fül az 1000-3000 Hz-es hangmagasságokra a legérzékenyebb.

Helyszíni mérés

A SOFIDON-F típusú elemet 12 km-es szakaszon építétek be a MÁV 30 a számú vonalán a Velencei-tó mellett, Kápolnásnyék és Dinnyés között. Tudomásom szerint jelenleg ez a leghosszabb, Magyarországon már üzemben alkalmazott kamraelemekkel csillapított szakasz. A beépítési szakasz végénél, Dinnyés település közelében végeztünk zajméréseket konzulensemmel, illetve



6. ábra: SOFIDON sínkamra elemek mikrofon által mért eredményei



7. ábra: A két mérőpontnál mért hangnyomásszintek motorvonat (7.) és tehervonat (8.) elhaladása során

Pásztor Józseffel. A szakaszhatártól kb. 300-300 méterre állítottunk fel mérőpontokat. Legalább 200 méter távolságra volt szükség ahhoz, hogy tisztán csak az elhaladó vonat zaját lehessen mérni. A két mérőpontnál nagyjából azonos környezeti körülmény volt, így a két mérés összehasonlítható. A felépítmény is azonos a két helyen, a második mérőállomásnál volt beépítve a kamraelem. A méréseket két azonos, Brüel & Kjaer 2250 típusú kézi hangnyomásszint-mérő és frekvenciaelemzővel végeztük. Az 1. pontossági osztályú műszereket Larson Davis

ugrasszerűen nő a hangnyomásszint, a korszerű motorvonatoknál harangalakú görbét kapunk. Minden felvett vonat elhaladásához készítettem ilyen grafikonot, azonban a szám-szerű értékek érdekében eredő hangnyomásszinteket számítottam (3. táblázat). A két mérőpont által mért hangnyomásszintek közötti különbségek adták a SOFIDON-F elem valódi zajcsillapítási eredményeit.

Az eredményeket átlagoltam az elhaladó vonatok típusának megfelelően, illetve szórásértékeket is számítottam. Végezetül az összes felvett vonat különbségértékeit átlagol-

CAL250 típusú kalibrátorral hitelesítettük. A hitelesítési értékeket a számítás során korrekcióba vettük. A vonatok sebességét radaros sebességmérő műszerrel mértük.

Különböző típusú szerelvények elhaladását tudtuk felvenni, és minden másodpercben hangnyomásszinteket mértünk a műszerrel. A mérést és annak értékelését a MSZ EN ISO 3095:2013 szabvány [5] szerint végeztük el. Mérési eredmények közül két vonat – egy modernebb Stadler FLIRT és egy tehervonat – elhaladását mutatom be (7. ábra).

A grafikonon látszik, hogy a különböző típusú szerelvényeknél más-más formájúak lesznek a hangnyomásszint görbéi. Tehervonat elhaladása esetén

Sorszám	Vonat típusa	Sebesség [km/h]	Honnan-Hova	Eredő hangnyomásszintek		
				Csillapítatlan [dBA]	Csillapított (SOFIDON-F) [dBA]	Különbség [dBA]
1.	InterCity	113	Szf. – Bp. (bal vg.)	98,2	96,5	-1,7
2.	Stadler FLIRT motorvonat (csatolt)	100	Bp. – Szfv. (jobb vg.)	76,6	73,8	-2,8
3.	Stadler FLIRT motorvonat (csatolt)	74	Szf. – Bp. (bal vg.)	77,3	74,9	-2,5
4.	InterCity	115	Bp. – Szfv. (jobb vg.)	91,8	89,4	-2,3
5.	Gyorsvonat (MÁV V43 mozdony)	114	Bp. – Szfv. (jobb vg.)	83,6	82,3	-1,2
6.	Stadler FLIRT motorvonat (csatolt)	100	Szf. – Bp. (bal vg.)	82,2	80,4	-1,8
7.	Stadler FLIRT motorvonat (csatolt)	120	Bp. – Szfv. (jobb vg.)	74,4	72,8	-1,5
8.	Tehervonat (22 kocsi + mozdony)	86	Bp. – Szfv. (jobb vg.)	85,3	84,9	-0,5
9.	InterCity	108	Szf. – Bp. (bal vg.)	96,0	94,3	-1,6
10.	Stadler FLIRT motorvonat (csatolt)	95	Szf. – Bp. (bal vg.)	83,8	81,3	-2,5

3. táblázat: SOFIDON-F kamraelem zajcsillapító hatása a felvett vonatok elhaladásánál

Vonat típusa	Hangnyomásszint-különbségek (átlag ± szórás)
	[dBA]
Stadler FLIRT	-2,2 ± 0,5
InterCity	-1,7 ± 0,5
Tehervonat	-0,5 (egy mérési eredmény)
Összes	-1,8 ± 0,7

4. táblázat: SOFIDON-F kamraelem átlagos zajcsillapító hatása vonattípusonként

tam, hogy megkapjam a SOFIDON-F elem zajcsillapítási végeredményét (4. táblázat).

Az eredmények teljesítették a hozzájuk fűzött elvárásokat. Tudható volt, hogy egy tehervonat elhaladása során nem lesz hatékony ez a kamraelem, hiszen ennél a vonat-típusnál a meghatározó zajforrás nem a sínszál rezgése. A csendesebb Stadler motorvonatoknál pedig több mint 2 dB-es zajcsökkentést kaptunk. Figyelembe véve az összes eredményt, átlagosan 1,7 ± 0,7 dB csökkenés érhető el a SOFIDON-F típusú zaj- és rezgéscsillapító kamraelemmel. A kapott eredmények helyes értékeléséhez érdemes megjegyezni, hogy 2 dB különbséget akkor lehet füllel érzékelni, ha az érzékelés közvetlenül egymás után történik. 3 dB már hallható, 5 dB pedig igen jelentős zajcsökkenés lenne.

Összegzés

A laboratóriumi mérések eredményeiből kijelenthető, hogy ugyanazon kamraelem a sín gerincére ragasztással rögzítve nagyobb zaj- és rezgéscsillapítást okoz a szerelhető változatával szemben. Mindkét felhelyezési módszer további kérdéseket vet fel. A ragasztással rögzített kamraelemek hát-ránya, hogy azokat nem lehet le- és felszerelni: fáradságos munka lenne és akár az elemek töréséhez is vezetne. Előny-e, hogy a ragasztóanyag miatt az elem és a síngerinc közé a víz nem tud bejutni, így az ott beszorulva nem okozhat további korróziós problémákat. Ezzel szemben a szorítókkal rögzített elemek szerelhetősége könnyűnek és gyorsnak mondható, azonban ennél a módszernél a víz könnyedén bejuthat. További probléma, hogy a kamraelem és a gerinc között megközelítőleg sincs olyan súrlódás és kölcsönhatás, mint amit a ragasztóanyag nyújt, ezt az eredmények is bizonyították.

A kamraelemek zaj- és rezgéscsillapítását befolyásoló további tényezők az anyagösszetétel és profilkialakítás. Törekedni kell a minél tömörebb szerkezetű elemek gyártására az eredményesebb szigetelés érdekében. Fontos kérdés ezen a ponton az ár-érték arány, ugyanis egy korábbi vizsgálatom [1] azt mutatta ki, hogy az elemek egy bizonyos tömeg elérése után már nem okoznak jelentősebb csillapítást.

A helyszíni mérés számszerű eredményeket biztosított a beépített kamraelem valódi zaj- és rezgéscsillapító hatásáról. Tapasztalataink alapján egy motorvonat elhaladásánál, ahol a gördülési zaj a mértékadó zajforrás, a kamraelemekkel nagyobb csillapítást tudunk elérni. Tehervonat elhaladásakor csak minimálisan vagy egyáltalán nem lehetünk hatással az eredő hangnyomásszintre kamraelem beépítésével. A vasúti pálya eredő zajszintjét hazánkban elsősorban a járművek minősége, műszaki állapota és karbantartási színvonala határozza meg, nem pedig a pályaszerkezet kialakítása. Ennek tudatában egyelőre még nem lehet elvetni a zajvédő falak alkalmazását sem.

Az összes eredményt figyelembe véve megállapítható, hogy a zaj- és rezgéscsillapító kamraelemek – bizonyos körülmények között – alkalmas eszközt képeznek a vasúti zaj, illetve a vasúti pálya rezgésének csökkentésére. A laboratóriumi mérés során nem a valósághoz közeli állapotok megteremtése volt a cél. A feladat itt a vizsgált kamraelemek közül a leghatékonyabb megtalálása, illetve a felhelyezési módszer kérdésének eldöntése volt. A helyszíni mérés eredményeihez fontos megjegyezni, hogy a laboratóriumban mért elemek közül a legkisebbet vizsgáltam üzemi körülmények között. Biztosan állítom, hogy például a SOFIDON-T elemet – ami már a laboratóriumban is jobb eredményeket ért el az F típusúval szemben – beépítve, nagyobb csillapítási értékeket érhetnénk el. Ezt az állításomat a jövőben szeretném alátámasztani erre vonatkozó helyszíni zaj- és rezgésmérésekkel.

Hivatkozások

- Csortos G.: "A vasúti pálya zaj- és rezgéscsillapító kamra-elemeinek elméleti és laboratóriumi vizsgálata", BME Építőmérnöki Kar, Út és Vasútépítési Tanszék, Tudományos Diákköri Konferencia, 2014. Budapest
- Csortos G.: "A vasúti pálya zaj- és rezgéscsillapító kamra-elemeinek vizsgálata, tervezési körülményeinek megállapítása", BME Építőmérnöki Kar, Út és Vasútépítési Tanszék, Diplomamunka, 2015. Budapest
- D. Formenti, R. Allemang, R. Rost, T. Severyn, J. Leuridan: 'Analytical and experimental modal analysis' Katholieke Universiteit Leuven - Proceeding of the 16th international seminar on modal analysis - Basic course on experimental modal analysis Part 1, 9-10 September 1991, Firenze, Italy
- Prof. Dr.-Ing. habil. J. Siegmann: 'Bericht Nr. 186/03 vom November 2003 über die Laborprüfung einer Schienenstegbedämpfung im Auftrag der Firma Vossloh Werdohl GmbH', Technische Universität Berlin – Fachgebiet Schienenfahrwege und Bahnbetrieb, 2003, Berlin, Germany
- MSZ EN ISO 3095:2013 Akusztika. Vasúti alkalmazások. Sínpályához kötött járművek zajkibocsátásának mérése (ISO 3095:2013)

Az aszfalt védőréteg hatékonysága a vasúti pályaszerkezetben, valamint hibáinak katalógusba foglalása

Eller Balázs

építőmérnök
Híd- és alépitményi szakértő
MÁV Zrt.



A HAPA Fialal Mérnökök Fórumán első helyezett előadás

1. Bevezetés

A vasúti pálya felépítménye tartósan megfelelő teherbírású, homogén alátámasztást kíván. Az alépitmény nem megfelelő talajfizikai jellemzői, elégtelen teherbírása esetén védőréteg, vagy erősítő réteg beépítése szükséges. Megerősítés alatt a teherbírás növelése mellett, többek között a réteg- elválasztást, vízelvezetést és egyéb kritériumokat is értünk. Az egyik kiváló megoldás a cikk tárgyát képező aszfalt kiegészítő réteg. Magyarországon 100 km-es nagyságrendben építettek be ilyen védőréteget leginkább az erősen árvízszé- lyes, gyenge talajmechanikai tulajdonságú, magas talaj- víz szintű területeken, azonban költségessége visszafogta a további beépítéseket. Rengeteg (inkább külföldi) pozitív tapasztalat fűződik hozzá, mind az ágyazat alatti, mind a fél merev pályaszerkezetként történt alkalmazásában.

Jelen szakmai folyóirat 2014/1 számában „Aszfalt a vas- úti pályák építésében, EAPA állásfoglalás” címmel került publikálásra egy külföldi tapasztalatokat felvonultató cikk, melynek e publikáció egyfajta hazai folytatásaként szolgál- hat. Sajnos összevetve a fejlett országokban alkalmazott trendeket a hazai tapasztalatokkal arra jutunk, hogy ezen téma Magyarországon még nagyon kiforratlan, és a felzár- kózás teljesen indokolt lenne.

2. Az aszfalt védőréteg szerepe a vasútépítésben

Az eddig nyert tapasztalatok azt mutatják, hogy ez a faj- ta kiegészítő réteg képes teljesen megfelelni a vasúti pálya

kialakítási követelményeknek. A teherviselés és a rétegel- választás egyaránt megoldott. Kis E2 teherbírasi modulusú földmő esetén számottevő teherbírás növelés következik be, ami a vasúti járművekről az alépitményre ható statikus és dinamikus igénybevételek nagyobb területen való elosz- tásának köszönhető. A bitumenes kötőanyagú adalékanyag tökéletesen vízzáró így a földmőkrona és a zúzottkő ágya- zat nem érintkeznek egymással. Így, hogy a finom szemcsék nem tudják szennyezni a zúzottkő réteget, a vízelvezetés nem gátolt a védőréteg alkalmazásának ideje alatt.

Jótekonny jellemzőinek hatására a terhek okozta alakvál- tozás csökken, a vágánygeometria élettartama pedig jelen- tősen nő, mivel az avulási sebesség lassul valamint a fenn- tartási költségek is csökkennek.

Sok esetben az aszfaltozott szakasz kizárólag a kitérők alatt került beépítésre. (1. ábra)

A kitérők ilyen alapozása csak a Pécsi Pályafenntartási Főnökség területén csaknem 30 helyen figyelhető meg, hi- szen itt kapja a pálya a legnagyobb igénybevételt.

Ezen felül az aszfalt réteg képes olyan alátámasztást nyúj- tani és lehetővé teszi az ágyazat nélküli felépítmény létreho-



1. sz. ábra

zását is, ami például igen kiváló alkalmazás az alagutakban való átvezetés vagy épp a nagysebességű vasutak esetében. Az ágyazat hiány bizonyos esetekben csak a keresztalj alsó síkja és az aszfalt réteg felső síkja közötti részt foglalja ma- gába, hiszen a vágány hosszirányú és keresztirányú mozgá- sait meg kell akadályozni. Preventív módon viszont alkal- mazhatnak a keresztaljak között kialakított ékeket is.

2.1. Az aszfalt kiegészítő rétegre vonatkozó előírások

A MÁV Zrt. D.11. Alépitményi utasítás beépítésre vonat- kozó szabályai [1]:

- a beépített vastagság minimum 12 cm legyen.
- az aszfalt réteg a korona éleig kivezetendő, a csatlakozó rézsú erős erózió elleni megerősítésre szorul az aszfalt ré- teg által elvezetett, intenzívebb vízkiáramlásból adódóan.
- tervezés során: aszfaltreteg típusa, kötőanyag tartalom, szabadhézag tartalom, terítési hőmérséklet és Marshall- folyás és –stabilitás meghatározása.
- aszfaltkeverék típusának megválasztásakor a helyi körül- mények figyelembevétele.
- az alépitmény korona és az aszfalterősítő réteg közé kö- tőanyag nélküli szemcsés réteg beépítendő (homokos kavics, zúzottkő, stb.), aminek méretét az alépitmény jel- lemzői alapján kell megtervezni.

2.2. Az aszfalt védőréteg tönkremenetelének lehetőségei

Munkám során az alábbi tönkremeneteli lehetőségeket ál- lapítottam meg:

- Bitumen előregedése,
- Dinamikus terhek,
- Hőmérsékleti tényező,
- Technológiai követelmények be nem tartása,
- Növényzet,
- „Öntömörödés hiánya”.

Ezek közül leginkább az öntömörödés hiányát fejteném ki bővebben, hiszen a többi, szakmai berkekben már-már közhelynek hathat. Az aszfalt, tulajdonságait tekintve ön- gyógyító hatású. Erre egészen extrém példák is vannak, mint a skandináv országok által használt lágy aszfalt, amibe télen a szöges kerekek benyomódhatnak, majd nyáron vagy a melegebb időszakokban ezek a felületi „sérülések helyre jönnek”. Hazai bizonyítéka ennek a jelenségnek, az M1-es autópálya egyik 1975-ben épített leállósávja. 1990-ben a tö- redezettség mértéke nagyobb volt, mint a haladó és előző sávokon ahol biztosra vehető, hogy éppen a nagy forgalom gyógyította nyaranta [2]. Ezen tapasztalat is azt mutatja, hogy a termikus repedések kialakulásához nem szükséges forgalmi terhelés. Bár az ágyazat takarja nagyrészt a védő- réteget, csak abban segíti, hogy ez a folyamat jóval lassabb legyen. A már korábban említett [3] cikkben számolt for- galmi terhelések, és a vasút alatti terheléseket összevetve ki- mutatható, hogy a legrosszabb esetet nézve a közúti jármű 8-szor akkora terhelést nyújt, mint a vasút esetében.

Ez abból a szempontból kedvező, hogy a védőréteg élet- tartama és használhatósági ideje nő viszont a burkolat szer- kezet nem „tömörödik újra”, ami az aszfalt repedezettségét idézi elő. Azt is meg kell említeni, hogy az útpályaszerkezet esetében több együtt dolgozó rétegről beszélünk, míg az ilyesfajta kiegészítő réteg csak 12-15 cm vastag aszfaltre- get jelent.

2.3. Magyarországi pozitív tapasztalatok az aszfalt alkalmazásával

Az aszfaltozott vonalszakaszok közül az egyik legnagyobb környezeti igénybevételnek a 40. számú Pusztaszabolcs- Pécs vasútvonal **Dombóvár-Godisa** vonalszakasza lett ki- téve 2010-ben, amikor olyan mennyiségű csapadék zúdult le az ország e részére is, hogy a Baranya-csatorna nem volt képes a megnövekedett vízhozamot megfelelően elvezetni. Az alépitmény komoly vízhatásnak volt kitéve, a néhol 4-5 méter magas töltést is betérítette a víz. Bár pályaelmosás nem történt, egy ilyen esemény nem marad hibák nélkül. Az 1673+00 és 1678+00 szelvények között a pályát el kel- lett bontani, és az alépitményt meg kellett erősíteni. Aszfalt szempontjából ez megint csak kedvező, hiszen ez a pálya- rész, két aszfalttal megerősített szakasz között helyezkedik el [4]. Ebből is látszik, hogy az a rész lett a legkomolyabb környezeti hatásnak kitéve, de a tárgyalt szakaszok jól helyt álltak.

2017-ben a 30. számú Budapest-Murakeresztúr vas- útvonal dél-balatoni részének átépítésében érintett lett a **Balatonmáriafürdő-Balatonszentgyörgy** szakaszon lévő 1746+00-1753+00 közötti aszfaltozott szakasz. A Balaton partján húzódó szakasz alépitménye tözeges agyag volt, ami- nek köszönhetően folyamatosan voltak a vízszákosodások, ezáltal a pálya folyamatosan süllyedt, viszont az aszfalt be- építésével a hiba megszűnt. Az '17-es átépítés előtti és az elbontás utáni vizsgálatok is azt mutatták, hogy az aszfalt teherbírása továbbra is megfelelő, további aszfalt réteg te- rítése nem szükséges. Az egyedüli javítások a burkolatlan árok felőli oldalon letöredezett aszfalt szélének az adott he- lyeken történő újraaszfaltozása volt. (2. ábra)

Szintén 30.-as számú Budapest-Murakeresztúr fővonal **Kápolnásnyék-Dinnyés** szakasza közvetlenül a Velencei-tó mellett halad el, valamint egy lapon említeném a pár km-el előrébb lévő baracskai töltésen beépített szakasszal. A '82- es átépítés előtt a pálya erőteljesen vízszákos volt a magas talajvízszint miatt. A talajmechanikai vizsgálatok kimutat- ták, hogy a kifejezetten nagy nedvességtartalmú, gyenge teherbírású talaj cseréjét több méter mélyen kellett volna megtenni. Ennek eredménye lett, hogy aszfalt védőréteg kerüljön beépítésre. Több helyen zúzottkő ágyazat és HK rétegek lettek összekeverve, hogy megfelelő alapot nyújtsa-



2. sz. ábra

nak. Ettől függetlenül is, egyes részeken 0,4 m vastag aszfalt került beépítésre. A szakasz előtt található baracskai töltés szintén hasonló megoldás került beépítésre. 2004-ben a Tárnok-Székesfehérvár szakasz átépítésével megvizsgálták a jelenlegi rétegeket, amik meglepően jó eredményeket mutattak. Egyes helyen akár a 400 MPa teherbírási modulus is mérték, emellett a kritikus szakaszokon is 100 MPa feletti értékek kerültek mérésre. Ennek eredménye, hogy a védőréteghez nem kellett hozzányúlni, hiszen 160 km/h sebességre elegendő alátámasztás végig biztosítva volt. Hasonló sorsra jutott ugyanezen vonal **Tárnok-Martonvásár** szakasza is, ahol ugyanúgy az aszfalt meghagyása mellett döntöttek.

Az 1. számú Budapest-Hegyeshalom vasútvonal **Kelenföld-Tatabánya** vonalszakaszán a 446+00 és 532+00 szelvények közötti összesen kb. 1,2 km hosszú szakaszon alkalmaztak ilyen megoldást. A beépítés 1978-ban történt meg. Az 526+00-532+00-ig tartó szakaszon ágyazatcserét végeztek 2013-ban, mert az igen sáros volt. Ettől függetlenül az aszfaltreteget a feltárások során meglepően jó állapotban találták, így beavatkozás nem volt indokolt. Ennek igazolására számos, laboratóriumban kiértékelt mintát vettek. A pályarész szakaszmérnöke segítségével hozzájuthattam az ágyazatcserekor készült fotókhoz, ami elegendő igazolást nyújtott a védőréteg hatékonyságáról.

3. Vonalbejáráskor szerzett tapasztalatok

3.1. A bejárt szakaszok általános bemutatása

Az általam bejárt vonalszakaszok általános adatai 1. táblázatban láthatók

Vonal	Kelenföld-Pécs	Kelenföld-Pécs	Budapest-Murakeresztúr	Budapest-Murakeresztúr	Budapest-Murakeresztúr	Budapest-Hegyeshalom	Zalaegerszeg-Rédics
Szakasz	Vásárosdombó-Godisa	Abaliget állomás	Zalakomár-Zalaszentjakab	Dinnyés-Kápolnásnyék	Balatonmária-Balatonberény	Kimle-Mosonmagyaróvár	Iklódbördőce-Lentiszombathely
Vonal típusa	Fővonal	Fővonal	Fővonal	Fővonal	Fővonal	Fővonal	Mellékvonal
Szelvényköz (aszfaltozott szakasz)	1666+00-1671+50, 1678+00-1686+00, 1696+00-1700+00, 1733+00-1737+00	1867+00-1867+95	2033+25-2036+50	471+50-497+10, 509+77-568+02	1746+00-1753+00	1713+50-1726+50	800+00-806+50
Engedélyezett sebesség	110 km/h	100 km/h	100 km/h	120 km/h	100 km/h	160 km/h	60 km/h
Tengelyterhelés	210 kN	210 kN	210 kN	210 kN	210 kN	225 kN	210 kN
Ágyazat vastagság	≥30 cm	≥30 cm	31 cm	31 cm	31 cm	35 cm	≤30 cm
Sín illesztések	AT	AT	AT	AT	AT	AT	AT/heveder
Beépítés dátuma	1986 (29 éve)	1995 (20 éve)	1988 (27 éve)	1982 (33 éve)	1995 (20 éve)	1995 (20 éve)	1977 (38 éve)
Aszfalt vastagság	10-12 cm	15 cm	12 cm (AB 20)	12-20 (40) cm	2x6 cm (AB20 és K20)	12 cm	12 cm
Aszfalt alatti alap	10-15 cm HK	homokos kavics és zúzottkő	45 cm mészkő	régi zúzottkő és 20 cm HK	10 cm régi zúzottkő	2x10 cm szemcs. réteg	15 cm régi zúzottkő
Talaj	kövré agyag	nem ismert	nem ismert	iszapos, agyagos	tőzeges, süllyedő	nem ismert	iszapos
Talajvízszint	1,0 méternél nem magasabb	nem ismert	nem ismert	rendkívül magas	nem ismert	magas	nem jelent problémát
Vízvezetés megfelelő	igen	igen	nagy részben	igen	többnyire	többnyire	nem
VTKI keresztiszelvény	nem	nem	igen	helyenként	nem	nem	nem

1. sz. táblázat

3.2. Tapasztalt hibák katalógusba foglalása

A vonalbejárásokon a következő katalogizálendő hibákat véltem felfedezni:

- Keresztirányú repedések (3. ábra):** Az ilyen vágánytengelyre merőleges keresztirányú repedések a megfelelő tömörség hiánya illetve az aszfalt alatti kiüregelődés okozta behajlások lehetnek. Dinamikus terhelésre tovább romolhat, táblás töredezettséget létrehozva ezzel. Ez az egyedüli hiba, mely az elmozdulásoknak köszönhetően, a pályageometriai romlást befolyásolhatja. A 3.3. pontban a hibával tovább foglalkozom.
- Hosszirányú repedések:** Mivel az alépítménybe jutó felszíni vizek útja középen zárt, így a vízfelvétel csak oldalról történik meg. A magas vízfelvétel képessége miatt a töltés két szélé a folyamatos térfogatváltozás miatt mozog. Az így szintén mozgó aszfalt pedig hosszirányban feltöredezik. Ezen hibának miertjéért útépítési tapasztalatok is bizonyítják, ahol a probléma nagyon hasonló [5].
- Oldalsó letöredezettség:** A nem megfelelő oldaltöltést a csapadék kimosta, így az aszfalt alatti alap szintén kimosódik, ezzel megszűnik az ideális alátámasztás. Ezen folyamat következménye az aszfalt letöredezettsége. Az így csökkenő szélesség hatására az ágyazat lefolyik így növelve az ágyazathiány lehetőségét, és csökkenti a tehereloszlási területet.
- Burkolt árok elemeinek elmozdulása:** Amennyiben az aszfalt védőréteg nincs rendszeren ráterítve a burkoló elemek szélére, úgy a víz befolyik mögé. A fagyok hatására a duzzadó talaj kinyomja az elemeket. Az így még jobban beszívargó vizek hatására növényzet fejlődhet, melynek gyökerei tovább nyomják az elemeket.
- Hullámosodás:** Elsősorban az egyenetlen kialakítás, másodsorban pedig az alépítménybe bejutó víz lehet az oka. Utóbbi a csökkenő és növekvő térfogat, valamint a fa-



4. sz. ábra

gyáskárok hatását vonja maga után. Hullámos réteg esetén pedig a víz nem megfelelően kerül elvezetésre.

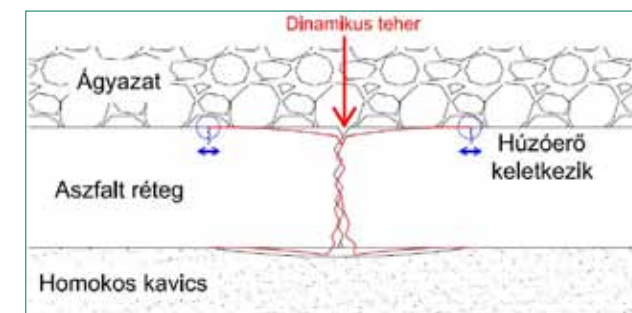
- Növényzet:** A vizes alépítmény megfelelő táptalaj a növényeknek. Leginkább nádas és a buzogány jelent veszélyt.
- Sárosodás:** Bár nem konkrétan az aszfalt hibájáról van szó, mindenképp meg kell említeni, hogy a sárosodás jelensége tökéletes rétegválasztás esetén is ki tud alakulni. A felülről érkező szennyeződés és aprózódás okozta por hatására eltömődhet az ágyazat a bent maradó sárból pedig akár mezei zsurló is nőhet.

A szennyezett ágyazat megfelelő táptalaj a gaz számára is. A 4. ábrán a már csaknem 30 év nem rostált aszfalt védőréteggel, és anélkül megépített szakasz látható.

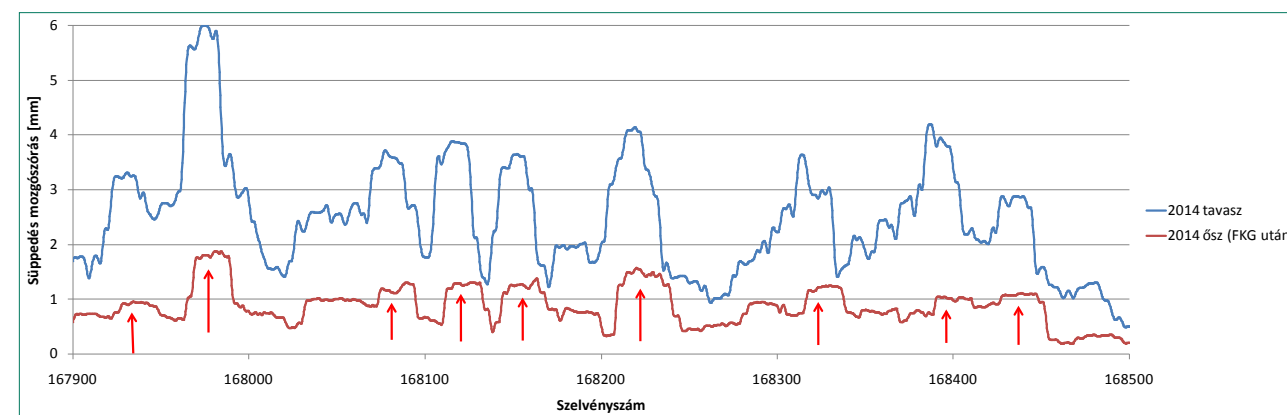
Az aszfaltozott részen szemmel láthatóan jobb az ágyazat tisztasága.

3.3. A keresztirányú repedések negatív hatása és ennek javítása

Mint korábban is írtam, a legkomolyabb problémát a keresztirányú repedések jelenléte okozhatja, mivel az ilyen hibák megszüntetik a kiegészítő réteg homogenitását, ezzel befolyásolva a vasúti pálya megfelelő geometriáját. Ameny-



5.sz.ábra



6. sz. ábra

Megfigyelhető, hogy az egyes hibás szakaszok a Felépítmény Karbantartó Géplánc általi javítása után, az avulás sokkal gyorsabb a javítás előtt is kimagasló eredményeket hozó szakaszon, hiszen a géplánc áthaladását követően egy jóval egyenletesebb vonalat kellene kapnunk. Az alépítmény inhomogenitását jelző helyeket egy piros nyíllal is jelöltem. Ennek eredményeként erősen feltételezhető, hogy ezeken a rövidebb szakaszokon az alépítmény védőréteg vagy maga az alépítmény lehet hibás a problémaért. Teljes bizonyosságot azonban csak feltárásokkal lehetne szerezni.

Feltételezve, hogy a cél a felújítás, és a kiegészítő réteget nem bontjuk el, csak a javítását szeretnénk elvégezni, számos technológiai kérdést kell megvitatni. Először is, hogy a felújítás járna-e pályaszintemeléssel, mert ha nem akkor a mintakeresztszelvény szabvány szerinti max. 5 cm-t emelkedhet a kiegészítő réteg, vagyis ennyit vehetünk el a hasznos ágyazatvastagságból. Mivel a javításra mindenképp alapréteg lenne a legmegfelelőbb ezért minél nagyobb szemcséjű aszfaltot kell választani. Így esett a választás az AC 22 alaprétegre, mely minimális beépítési vastagsága 70 mm. Az előbb említett max. 5 cm miatt, így 2 cm marás szükséges. A szerkezet együttműködésének biztosítására ajánlott aszfaltrács elhelyezése is, növelve a hatékonyságot. Végül az alábbi technológiai sorrendet határoztam meg az aszfaltréteg javítására:

1. A felépítmény elbontása (majd az aszfalt állapotának vizsgálata teherbírásra)
2. Min. 2 cm lemarás a rétegből
3. A szabványnak megfelelő hézagok kialakítása a repedéseknél
4. A hézagok kitöltése
5. Bitumenes kellősisítés (tapadóhíd képzése)
6. Aszfaltrács elhelyezése
7. 70 mm AC 22 alap (GmB) beépítése
8. Felépítmény visszaépítés

Amennyiben viszont a pályaszint emelés lehetséges, úgy a marás a jelenlegi rétegből nem szükséges, így meghagyva 20 mm aszfaltot, tovább növelve annak gazdasági élettartamát.

4. Hova tovább?

4.1. A tartósság kérdése

Egy, a környezetünk adta újabb felfogást igényel a változó klíma okozta rövid, nagy mennyiségű csapadék. Ezen tényező kiemelt fontosságú lesz a közeli jövőben, hiszen a na-



7. sz. ábra

gyobb intenzitású csapadék jobban károsítja az alépítmény földmű állapotát is. Az aszfalt védőréteg tökéletes vízelvezetést nyújt, így rendkívül hatékony, tartós megoldást adhat.

Kiváló vízelvezetés mellett, napjainkban egyre jobban előtérbe kerül a fenntarthatóság kérdése. A különféle új technológiák növekvő élettartamot eredményeznek, fenntartása is egyszerűsödik. Ennek köszönhetően, az élet-ciklus költséget figyelembe véve nő a technológia gazdaságossága is. Elmondható tehát, hogy az alépítmény kialakítása döntő fontosságú, hiszen a tartós élettartamnak szükséges követelménye a megfelelő alátámasztás.

Ausztriában az Osztrák Államvasutak (ÖBB) már 1963-ban beépítette első ilyen szakaszát, azóta az első feltárásig karbantartást nem igényelt. A '90-es években teljes felépítménycsere történt, majd a vizsgálatok azt mutatták, hogy javítása nem szükséges. Ezen szakasz a jelen állapotában a 7. ábrán látható.

Ebből a példából a pálya élettartamának költségét számolták, ami kifejezetten gazdaságos eredményt mutatott. Peter Veit élet-ciklus költséggel foglalkozó szakember számításai szerint, az aszfalt védőréteget alkalmazó szakaszokon az FKG szükségszerűsége is kitolódott közel 67%-al. Az élet-ciklus költség és az üzemidő kapcsolatából kifolyólag kiderült, hogy az üzemidő csaknem 17%-al megnőtt [6].

A tapasztaltak tükrében tehát az egyik legtartósabb, leg hosszabb élettartamú, ezáltal leg gazdaságosabb megoldást az aszfalt kiegészítő réteg tudja nyújtani.

4.2. Javaslatok a tapasztalatok tükrében

A szakmai folyóiratokból szerzett nemzetközi tapasztalatok felhasználásával olyan referenciaszakaszok létrehozását javaslom, amik az élettartamköltségek csökkentésének köszönhetően a leg gazdaságosabb megoldás kialakításának lehetőségét segítik elő.

Az általam javasolt referenciaszakaszok rétegrendjei a következők:

- felépítmény, 70 mm aszfalt védőréteg (AC 22 alap), min. 150 mm régi jól tömörített zúzottkő, földmű;
- felépítmény, 50 mm aszfalt védőréteg (AC 16 alap), 150-600 mm új jól osztályozott zúzottkő (a vastagság a talaj E_2 modulusától függ), földmű.

A felsorolást látván, felmerül a kérdés, hogy csak a réteg elválasztást szeretnénk biztosítani vagy a teherbírás jelentős növelése is a cél? Ezért is lenne szükséges további gyakorlati vizsgálatokkal kideríteni, hogy a legkisebb vastagságú aszfalt védőréteg amellett, hogy hatékony, milyen teherbírás növelést jelentene.

A megadott aszfalt vastagságok a típushoz tartozó minimum értékek. A viselkedésük folyamán kiderülne, hogy lehetséges-e ilyen vékony réteg alkalmazása jól osztályozott valamint használt zúzottkő alappal alátámasztva. Amennyiben igen, úgy a korábbinál költség hatékonyabb technológiát ismerhetnénk meg, ezzel is vonzóbbá téve az alkalmazását.

Amennyiben nem kísérleti alapon történő megerősítés a cél, javaslom a korábbi zúzottkő ágyazat felhasználását az aszfaltot megtámasztó alapként. Az így létrejövő alépítmény tükröz egy erős megtámasztást nyújt, amire bizonyítékként szolgál a Dinnyés-Kápolnásnyék közötti szakasz. Az ilyen megoldás szintén a fenntarthatóságot szolgálja. **A korábban bemutatott hibajelenségek alapján a következő további kiemelten fontos pontokat határoztam meg:**

- megfelelő alap kialakítása az aszfaltnak, (lehetőség szerint) korábbi zúzottkő felhasználásával;
- az oldalsó rézsű kialakítása, ami megfelelő oldalsó megtámasztást és vízelvezetést nyújt a védőrétegnek;
- a védőréteg egyenletes kialakítása hullámosság nélkül, kiváló tömörség elérése;
- útátjáró, valamint nem ágyazat átvezetési híd előtt és után vastagabb réteg alkalmazása az átmeneti szakaszok miatt.

5. Összegzés

Összefoglalva tehát, a korábban leírt nemzetközileg fejlesztett aszfaltot alkalmazó technológiák fejlődése alátámasztható a magyarországi pozitív tapasztalatokkal is. Bár a hibák előfordulása számottevő, de a pályageometriára ezek többsége nincsenek hatással. Vannak azonban olyan gócpontok melyek az eddigi előírások mellett ki kell emelni, az új pályaszerkezet létesítése vagy a régi fenntartása esetén. Élet-ciklus költségének hála, gazdaságossága imponáló a többi technológiához képest is, így referenciaszakaszok alkalmazását javaslom, a további új rétegrendek kialakításának érdekében.

Irodalomjegyzék

- [1] **D.11. Utasítás** – Vasúti alépítmény tervezése, építése, karbantartása és felújítása (2014): Magyar Államvasutak Zrt., Budapest
- [2] **Nemesdy E., Ambrus K., Pallós I., Török K.** (2000): *Az aszfaltburkolatok igénybevételei és tönkremenési módjai.* in: *Az aszfaltkeverékek mechanikai, és fizikai tulajdonságainak laboratóriumi vizsgálatai*, BME Út és Vasút-építési tanszék, Útépítési laboratórium, pp. 2-6
- [3] **European Asphalt Pavement Association** (2014): *Aszfalt a vasúti pályák építésében, EAPA állásfoglalás*, Az Aszfalt, XIX. évf. 2014/1 sz. pp. 55-63
- [4] **MÁV dokumentum** (1983): *Részletes talajmechanikai vizsgálat a Dombóvár-Godisa vonalon.*
- [5] **Karoliny M.** (2014): *Megerősített pályaszerkezetek korai hibái*, Az Aszfalt, XIX. évf. 2014/1 sz. pp. 30-36
- [6] **Rose J., Teixeira P., Veit P.** (2011): *International design practices, applications, and performances of asphalt/bituminous railway trackbeds*, GeoRail 2011 International [http://www.engr.uky.edu]
- [7] **Ambrus K.** (2013): *Aszfaltkeverékek tervezése, tervezési előírásai*, Közlekedési létesítmények pályaszerkezetei, 7. előadás, BME – Építőmérnöki Kar



Európa leghosszabb közúti-vasúti hídjának részlete (Öresund Híd) Dánia és Svédország között. A híd hossza 7850 méter + 4050 méter alagút.

Közlekedési pályák kiselemes burkolatainak alkalmazási lehetőségei, fejlesztési irányai

Horváth Ádám András



Okl. közlekedés és környezetépítő mérnök BSc; infrastruktúra-építőmérnök MSC hallgató, BME

- kapillaritás
 - talajvíz helyzete
 - talajok vízáteresztőképesége
- Ezen paraméterek alapján a talaj
- optimális $k < 10^{-5}$ m/s
 - közepes $k = 10^{-5}$ m/s – 10^{-6} m/s
 - minimális (elfogadható), vagy $k = 10^{-7}$ m/s – 10^{-8} m/s
 - elégtelen $k = 10^{-9}$ m/s – 10^{-10} m/s
- vízáteresztőképeségű lehet.

A vízáteresztő képességet összhangban az útépítéssel a Darcy-törvény alapján értékeltjük:

$$v = k_f * i = k_f * \frac{\Delta h}{\Delta l}$$

ahol

v: szűrési sebesség

k_f : vízáteresztőképesége / permeabilitási együttható

i: hidraulikus gradiens

Δh : magasságkülönbség

Δl : hosszkülönbség

Egy felület vízfelvevő képessége az infiltrációs beszívási együttható k_i jellemzővel írható le:

$$k_i = k_f * \frac{Q \left[\frac{l}{s} \right]}{A [ha]} \quad \left[\frac{l}{s \cdot ha} = 10^{-7} \frac{m}{s} \right]$$

ahol:

– Q: felvett vízmennyiség

– A: felület

Nagyobb terhelés esetén a vízelvezetés zárt rendszerben történik a befogadóig. A csapadékvíz a vízzáró rétegrend és hézagkitöltés következtében nem kerülhet a talajba.

Terjeszkedési hézagok kiképzése a teljes rétegrend vastagságában speciális anyagokkal történik.



1. kép: Vízáteresztő burkolat: a csapadékvíz nagyobb mértékű áteresztése a térkőburkolat szerkezeti gyengítésén keresztül

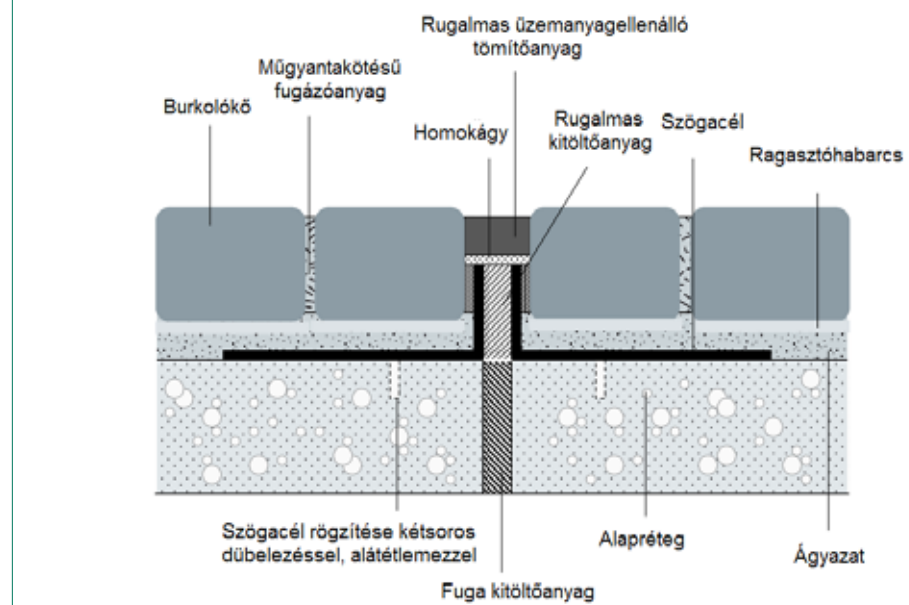
A terhelésből következően tervezhető vízáteresztő vagy vízzáró pályaszerkezet. Amíg 7,5 tonna alatti terhelés esetén vízáteresztő pályaszerkezetek tervezhetőek, addig nagy terhelés (buszmegállók, repülőtéri gurulóutak, konténerbázisok, katonai parkolók) esetében kizárólag vízzáró burkolat létesítése szükséges. Mindkét esetben a pályaszerkezet víztelenítése alapvető feladat.

A vízáteresztőképeséget nem csupán a talajadottságok, kövek közötti hézagkitöltés, hanem az építőanyagok (térfőelem) tömörsége/porozitása is meghatározza.

A talaj infiltrációja vagy elszívargási képessége több talajmechanikai tulajdonságtól függ:

- szemcseméreteloszlás
- humusztartalom az altalajban
- talaj pH értéke
- termő- és altalaj vastagsága
- természetes pórusrendszer

Bewegungsflächen für schwere Belastung bei vorhandener Dehnung in Traaschicht

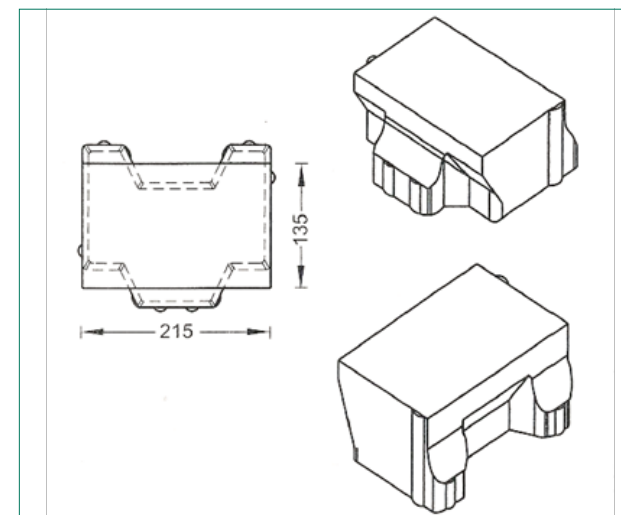
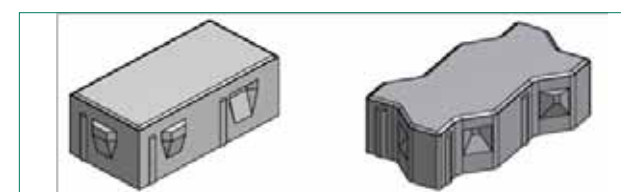


2. kép: Dilatációs hézagok nehéz terhelésű utak esetén

A nagyobb terhelés esetén komoly szerepet jelentenek a kiselemes burkolókövek szerkezeti kialakítása is. A vízszintes egymásba illeszkedés, kapaszkodás mellett függőleges irányban fogazott kialakításnak köszönhetően a vízszintes és a függőleges elmozdulások a burkolatban megakadályozhatók és tartós, szilárd, stabil burkolatok alakíthatóak ki.

Ezen burkolókövek több repülőterén (London, Bangladesh) kifutópályaként kerültek felhasználásra, és funkciójukat kifogástalanul betöltik.

Korszerű beton térfőburkolatok élettartama a megfelelő funkcióra és rendeltetésre tervezéstől, a burkolóanyagok



3–4. kép: számára nagyobb igénybevétel felvételére még nagyobb összekapaszkodás és egymásba való beépíttetés

minőségétől, a talaj megfelelő tömörítésétől, az építési előírások szigorú betartásától, a szakképzett munkaerő alkalmazásától, valamint az időszakos megfelelő fenntartás elvégzésétől függ.

A különféle építési módok keverése vagy nem megfelelő anyagok használata sok esetben komoly problémákhoz és hibákhoz vezetnek. Drága javítások a következményei. A tartós jó minőségű burkolati felületek előállításához nehezebb, mint amilyenek felületesen gondolnánk. A tervezési alapelveket, a funkcióra tervezés legfőbb szempontjait, a megfelelő kivitelezési szabványokat be kell tartani.

A sok hibás tervezés, építés, a sok káreset új szabványok és iránymutatások kidolgozását vetíti előre. Ma már számos műszaki előírás létezik hivatalos oldalról, szervezetek és cégek részéről, amelyekben olykor egymásnak ellentmondó szabályok szerepelnek.

A rendszer kiigazítására vonatkozó szabályozási folyamat, amely alig kezelhető méretre nőtt, ennek végső rendszerezése még nem történt meg.

A pályaszerkezetek helyes kialakítására vonatkozóan a jövőben bizonyosan szabványosításra lesz szükség, hogy a kiselemes burkolatok megfelelő rétegrenddel, minőségben épülhessenek meg.



5. kép: Nyomvályúsodott, nem víztelenített, nem megfelelő rétegrenddel készült autóbussmegálló – felülről vízáteresztő, alulról vízzáró pályaszerkezet

A Közúti Adatgyűjtő REndSZer (KARESZ) alkalmazásának lehetőségei a Főváros útüzemeltetésében

(2016. évi Bsc. szakdolgozat – Győr, Széchenyi István Egyetem – alapján)

Kelemen Erzsébet



Budapest Közút Zrt.
vezető útüllő

Bevezetés

A Budapest Közút Zrt. a 432/2012 (XII. 29.) kormányrendeletben meghatározott útvonalakat kezeli és üzemelteti fővárosban.

A nyilvántartási rendszer jelentős számú modulból áll, ami kiterjed a közútkezelés, üzemeltetés és kivitelezés minden részfeladatára. Jelen cikk az útüllő modul fejlesztési lehetőségeit hivatott bemutatni a KARESZ felmérésből származtatható KAPU (közúti adatok publikációja) rendszer adatbázisára támaszkodva. Meg kell említeni, hogy a fejlesztés után a többi modul is hasonló elven működne, hiszen csak így valósítható meg az egységes szemléletű és műszaki alapokon nyugvó hiteles nyilvántartási rendszer.

Útüllő

Mi is az útüllő?

Röviden: minden hibát, hiányosságot, oda nem illő, vagy szükségtelen objektumot észlelő, azt nyilvántartásba vevő, majd az illetékes kivitelezők /társüzemeltetők felé jelző to-

vábbító tevékenység. A pontos címmeghatározás jelenti – a szakmai megfelelésen túl – a minél rövidebb kivitelezési/ elhárítási határidő kulcsát.

Fontos megjegyezni, hogy az útüllő az adatgyűjtés egyik legfontosabb láncszeme. Az emberi szem „tudását” egyelőre nem lehet pótolni semmilyen mesterséges szerkezettel, legyen az bármilyen modern és pontos is.

KARESZ-KAPU

Mit is jelent ez a két betűszó?

Közúti Adatgyűjtő REndSZer – alapeszköze egy lézerekkel, ami pontfelhővé varázsolta a várost, és hozzá tartozik egy szoftver, melynek segítségével a hozzáértők „földi halandók” számára is láthatóvá/használatóvá tették ezeket az adatokat.

Közúti Adatok PUBLIKÁCIÓJA – az előbb ismertetett felmérésen alapuló adatbázis, az alapadatokon túl, már többféle lekérdezés eredményével ellátott térképi megjelenés.

Történeti áttekintés

Útüllő során az észlelt hibákat írásban rögzítjük. A nyilvántartás az elmúlt évek során jelentős fejlődésen ment keresztül.

A fejlesztési elképzelés

A két rendszer összekapcsolásával elérhetővé válna a hibák egyszerűbb és remélhetőleg gyorsabb, pontosabb rögzítése. Mint az ismeretes városi környezetben – az országos közutak szelvény szerinti meghatározásával ellentétben – egy címet több féleképpen lehet helyesen megadni, pl.: ha kereszteződéssel, a kereszteződésben lévő házszámmal, a vele szemben lévő házszámmal, és speciális esetekben egy



XI. Bocskai út 33. címváltozatok (forrás: google maps)

beazonosítható címtől mért távolsággal, két utca közötti szakaszhatárral, hosszú házszám esetén az ingatlan valamely jellemzőjével (kapu, felirat), közvilágítási lámpaoszlop számával, esetleg jellemző létesítményhez kötve adjuk meg.

A GPS koordináták és a természetbeni cím összehangolása az egyik legnagyobb feladat, a másik a GPS pontossága. A jelenlegi eszközökkel elérhető pontosság – 30–50 m – nem elégséges városi környezetben. A szükséges pontosság 1 méter, hiszen városi környezetben 30–50 méteren nagyon sok hibaforrás lehet.

Példaként vegyük a XI. kerület Hamzsabégyi út 44. szám, illetve a tőle egy háztömbnyire lévő helyszínt. Tételezzük fel, hogy egy úthibát kell megrendelnünk. Az ábrán piros csillaggal jelölt cím helyesen: XI., Hamzsabégyi út 44-gyel szemben, ->> Bartók Béla út. Sajnos a navigációk hajlamosak Bartók Béla útként vagy Vincellér utcaként meghatározni, holott ez nem helyes. A kék csillaggal jelzett helyszín is a Hamzsabégyi úton van, de ott nem olvasható le házszám, mivel a házak (piros körrel jelölve) a Bartók Béla útra, illetve a Vincellér utcára számozódnak. Itt kizárólag a Hamzsabégyi út (Bartók Béla út–Vincellér utca), ->> Karolina út címmegadás a helyes. Ráadásul, ha jól megnézzük a google maps ide vonatkozó képét, akkor ott még az utca neve sem megfelelő.

Sajnos az ilyen pontatlanságok nagyban hátráltatják a fejlesztés megfelelőségét.

Ennek az alapfeladatnak a még pontosabbá tételére tesz javaslatot, mely nem nélkülöz jókora optimizmust sem, a rendszer létrehozásával kapcsolatban. Számos buktató és megoldandó probléma leküzdése után lehet csak biztonságosan használható az alkalmazás. A kívánt célt akkor érjük el, ha a módszer/eljárás nem csak pontosabb, de könnyebben kezelhető is lesz a mai gyakorlathoz képest. Ez a gyakorlatban tökéletesen működik, de statisztikai műveleteket nem, vagy csak nagyon körülményesen lehet a rendelkezésre álló adatokkal végezni. A napi gyakorlatban a természetbeni cím megadása elengedhetetlen, de a későbbi elemzésekhez kiválóan lehetne a GPS koordináták adatait alkalmazni, feltéve, ha az

kellőképpen pontos. Hibátérképünk így lesz a nyilvántartás egy újabb lépcsője, ami eddig nem létező távlatokat nyithat az útüzemeltetés gyakorlatában.

A mobil eszközök kiválasztása nagy körültekintést igénylő feladat, hiszen kellőképpen nagyra kell lennie a képernyőnek, ahhoz, hogy kezelhető legyen a térkép, de eléggé kicsinek is, hogy könnyen kézbe fogható legyen. A gondos körültekintő választás annál is inkább fontos, mivel a munkát végző embernek egész nap kell dolgoznia vele az vezető melletti ülésen ülve, – mert a sofőr ezt nem tudja me-

net közben használni, hiszen a jogszabályok tiltják vezetés közben egyéb tevékenység végzését, ami eltereli a figyelmét a forgalomról – ami lássuk be, nem egyszerű feladat a fővárosi viszonylatban mozgó gépjárműben.

A frissítés, és/vagy a statikus adatok betöltésének sebességét a gépjármű haladási sebességének megfelelően kell megválasztani, hiszen a frissen észlelt adatok továbbítási módjától függetlenül – valós idejű, vagy a nap végén történő felöltés – az alaptérképnek és az objektum adatoknak mindig elérhetőnek és a helyszínnel szinkronban lévőnek kell lenniük.

A szoftver kezelhetőségének kulcsát a lehető legegyszerűbb kialakításában látom. A modul minden lehetséges adatot a nyilvántartásból veszi, így csak a hiba típusát vagy méretét kell megadni, annak csoportjától függően a cím helyességének ellenőrzése után.

Fontos megjegyezni, hogy a végső ellenőrzést az észlelő mindig az irodai számítógépén teszi meg a bejárás végén, akár új észlelésről, akár készre jelentett hiba lezárásáról van szó.

A fentiekből az is nyilvánvaló, hogy az útüllő jelenlegi elveket figyelembe vevő területi felosztása nem feltétlenül lesz alkalmas az új feladat ellátásához. Gondos kísérletezéssel lehet majd megtalálni a megfelelő bejárású útvonalhosszt és meghatározni a szükséges létszámot a jogszabályi előírásoknak megfelelő ellenőrzési gyakoriság és a szakmaiság figyelembe vétele mellett, valamint ergonómiailag is a legmegfelelőbb feltételeket kell megteremteni az új technológia alkalmazásához.



XI. Hamzsabégyi út 44. térképrészlet (forrás: utcakereso.hu)



XI. Hamzsabégi út 44. térképrészlet épületekkel (forrás: google maps)

Összefoglalás

Véleményem szerint a 21. század követelményeinek és technikai fejlettségének megfelelő térinformatikai alapon nyugvó nyilvántartási rendszer kifejlesztése elengedhetetlen.

Nem lehet elégszer hangsúlyozni, hogy az úttellenőrzés az útüzemeltetési – fenntartási feladatok ellátásának első állomása, hiszen a hibák/hiányosságok észlelése, és megfelelő rögzítése, majd azok illetékesekhez továbbítása nélkül nem állnának rendelkezésre naprakész információk az úthálózat aktuális állapotáról. Az észlelések nélkülözhetetlen alapot nyújtanak a közútkezelők/üzemeltetők és társüzemeltetők további munkájához. Természetesen vannak az úttellenőr által közvetlenül megrendelendő hibák, viszont jelentős hányadban találkozunk olyan jelenségekkel, melyek ma-

gasabb szintű döntéseket igényelnek. Tudjuk, hogy egy komolyabb probléma megoldása összetett feladat, sokszor több közreműködő együttes munkáját igényli, de a korrekt észlelés nélkülözhetetlen a folyamat elindításában.

A komplex rendszer teljes körű bevezetése után, de már az első modul bevezetésével is jelentős mennyiségű adat állna rendelkezésre statisztikai elemzésekhez – a már meglévő és működő PMS szemléltető rendszerek mellett a fenntartási és felújítási munkák még hatékonyabb tervezéséhez és üteme-

zéséhez, sőt az üzemeltetés során szükséges beavatkozások meghatározásához is.

Jobban nyomon követhetővé válnának a beavatkozások eredményei, könnyebben és megalapozottabban lehetne a társüzemeltetők felé képviselni a közútkezelői érdekeket.

Meg lehetne határozni a nem megfelelően elvégzett munkák által okozott károkat, és közútkezelői szemszögből is vizsgálni, hogy egy-egy engedélyes által végzett tevékenység mennyire tesz eleget a szakma szabályainak és elvárásainak.

Ebből egyenesen következik a garanciális kötelezettségek egyszerűbb kezelése, illetve a követelések érvényesíthetősége.

Végezetül: a legjobb eszköz is csak annyit ér, amennyit a legkevésbé képzett/lelkiismeretes felhasználója alkalmazni képes belőle.



Adatfelviteli képernyő szemléltetése egy lehetséges variációban (forrás: Budapest közút szoftverek képernyőkép részletek)

A vasúti kitérők üzemeltetésének műszaki feltételei

Borbély Zsuzsa

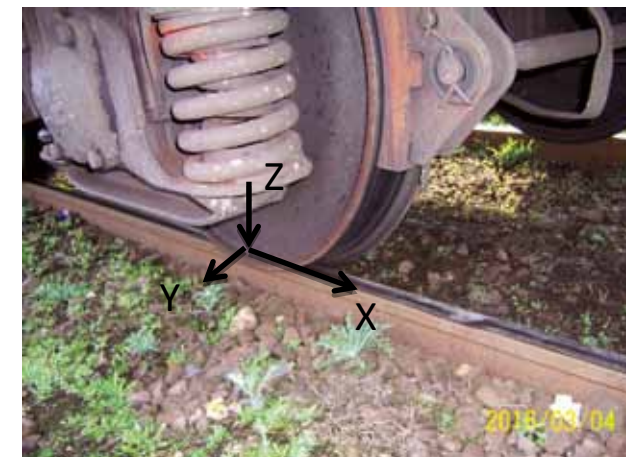
Egyetemi hallgató,
Budapesti Műszaki
és Gazdaságtudományi
Egyetem



Azt a szerkezetet, amely lehetővé teszi, hogy a vasúti jármű egyik vágányról a másikra áthaladhasson, kitérőnek nevezzük. A kitérő speciális, mozgó alkatrészeket tartalmazó szerkezet, amely felépítményében – a folyópályától eltérően – általában nincs síndőlés, ezáltal a vasúti pálya legérzékenyebb és leginkább igénybevett része.

A nagy igénybevételek hatása miatt figyelmet kell fordítani a kitérők állapotára, az alkatrészek elhasználódására, a váltóállító erők alakulására. Az avulás egy önmagát erősítő romlási körfolyamat, amely során a kitérő állapota kihat a járműre és fordítva is, ezzel csökkentve az utazáskényelmet, a szolgáltatási szintet és az üzembiztonságot.

A diplomamunkám készítése során terepbejárásokon tanulmányoztam a kitérőket, és azok speciális eseteit. A váltóállítási módját, a váltóállító erőket a biztosítóberendezé-



1. kép Erőátadás a kerékről a sínre

sekkel foglalkozó szakszolgálat által ismertem meg. Ezekről a bejárásokról fényképes dokumentációt is készítettem, amelyeket felhasználtam a diplomamunkámban.

Először is szükségesnek találtam a vasúti jármű mozgását, és a pályára való kihatását számba venni, vizsgálni az erők keletkezését. Másodsorban a síndőlés lényegét is, ugyanis a járműkerék futófelülete 1:20, illetve 1:40 arányú kúpos kialakítású, amihez a pályában a síndőlés alkalmazkodik, ezzel megadva a legkedvezőbb sín-kerék kapcsolatot, erőátadást.

Meg kell említeni a váltóállítást is, ami a gyakorlatban több módon is megvalósulhat. Kis forgalmú kitérőket a helyszínen, Krolupper váltóállító készülékkel állítják. Mechanikus váltóállítás során pedig a vonóvezeték segítségével forgatott Soulaty-dob mozgatja a vonórudat, ami állítja a váltót.

A modernebb váltóhajtóművek mechanikus vagy elektrohidraulikus elven működnek. A nagysugarú kitérők váltóállítása több ponton történik, amihez a közlőmű közvetíti az erőt mechanikus vagy hidraulikus erőátadással.

A váltóállítás során az alkatrészek között több erő is fel lép, ezek eredője kisebb kell legyen, mint a váltóállító erő.



2. kép Krolupper váltóállító készülék



3. kép Soulaty-dob



4. kép Hidraulikus elven működő váltóállító készülék

A váltóállító erő az az erő, amelyek a csúcssínek egyik alaphelyzetből a másikba történő állításakor lép fel. Megengedett legnagyobb értékét előírás szabályozza, és függ a váltóhajtómű típusától.

Az állítóerők fajlagos összehasonlítására Győrben, a Széchenyi István Egyetemen készült vizsgálat, amellyel meg lehet állapítani az erők csökkentésének a lehetőségeit. A vizsgálat során egy sínzékre eső csúcssínhosszal vizsgálták az erők alakulását zárszerkezet és hajtómű nélkül. A vizsgálatok bebizonyították, hogy mennyivel nehezebb a csúcssínt állítani szennyezett sínzéken, mint letisztítottan. Csúcssíngörgő nélküli esetben a legkedvezőbb erőket az olajozott sínzéken való állítás adja. A legjobb eredményt pedig az az eset adta, amikor már csúcssíngörgőket is alkalmaztak.

Azonban nem csak az előbb felsorolt esetek befolyásolják a váltóállító erőket. A csúcssín talpgyengített hossza, görbítettsége, és keresztmetszeti alakjának az előírástól való eltérése csökkenti a csúcssín rugalmasságát, ezzel állítási problémákat okozva. A csillagpontok helyzetének ellenőrzésével a félváltók merőlegessége ellenőrizhető, ugyanis a csúcssín hosszirányú elmozdulásuk hatására elhúzhatja a vonórudat, az összekötő rudak feszülhetnek. Továbbá figyelembe kell venni, hogy a görgő csak egy kiegészítő szerkezet, attól biztonsági feladatot elvárni nem lehet.

A kedvezőtlen forgatónyomatékok megelőzése érdekében a legjobb geometriai helyzet, ha az erőátadás a semleges vonal síkjában van. Zárszerkezetek esetében a nem megfelelő karbantartás, és szabályozás hiányában fellépő súrlódás, akadás többleterőt jelent állítás során. Továbbá az is feszülést ébreszthet a sínekben, ha egy-egy alj helyéről elmozdulva magával húzza a síneket.



6. kép Csillagpontok ellenőrzése

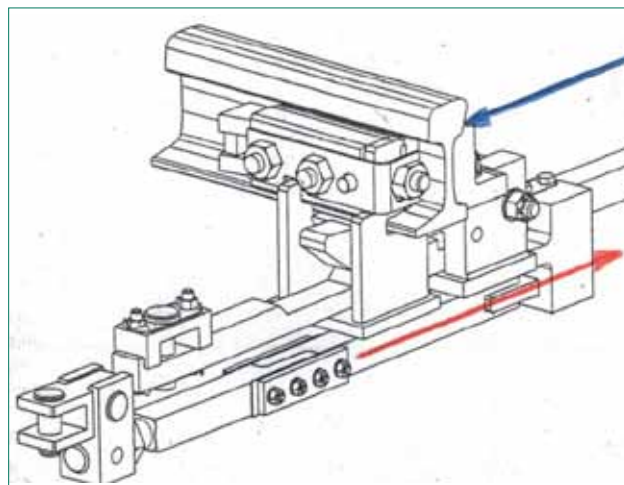


5. kép Tősin és Csúcssín helyzete

A hajtóművek elhelyezését és annak ágyazatát utasítás határozza meg, hogy az erőátadás a legjobb legyen, és ne lépjen fel akadás, szorulás. A sínzések gondozottsága, a korábban említettek alapján is fontos, valamint még az egyforma kopásuk is lényeges. A sín feszültségállapotát befolyásolja a hegesztés, a csúcssín végénél lévő hegesztések esetében felléphet olyan zsugorodás, ami szögelfordulást is eredményezhet a csúcssínen.

Nagy romlásokat megelőző fenntartás során fontos a kitérők rendszeres szabályozása aláveréssel. A kitérő ágyazatának elszennyeződése esetén tisztításra van szükség kézi vagy gépi rostálás által, olajsáros váltó esetén pedig biotechnológiai elven alapuló tisztítást kell végezni.

Különbözősínhibák javítására többféle lehetőség szolgál. A futóélen és a futófelületen keletkező egyenetlenségek, hibák sinköszörüléssel, sínsciszolással, sínmarással vagy gyalulással szüntethetők meg. A sínek kopását, lapulását, kitérőredezéseit szabvány által meghatározott értékig ívhegesztéssel lehet javítani.



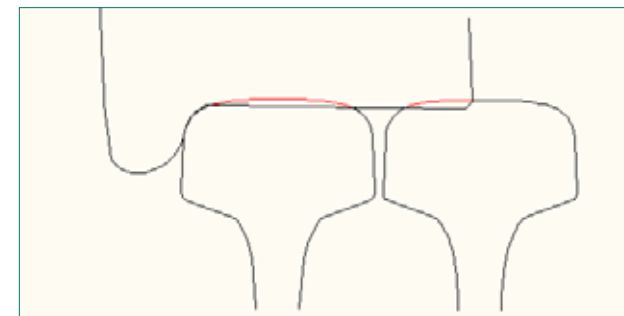
1. ábra Erőátadás kedvező és kedvezőtlen pontjai



7. kép Gondozott sínzék

Fontos megemlíteni azt is, hogy külföldön nagy számban alkalmaznak síndőléses kitérőt, míg hazánkban eddig 2 ilyen kitérő került beépítésre. A síndőléses kitérők előnye a síndőlés nélkülivel szemben, hogy sokkal kedvezőbb a sín-kerék kapcsolat, ezáltal a teherátadás is. Síndőlés nélküli kitérőben a járműkeréknek nincs semmilyen terelési kényszere, így a tehetetlenségből eredő erők gyengítetlenül adódnak tovább a sínekre és a kitérő többi részére. Síndőlés hiányában a sínek magassági- és oldalkopása sokkal hamarabb jelentkezik.

Egy másik speciális esete a kitérőknek, az ívesített kitérő, amelyet az állomásfej íveiben alkalmaznak, ott, ahol a vágánygeometria nem módosítható. Annak ellenére, hogy mindkét félváltó íves, és a keresztezési rész is ívben fekszik, semelyik alkatrészben nem történik szerkezeti változtatás. A kötöttségek ellenére az ívesítéssel lehetőség van a szükséges sebesség biztosítására.



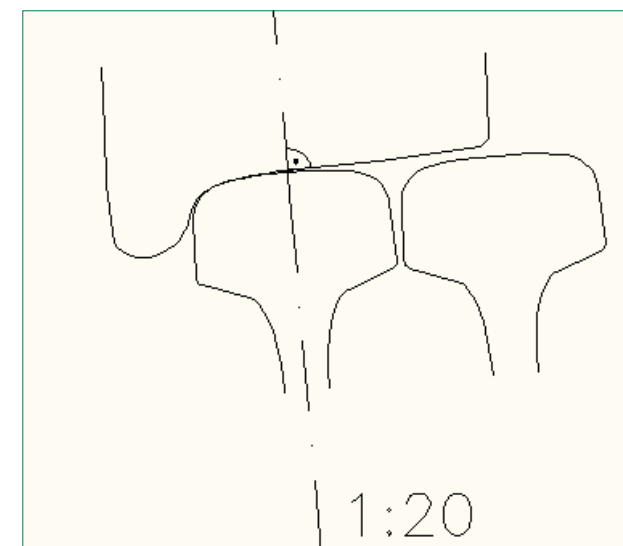
2. ábra Kopott sín-kerék kapcsolat váltóban



8. kép Ívesített kitérő

Összefoglalva, a kitérők fenntartása során nagy hangsúlyt kell fektetni a megfelelően és időben elvégzett karbantartási munkákra. Figyelni kell a váltóállító erők alakulására, amelyeket bizonyítottan nem csak a váltóhajtómű beszállásának befolyásol.

Síndőléses kitérők alkalmazásával kedvezőbb karbantartás és hosszabb élettartam érhető el. A kitérők speciális eseteinek alkalmazásával különböző problémák és nehézségek javíthatók hosszabb távon.



3. ábra Ideális sín-kerék kapcsolat váltóban

SimaPro modell környezetének megépítése „villamosított” utak életrciklus alapú összehasonlítására

Esettanulmány Stockholm térségéből

Nádasi Réka



Okleveles Építőmérnök
PhD hallgató
BME Út és Vasútépítési Tanszék

A HAPA Fiatal Mérnökök Fórumán
harmadik helyezett előadás

1. Bevezetés

“Earth provides enough to satisfy every man's need,
but not everyman's greed” – Mahatma Gandhi

Gandhi állítása 20. századból is a fenntartható fejlődés irányába kívánja fordítani a figyelmet, minthogy ez egy globális, számos szektort érintő probléma. Maga a fenntarthatóság, fenntartható fejlődés jelentése annak első publikálása óta (Közös jövőnk, 1987) számos változáson ment át az évek során. Ennek alkalmazása azonban jelenleg is világszerte kiemelt jelentőségű feladat.

Mivel az évek során a járművek birtoklása és használata egyre magasabbra nőtt, így jelenleg is az üvegházhatású gázok egyik legnagyobb forrása a közlekedési szektor (European Environment Agency, 2016). Ezért elengedhetetlen itt is olyan alternatívák használata, melyek környezettudatosságuk mellett felveszik a versenyt a hagyományos közlekedés eszközeivel. Ennél fogva a fosszilis energiaforrásból más megújuló erőforrásokra történő átruházás aktív kutatási területté vált.

Az üvegházhatású gázok és fosszilis üzemanyag fogyasztás csökkentésére az Európai Bizottság (European Commission) megállapodott a közlekedésből származó gázok 60%-kal történő csökkentésében, valamint megszüntetné a városokban a hagyományos módon üzemelő járműveket 2050-re. Svédország, e kritérium eléréséhez célul tűzte ki olyan járműpark létrehozását, amely független a fosszilis tüzelőanyagoktól, így előtérbe került az elektromos autók kérdése, illetve azok mozgás közbeni dinamikus töltésének lehetősége.

Kutatások jelenleg több megoldást is vizsgálnak a villamosított töltési megoldások eléréséhez, melynek hosszú távú elterjedését több tényező is befolyásolhatja. A tanulmány során a különböző megoldások életrciklus alapú összehasonlítását végeztem el, ezzel is segítve a kutatók, illetve későbbiekben a döntéshozók munkáját. Ehhez szükséges volt a SimaPro életrciklus elemző szoftver általi modellter felépítésére. Cikkem során a különböző töltési megoldásokat és a modell felépítésének lépéseit kívánom bemutatni, valamint ismertetem az általam kapott eredményeket.

2. ITS – Intelligens Közlekedési Rendszerek

Intelligens közlekedési rendszerek és szolgáltatások egyaránt felhasználják az információs és kommunikációs technikákat, hogy ezáltal hatékonyabb, biztonságosabb és fenntarthatóbb közlekedési megoldásokat teremtsen meg (ITS Sweden).

Közúti közlekedésünk fenntarthatóságának és biztonságának növelése és a szűk keresztmetszeti problémák csökkentése érdekében az intelligens közlekedési rendszerek (ITS) az utóbbi években fontos megoldássá vált. Célja a közlekedési hálózati kapacitás optimalizálása a korszerű informatikai megoldásokkal. A modern ITS a közlekedést biztonságosan, hatékonyabban és kényelmesebben elosztja, a lehető legalacsonyabb környezetkárosító hatással, különféle információs és kommunikációs technológiák használatával.



1. kép: eHighway projekt látványterve. (Siemens, 2017)

Az úgynevezett okos, intelligens utak (smart roads) olyan technológiák gyűjteményeként értelmezhetők, amelyek fenntarthatóbbá teszik a közlekedési rendszert azáltal, hogy extra funkcióval látják el azt. Ez fókuszálhat egyaránt az út energiahatékonyságára, vagy a biztonságos közlekedés megteremtésére.

Ilyen extra funkciók lehetnek például:

- környezeti energia hasznosítása
- információk úthasználóknak történő átadása
- járművek közötti kölcsönhatás
- villamosított töltési lehetőségek elektromos járművekhez

Az okos utak fejlesztése tehát elérhetővé teszi például a közlekedési lámpák energiafogyasztásának fenntarthatóságát akár az útburkolatból nyert energia által, vagy éppen az elektromos járművek menet közbeni töltési lehetőségét. Ez megoldást nyújt a fosszilis tüzelőanyag-függőség csökkentésére azáltal, hogy a villamosított út (eRoad) infrastruktúra dinamikusan biztosítja az elektromos áramellátást, így ez elektromos járművek csak kis kapacitásuk ellenére is hosszú utakat is meg tudnak tenni. (Chen, et al., 2014.)

3. „Villamosított” utak típusai és svédországi kísérleti szakaszaik

A jelenleg is jól ismert elektromos autók elterjedését gátolják azok hátrányai.

Ezek az előnytelenségek:

- korlátozott vezetési távolság:
120–130 km a fűtés/klíma, időjárási viszonyok és vezetési stílus függvényében változó
- akkumulátorméret:
14,7 kWh – 98,4 kWh
- töltés-időtől való függés:
háztartási konnektorból 6–8 óra, gyors-töltéssel típustól függően 2–5 óra, villám-töltéssel pedig 30 perc (80%-ra)
- a töltési lehetőségektől, töltési infrastruktúrától való függés

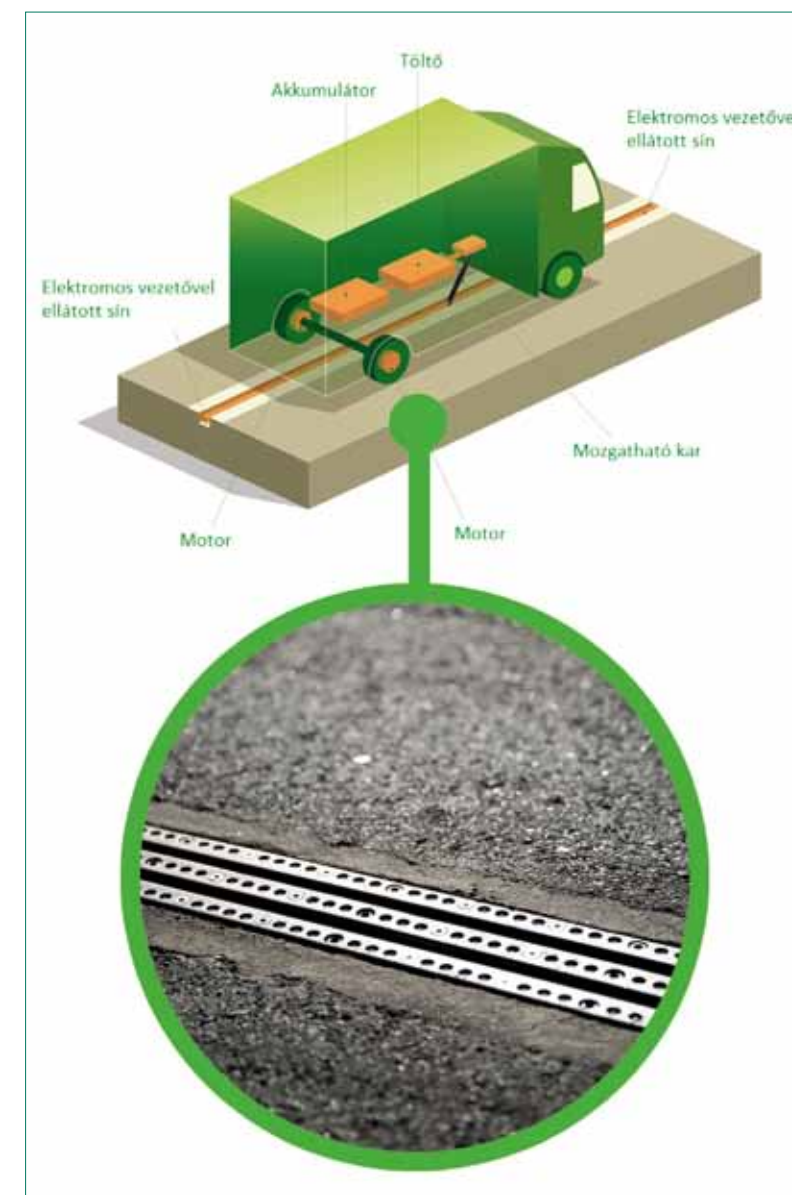
Ezen hátrányok leküzdésének egyik módja lehet a villamosított utak alkalmazása, amely lehetővé teszi az elektromos járművek (EV) kényelmes, dinamikus feltöltését. Az utak villamosításának tehát fontos szerepe van a közlekedési szektorban és érinti a személygépjárműveket, az áruszállítást és a tömegközlekedést is.

3.1. Fizikai kapcsolatot igénylő megoldások

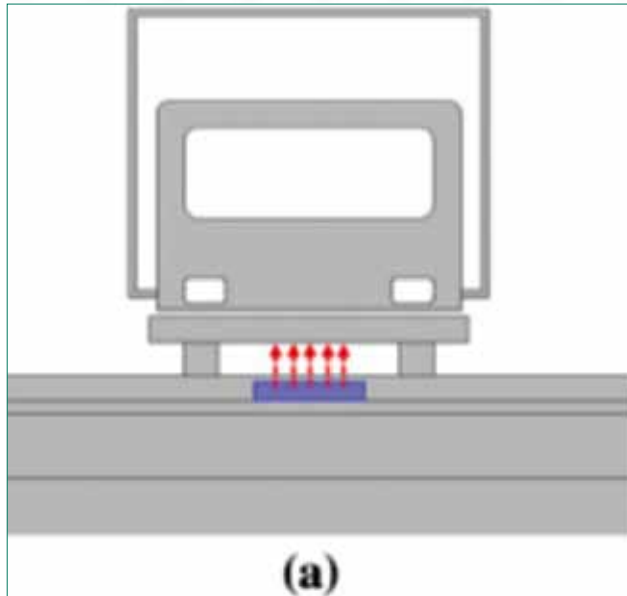
Az első villamosítási kísérletek a trolibusz megoldásához hasonló elven, felsővezeték és áramszedő segítségével kívánta töltetni az elektromos járművet. Ez a megoldás fizikai kapcsolatot igényel és jellemzően a teherszállításban alkalmazható. Ötvözi az erőforrás-hatékony vasúti technológiát és a közúti közlekedés rugalmasságát. A technológia használata által a hibrid tehergépjárművek egyszerűen csatlakoztathatók és leválaszthatók a felsővezetékről egy aktív áramszedő

segítségével. Az áramszedő az energiát közvetlenül a felsővezetékről az elektromos motorba továbbítja.

A svédországi eHighway projekt (1. kép) e technológiát vizsgálja és fejleszti. A SIEMENS-szel közös program keretén belül megépítették a világ első villamosított útját, ami két km hosszú és a svéd E16-os autópályán található. Itt, a hibrid nehézgépjárművek belső égésű motorok mellett elektromos akkumulátorokat is alkalmaznak. Az aktív áramszedő az energiát közvetlenül közvetíti a felsővezetékről az elektromos motorba. Ezzel a technológiával a csatlakozás könnyen elérhető akár 90 km/h sebesség esetén is, mind szenzorral, mind a vezető által manuális módon. A speciálisan kialakított érzékelőknek köszönhetően az aktív áramszedő automatikusan beállíthatja helyzetét a teherautó oldalirányú mozgásának kompenzálására. A fékezéskor felépő többletenergia által a rendszer képes tölteni az akkumulátort. Ha az teljesen feltöltődött, a rendszer az energiát visszavezeti a felsővezeték hálózatba. Az eHighway rendszer ezáltal lehetővé teszi a teherautók számára a megújuló energia használatát, és jelentősen hozzájárulhatnak a CO₂-kibocsátás csökkentéséhez. Ez mind az ökológiai, mind a



2. kép: eRoad Arlanda projekt elvi kialakítása (eRoadArlanda, 2016)



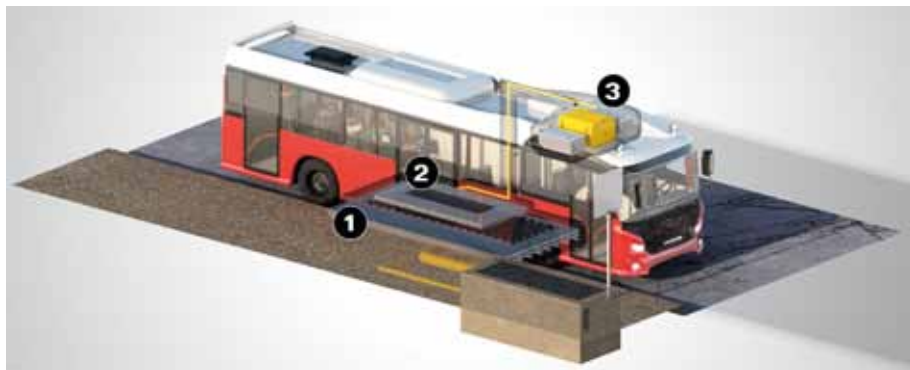
3. kép: IPT megoldás elvi elrendezése

gazdasági előnyöket nyújt, hiszen jelentős költségmegtakarítást jelent az árufuvarozók számára. A technológia várhatóan 2018-ig bizonyítja hatékonyságát a gyakorlatban.

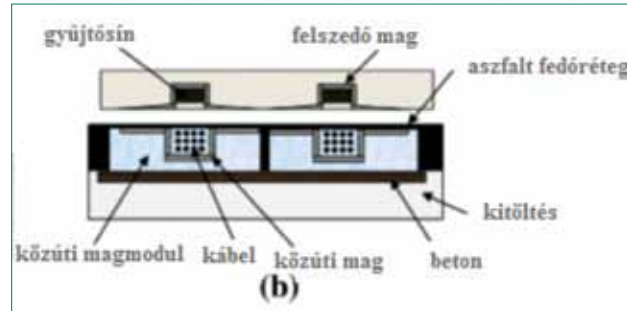
Az áramszedő megoldása számos előnye mellett meg kell említeni annak hátrányait is.

- Ezek a következők:
- A személygépkocsik nem használhatják ki a technológiát, mivel az elektromos vezetékek túl magasak elhelyezve.
- A vezetékekhez olyan póznák szükségesek, amelyek akadályozhatják az akadálymentességet. Például, hogy a helikopterek a vészhelyzet esetén a leszállóhelyként csak a szakaszon kívüli utakat tudják használni.
- Megváltoztatják az autópálya megjelenését, esztétikai kérdéseket vetnek fel.

Az előbbi problémák leküzdésére a közutak villamosításának következő változata, a vezető út megoldása (conductive track) került előtérbe. Ez szintén fizikai kapcsolatot igényel, mivel itt az energiát a folytonosan burkolatba ágyazott sínről szállítják a járművekbe, ahol a járműbe szerelt pick up rendszer gyűjti össze a villamos energiát. Amíg a jármű a sínek felett halad a mozgatható kar lefelé áll, amikor egy másik jármű előzésébe kezd, a mozgatható kar automatikusan bontja a kapcsolatot. A technológia előnye az esztétikai kérdés megoldása mellett az, hogy a tech-



5. kép: Városi busz töltési megoldása induktív energiaátvitel segítségével (Scania, 2014)



4. kép: IPT megoldás rendszerelemei

nológiát nagyobb gépjárművek – mint buszok, teherautók – mellett, személygépjárműve is használhatják. A rendszer elvi elrendezését mutatja be a 2. kép, ami a svédországi eRoad Arlanda projekt illusztrációja.

A svédországi eRoad Arlanda projekt egy 2 km hosszú kísérleti szakaszt épít ki a stockholmi Arlanda repülőtér és egy logisztikai központ között. A rendszer részei az elektromos vezető pálya, a motor, a mozgatható kar, az akkumulátor és a töltő. A sín által a megoldás lehetővé teszi a jármű akkumulátorainak áramlás közbeni feltöltését, továbbá kiszámítja a jármű energiafogyasztását. Ezzel a villamosenergia-költségek járművenként és felhasználónként terhelhetők.

Ennek a technológiának is vannak hátrányai, még pedig a fenntartási és beépítési nehézségek. Mivel a pálya első szakasza 2015-ben épült, így hosszú távú üzemeltetési és fenntartási információk nem álnak rendelkezésre, azonban a megoldás szennyeződésekkel szembeni érzékenysége könnyen belátható. Svédország tekintetében a legkiütközőbb a téli fenntartási és üzemeltetési munkák megoldása – esetlegesen célgép segítségével – és az igényének növekedése.

3.2. Fizikai kapcsolat nélküli megoldások

A technológia fejlődésével előtérbe kerültek olyan megoldási módszerek, melyek nem igényelnek fizikai kapcsolatot. Így az elektromos energia egy légrésen keresztül a járműbe szállítható statikus és dinamikus módon is. Az érintésmentes töltési megoldás biztonságos, kényelmes és megbízható lehetőségeket kínál az elektromos járművek feltöltéséhez, és összehasonlítva a fizikai kontaktust igénylő vezető út megoldással, kevesebb karbantartást igényel, mivel a környezeti függése a nedves vagy havas időjárásuktól és a különböző szennyeződésektől kisebb.

Általánosan elgondolás alapján a vezeték nélküli energiaátvitel (WPT) biztosíthatja az elektromos ellátást ilyen típusú töltési rendszerekhez. Ezen belül több megoldás is lehetséges, például a kapacitív-, folytonos mágneses-, rezonancián alapuló-, és az induktív energiaátvitel. A kutatók szerint az induktív energiaátvitel (Inductive Power Transfer, IPT) mutatja a legjobb teljesítményt, így jelenleg is ezt tanulmányozzák. (Chen, et al., 2014.)

Faraday által ismert jól ismert elektromágneses indukciós elvet alkalmazza. Váltakozó áramot továbbítanak egy tekercsbe, amely mágneses mezőt generál, ez pedig egy fogadótekercsben

áramot indukál. Az áramátvitel hatékonysága az áramkör frekvenciájától és impedanciájától (váltakozó áramú ellenállástól), a tekercsek és a mágneses terek eloszlásának távolságától és eltolódásától függ. Ennek köszönhetően, az elektromos energia statikus és dinamikus módon, légrésen keresztül szállítható a járműbe. A technológia burkolatba építése történhet helyszíni építési módszerekkel, vagy előre gyártott elemek által. Az utóbbi esetben egy beton doboz tartalmazza a szükséges rendszerelemeket, melyet a burkolatba süllyesztenek. Erre egy vékony aszfaltréteg kerül, amely a közúti közlekedés kényelmességét és a rendszer védelmét egyaránt szolgálja. A következő 3. és 4. kép bemutatja a rendszer elrendezését és az előre gyártott egység részeit.

Ezek a töltési egységek elhelyezhetők végig a pálya mentén, vagy csak úgynevezett töltési „szigeteken”. (Chen, et al., 2017)

Ehhez a megoldáshoz kísérleti szakasz még nem épült ki dinamikus töltés tekintetében, azonban a Scania és a Royal Institute of Technology (KTH) stockholmi egyetem közös projektje által egy városi busz vezeték nélküli töltési rendszere került kiépítésre a busz egyik megállóhelyén, az útfelület alatt található töltőállomáson keresztül (5. kép).

Az 5. képen az alábbi egységek figyelhetők meg: 1. töltőállomás, 2. pick up rendszer, 3. akkumulátor.

4. ÉLETCIKLUS ELEMZÉS (LCA)

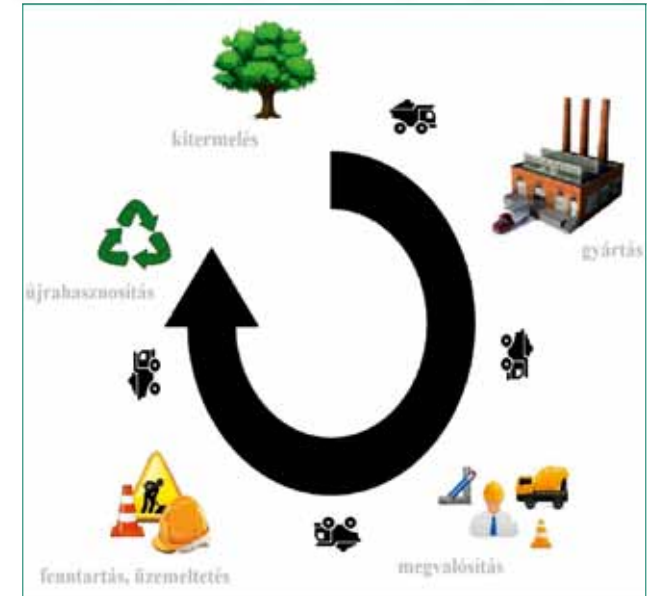
A fenntarthatóság előtérbe kerülésével az életciklus gondolkodás is fontos szerepet kapott. Az életciklus elemzés nem más, mint a gondolkodás elősegítésének egy eszköze. A vizsgálat vizsgálja és elemzi mindazokat a szakaszokat és változásokat sorozatát, amelyekkel a termék vagy szolgáltatás élettartama során találkozunk. Tehát a nyersanyag kitermelésétől a gyártás, építés és fenntartáson keresztül az életvégi folyamatokig (6. kép).

Életciklus elemzéseknek az (ISO 14040:2006) szerint a következő pontokat kell tartalmaznia:

- Cél és peremfeltételek
- Leltár elemzés
 - Előter és háttér adatok
 - Bemenetek és kimenetek
 - Folyamatábra
- Hatásvizsgálat
 - A módszerek kiválasztása
 - Osztályozás és jellemzés
 - Normalizálás és súlyozás
- Értelmezés
 - Bizonytalanság vizsgálat
 - Érzékenységvizsgálat
 - Hozzájárulási elemzés

4.1. SimaPro

Ez a világ egyik legelterjedtebb életciklus-értékelési szoftvere. Több, mint 25 éve van jelen a piacon és közel 80 ország alkalmazza mind kutatási mind szakmai, üzleti célokra. A program eszközt ad a termékek fenntarthatósági teljesítményének összegyűjtésére, elemzésére és monitorozására. A szoftver használata könnyű és rugalmas, számos különböző hatásvizsgálati módszer elérhető benne, és nagy mennyiségű adat hozzáférhető például az Ecoinvent által. Az Ecoinvent a világ egyik legátláthatóbb életciklus-nyilvánítási adatbázisa, amely jól dokumentált folyamat adatokat biztosít több ezer termék számára. (SimaPro, dátum nélkül.)



6. kép: Életciklus szakaszai

4.2. Modellalkotás

A modell megalkotása során, az előző pontban felsorolt pontokat kell meghatározni és elvégezni, mint a cél és peremfeltételek, leltárelemzés, hatásvizsgálat és az eredmények értelmezése.

4.2.1. Cél és peremfeltételek

Elengedhetetlen a pontos megfogalmazása a vizsgálandó rendszernek, így itt kell meghatározni a **funkcionális egységet**, aminek tartalmaznia kell azt, hogy a vizsgálat tárgya:

- Milyen funkciót lát el?
- Milyen minőséggel?
- Milyen mennyiségben?
- Milyen hosszú távon?

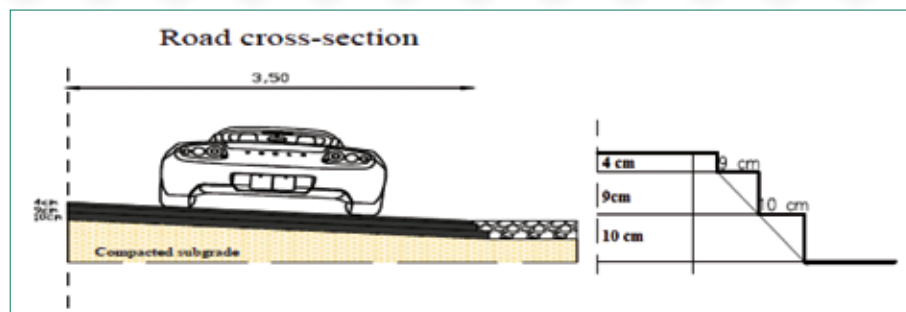
Esetemben a funkcionális egység a következő:

A cél egy egysávos, 3,5 m széles, 10 km hosszú aszfalt burkolatú autópálya szakasz létrehozása, kiépítve a megfelelő áramszedő, vezetőút vagy süllyesztett IPT töltési rendszerrel a pálya 20 éves élete során, a megfelelő minőségű és mennyiségű üzemeltetési és fenntartási munkákkal.

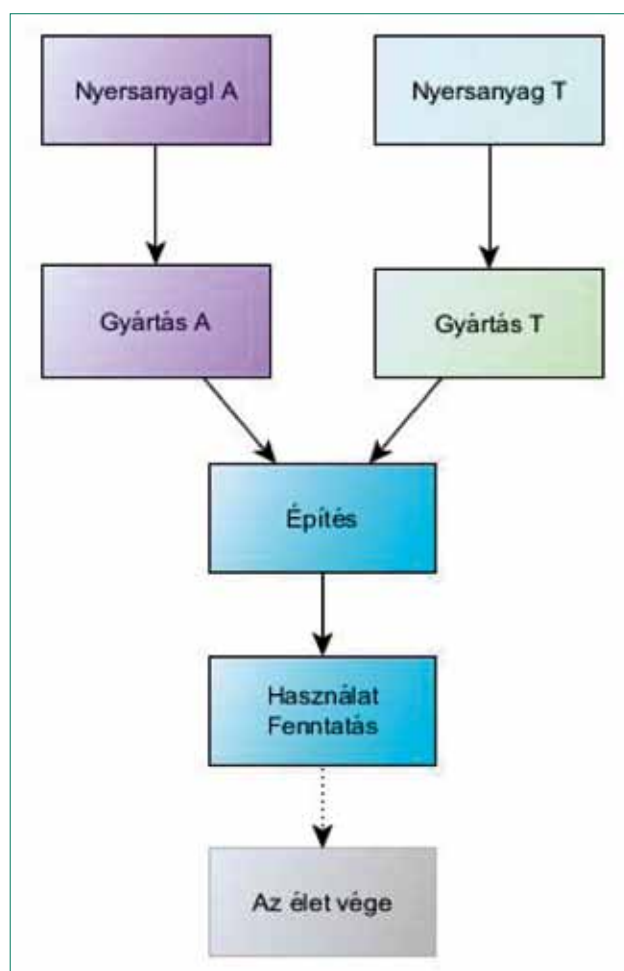
- Helyszín:
- meglévő autópálya mellett
- Stockholm környékén

A modell az úttartozékokkal nem számol. Ezután a **rendszer határainak** megszabása következik. Ez egy összehasonlító, tulajdonság alapú életciklus-értékelés. Mivel a modell nem tartalmazza az «életvégi» folyamatokat, ez egy bölcso-kapu modell. A bölcso-kapu modell tartalmazza a nyersanyagkitermelési szükségleteket, az előállítási folyamatokat és a villamosított útpálya megépítését, valamint az autópálya fenntartási és üzemeltetési munkáit. A rendszerhatárokat a következő dimenziókban is meg kell adni:

- Földrajzi terület
- Az építkezés Európában, Svédországban zajlik. Az út típusa külterületi térségben található autópálya. Az aszfaltkeverék esetében az összes nyersanyag beszerzése az országon belül történik. A folyamatokhoz szüksé-



8. kép (a) Villamosított út keresztmetszeti kialakítása (b) burkolatszél kialakítása



7. kép: Egyszerűsített folyamatábra

ges energiaszükséglet biztosítása érdekében a Swedish Energy Mix-et használják.

- Idő Horizont
- A modell a villamosított út 20 éves szakaszát vizsgálja.
- Javak előállítása
- A beruházási javak előállítását csak akkor kell figyelembe venni, ha a beruházások az összehasonlító alternatívákban egyértelműen és jelentősen eltérnek. A mi esetünkben ez nem így van.
- Határidők a vizsgált termék életciklusa és más termékek életciklusa között
- Három fő módszer van a rendszer tartalmának meghatározására, ezek kisebbektől a nagyobbig (Tillman, et al., 1993):
 - Folyamat fa
 - Technológiai egész rendszer

- Társadalmi-gazdasági egész rendszer.

A tanulmány a technológiai egész rendszerhez tartozik, mivel magában foglalja az érintett folyamatokat és szállítványozásokat az összes vizsgált alternatíva esetén, feltételezve, hogy a rendszerek által teljesített funkciók iránti igény állandó. Ez azt jelenti, hogy a gazdasági és társadalmi erőket figyelmen kívül hagyják.

A következő lépés az előbbieken meghatározottak alapján, az **egyszerűsített folyamatábra** definíciója. Ezt a következő 7. kép szemlélteti. Ez mind a három töltési megoldás esetén megegyezik. Meg kell jegyezni, hogy a villamosított út – mint termék – környezetkárosító kibocsátást nem produkál a használat fázis során, így itt a modell csak a fenntartási és üzemeltetési munkákkal számol.

4.2.2. Leltárelemzés

A leltárelemzés tartalmazza a szükséges adatok meghatározását. Bár bizonyos folyamatok elérhetőek az Ecoinvent adatbázisból, egyéb folyamatok és mennyiségek számítása elengedhetetlen.

Aszfalt nyersanyagigénye

A funkcionális egység alapján, az építendő szakasz dimenziója 10 km * 3,5 m. Mivel az összehasonlítás során csak az aszfalt anyag mennyiségek térnek el a különböző töltési megoldások esetén, a modell csak ezzel számol. A pályaszerkezet 10 cm aszfalt alaprétből, 9 cm kötő és 4 cm kopórétből áll. Ezt a 8. kép szemlélteti.

A következő táblázatok mutatják az aszfalt alapanyagok mennyiségi számítását.

Aszfalt burkolat			
Burkolat rétegel és vastagság			
Réteg	Típus	Vastagság	Térfogat
Aszfalt kopórét	SMA 11	4 cm	1400 m ³
Aszfalt kötőréteg	AC 22	9 cm	3231 m ³
Aszfalt alaprét	AC 22	10 cm	3690 m ³

1. táblázat: pályaszerkezet aszfalt anyagú rétegeinek vastagsága

A modellalkotás során az adatokat mennyiségek tekintetében kg egységben szükséges megadni a dimenziók következetessége miatt.

A további számítások alátámasztásához meg kell határozni az egész aszfaltkeverék sűrűségét. Ez 2,556 kg/dm³.

Az aszfaltkeverés meghatározásához és szimulációjához egy módosított beépített folyamatot használtam Ecoinvent adatbázisból.

Töltési rendszer nyersanyagigénye

A különböző töltési módszerek – az aszfalt és az átalakító mellett – különböző anyagok felhasználását igénylik. Áramszedő megoldás esetén ez rézkábel és oszlopok, vezető út esetén acél sín, IPT esetén pedig beton beágyazó doboz, rézkábel és vasmag (Georgia Maria Lykogianni Malin Österlind, 2014).

Aszfalt burkolat					
Aszfalt alaprét					
Anyag	Típus	m/m%	Térfogat	Sűrűség	Mennyiség
Mészkelet 0	Filler	5,0	166,1 m ³	2,70 kg/dm ³	448335 kg
Dolomit 0/4	Homok	27,0	896,7 m ³	2,85 kg/dm ³	2555510 kg
Dolomit 4/11	Kavics	18,0	597,8 m ³	2,85 kg/dm ³	1703673 kg
Dolomit 11/22	Kavics	50,0	1660,5 m ³	2,85 kg/dm ³	4732425 kg
SUM - köanyag	MIX	100,0	3321 m ³	- 10 ³ kg/m ³	9439943 kg
Bitumen	Kötőanyag	4	147,6 m ³		153,504 kg
Levegő	Levegő	6	221,4 m ³		
SUM - aszfalt	MIX	-	3690 m ³		9440096 kg

2. táblázat: Aszfalt alaprét mennyiségi számítása

Aszfalt burkolat					
Aszfalt kötőréteg					
Anyag	Típus	m/m%	Térfogat	Sűrűség	Mennyiség
Mészkelet 0	Filler	5,0	145,1 m ³	2,70 kg/dm ³	391694 kg
Dolomit 0/4	Homok	27,0	783,4 m ³	2,85 kg/dm ³	2232657 kg
Dolomit 4/11	Kavics	18,0	522,3 m ³	2,85 kg/dm ³	1488438 kg
Dolomit 11/22	Kavics	50,0	1450,7 m ³	2,85 kg/dm ³	4134549 kg
SUM - köanyag	MIX	100,0	2901,44 m ³	- 1000kg/m ³	8247338 kg
Bitumen	Kötőanyag	4,2	135,702 m ³		141,13 kg
Levegő	Levegő	6	193,86 m ³		
SUM - aszfalt	MIX	-	3231 m ³		8247479 kg

3. táblázat: A kötőréteg mennyiségi számítása

Aszfalt burkolat					
Aszfalt kopórét					
Anyag	Típus	m/m%	Térfogat	Sűrűség	Mennyiség
Mészkelet 0	Filler	9,1	115,8 m ³	2,70 kg/dm ³	312678 kg
Mészkelet 0/2	Homok	13,9	176,9 m ³	2,70 kg/dm ³	477607 kg
Bazalt 2/4	Kavics	12,0	152,7 m ³	2,85 kg/dm ³	435229 kg
Bazalt 4/8	Kavics	15,0	190,9 m ³	2,85 kg/dm ³	544037 kg
Bazalt 8/11	Kavics	50,0	636,3 m ³	2,85 kg/dm ³	1813455 kg
SUM - köanyag	MIX	100,0	1272,6 m ³	- 1000kg/m ³	3583005 kg
Bitumen	Kötőanyag	6,1	85,4 m ³	-	88,816 kg
Levegő	Levegő	3	42 m ³		
SUM - aszfalt	MIX	-	1400 m ³		3583094 kg

4. táblázat: A kopórét mennyiségi számítása

Mivel a technológiák jelenleg is kutatás alatt állnak, a mennyiségek konkrét meghatározása nagyban becsléseken alapult. A felsővezetékhez szükséges 4 rézkábel 200 mm² szélességgel 10000 m hosszon 8 m³ térfogatot eredményez. Mivel a felsővezeték oszlopokon helyezkedik el, a teljes aszfaltmennyiségre szükség van, ami 8321 m³. Vezető út esetén (Georgia Maria Lykogianni Malin Österlind, 2014) dolgozata alapján a szükséges acél térfogata körülbelül 1 m³/

nisztráció honlapján található adatok alapján lett becsülve. A tervezett út elhelyezkedése és típusa alapján elérhetőek az átlagos éves munka és anyag igények. Mivel a villamosított út az eredetnél várhatóan több munkát igényel, a modell az elérhető adatok 120%-ával számol. Ezt a 8. táblázat foglalja össze, ahol szintén megkülönböztetem a téli fenntartási munkákat (alsó rész).

Aszfalt finisher					
Üzemanyag fogyasztás [l/h]	Terítési szélesség [m]	Terítési sebesség [m/h]	Terítési kapacitás [m ² /h]	Effektív terítési kapacitás [m ² /h]	Üzemanyag fogyasztás [l/m ²]
20	3,5	240	840	700	0,0286
Rétegek száma	Felület [m ²]	Üzemanyag_FU [l]	Sűrűség [kg/l]	Üzemanyag fogyasztás_FU [kg]	
3	35000	3000	0,85	2550,00	

5. táblázat: Aszfaltfinisher üzemanyagfogyasztása

km. Mivel a vizsgált pálya 10 km hosszú, a szükséges mennyiség 10 m³. Mivel a sín a burkolatba van süllyesztve, a felhasznált aszfaltmennyiség 8311 m³. IPT megoldásakor szükség van a beágyazáshoz szükséges betondobozra, ami 1344m³ és rézkábelekre, ami 9,6 m³. Mivel a töltési szegmens 1600 m³ helyet foglal el az aszfaltburkolatba, a szükséges aszfaltmennyiség 6720 m³.

Villamosított út építése

A számítás alapját (Strippel, 2001) tanulmánya adta. Eszerint a építés klímaváltozás szempontjából a legkörüzetkárosítóbb folyamata a gépek üzemanyagfogyasztása. Egy útszakasz megépítésének jelentős gépigénye van. Az aszfaltkeverék helyszínre szállításához teherautó, beépítéshez finisher, gumikerekes tandem és acélköpenyes úthenger, illetve kellő tisztához permetező szükséges.

A szállításához a modell 32 tonnás EURO3 típusú teherautóval számol, a beépítendő terület az aszfaltkeverőtől pedig 30 km-re helyezkedik el. A szükséges teherautók (fordulók) száma és a szükséges szállítás [tkm]-ben eltérő a különböző töltési megoldások esetén, a beépítendő aszfaltmennyiség függvényében.

A következő 5–7. táblázatok bemutatják ezen gépek üzemanyagfogyasztását a funkcionális egység (FU) tekintetében.

Fenntartási és üzemeltetési munkák

A fenntartási és üzemeltetési munkák a svéd utügyi admi-

Bitumen permetező					
Üzemanyag fogyasztás [l/h]	Permetezési szélesség [m]	Permetezési sebesség [km/h]	Elosztási arány [l/m ²]	Fogyasztás [l/h]	Permetezési kapacitás [m ² /h]
15	3,5	5	1,6	28000	17500
Üzemanyag fogyasztás [l/m ²]	Rétegek száma	Felület [m ²]	Üzemanyag_FU [l]	Sűrűség [kg/l]	Üzemanyag_FU [kg]
0,0009	3	35000	90	0,85	76,50

6. táblázat: Bitumenpermetező üzemanyagfogyasztása

Úthenger				
Üzemanyag fogyasztás [l/h]	Úthenger szélesség [m]	Lefedett henger szélesség 85% [m]	Hengerelési sebesség [km/h]	Súly [t]
12	1,45	1,23	4	7,2
Elhaladások száma	Hengerelési kapacitás [m ² /h]	Effektív hengerelési kapacitás [m ² /h]	Üzemanyag fogyasztás [l/m ²]	
6	820	683	0,0176	
Rétegek száma	Felület [m ²]	Üzemanyag_FU [l]	Sűrűség [kg/l]	Üzemanyag_FU [kg]
3	35000	1843,9024	0,85	1567,3171

7. táblázat: Úthengerek üzemanyag fogyasztása

Fenntartási és üzemeltetési munkák						
Típus	Forrás	Mennyiség	eRoad (120%)	Egység	FU	Egység
Síkosságmentesítés Dízel	Dízel	417,31	500,77 l / km*év		85131,65 kg	0,85 kg/l
Hőeltakarítás Dízel	Dízel	317,52	381,02 l / km*év		64774,08 kg	0,85 kg/l
Síkosságmentesítés Só	Só	38,45	46,14 m ³ / km*év		19934553,60 kg	2,16 g/cm ³
Síkosságmentesítés Homok	Homok	0	0,00 kg / km*év		0,00 kg	
Burkolati Homok	Homok	246 915,65	296298,79 kg / km*év		59259757,08 kg	
Burkolati Bitumen	Bitumen	15 165,69	18198,82 kg / km*év		3639764,70 kg	
Burkolati Aszfalt	Aszfalt	17,78	21,33 MWh / km*év		4266,93 MWh	
Burkolati Dízel	Dízel	2 080,13	2496,16 l / km*év		424346,89 kg	0,85 kg/l

8. táblázat: Fenntartási és üzemeltetési munkák

Modellalkotás

Az adatok és a kifejtett folyamatára ismeretében a modell felépíthető. Fontos azonban számba venni az allokációs problémákat és a szükséges közelítéseket és limitációkat. Mivel a rendszerhez csak egy funkció tartozik, allokációs problémák nem jelentkeznek. A rendszer összetettsége és a programból kapható adatok sokasága miatt a modell kezelhetősége érdekében limitációk szükségesek. Ilyen limitáció például az, hogy a modell csak 20 éves időtávot vizsgál, és az úttartozékokkal (táblák, jelek, lámpák, póznák stb.) nem számol. Fontos közelítés a töltési rendszerek alapanyag igénye, amely csak a fő elemeket veszi számba, illetve a szükséges fenntartási és üzemeltetési munkák megnövelt mennyisége. Emellett az útpályaszerkezet aléptítmény munka és anyag igényét sem vette számításba a modell, valamint az építés során is csak az üzemanyagigénnyel és annak környezetkárosító hatásával számol.

Következő lépés a hatásvizsgálati módszer kiválasztása. Számos típus elérhető a szoftver által. A legelterjedtebb a **ReCiPe Midpoint (H)** középérték elemzési módszer. Ez több információt szolgáltat több hatáskategória tekintetében a végérték elemzéshez képest. ReCiPe módszer 18 középérték hatáskategóriát vizsgál, többek között a klí-

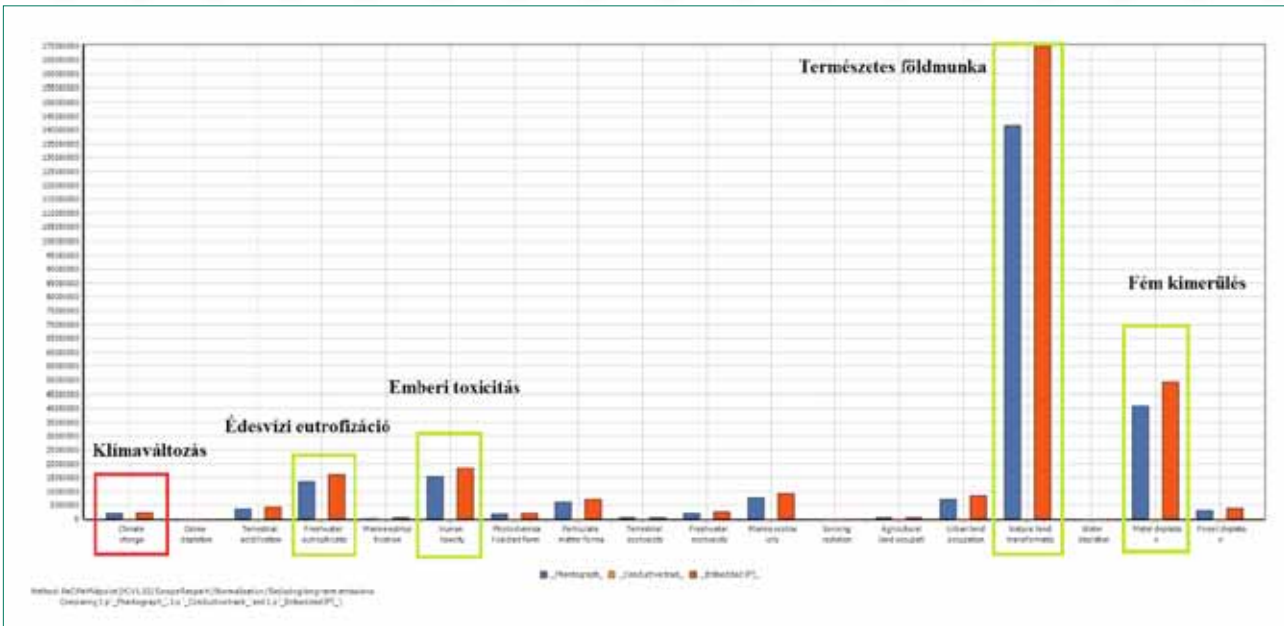
maváltozást, humán toxicitást, ózonréteg elvékonyodást, földi ökototoxicitást, és az ásványi anyagok kimerülését. Normalizáció és súlyozás szintén elérhető a programmal. Az eredmények lekérdezhetőek egyaránt normalizáció és karakterizáció után.

4.3. LCA Eredmények

Hatásvizsgálat eredményeit az 1. ábra és az öt legnagyobb értékű kategória esetén a 9. táblázat összesíti normalizálás után. A normalizálással az eredményeket tágabb kontextusba helyezzük, és közös dimenziót adunk az nekik, általában az Ni = Ii / Ri képlet segítségével, ahol az N a normalizált eredmény, I a karakterizálás eredménye, és R referenciaérték.

Az eredményekből látható, hogy a vezető út jelentősen kisebb eredményeket adott. Ennek oka, hogy míg a másik két megoldás – áramszedő, vezető út – rézkábeleket alkalmaz, itt acél sínnel érik el a villamosítást. Köszönhetően annak, hogy a töltési rendszerek mennyiségei becsléseken alapulnak, érzékenységvizsgálat során szükséges ennek elemzése.

A mind a 9. táblázatból és az 1. ábrából látható, hogy a legmagasabb értéket a kontaktust nem igénylő induktív meg-



1. ábra: Hatásvizsgálat eredményei (narancs – IPT, kék – áramszedő)

Hatáskategória	Hatásvizsgálat [10 ⁶]		
	Áramszedő	Vezető út	IPT
Természetes földmunka	141,57	0,0639	169,87
Fém kimerülés	40,93	0,0018	49,11
Emberi toxicitás	15,25	0,0016	18,30
Édesvízi eutrofizáció	13,40	0,0011	16,08
Klimaváltozás	1,95	0,0008	2,34

9. táblázat: Hatásvizsgálat eredményei

oldás adja. Azonban a becslült értékek miatt, szükség van érzékenység vizsgálatra is. E során a kérdéses folyamatok vagy mennyiségek megváltoztatása után az analízis ismételt végrehajtása szükséges. Hogy egy-egy folyamat mennyire befolyásolja a végeredményt, a folyamatokat külön-külön is megvizsgáltam életciklus elemzés szempontjából klímaváltozás tekintetében. Ezt a 10. táblázat szemlélteti. Itt látható, hogy a rézkábelek jelentősen nagyobb hatással vannak környezetünkre a többi folyamattal szemben. Szintén fontos ki-bocsátással bír a fenntartási és üzemeltetési munka a 20 év során, valamint az aszfaltgyártás. Ez alapján, a tanulmány a rézkábelek mennyiségét és a téli karbantartási munkák igényét vizsgáltam érzékenységvizsgálat tekintetben.

Rézkábelek vizsgálata során a megismételt analíziskor az eredeti mennyiségek módosított értékével számoltam. Ez IPT esetén az eredetileg vizsgált érték fele, áramszedő megoldásakor pedig – mivel az kiforrottabb megoldás, így a szükséges kábelmennyiség tekintetében kevésbé rugalmas – 80%-a. Az így kapott eredmények azt mutatták, hogy így is a vezető út jelentősen kisebb eredményeket ad, de így az áramszedő megoldás mutatott nagyobb negatív hatást az IPT-vel szemben.

Téli karbantartás tekintetében az eredeti modell egyenlő igénnyel számolt, ami az adott környezetben azonos kategóriájú út átlagos évi igényének

120%-ként lett megbecsülve. Azonban feltételezhető, hogy a különböző megoldásoknak különböző a fenntartási igényük, hiszen nem egyezik meg a szennyeződésekkel szembeni érzékenyséjük sem. Ez alapján, mivel az áramszedő megoldásban nincs töltési elem a pályaszerkezetben, itt az eredeti modell értékével számoltam, azonban IPT esetén az eredeti érték 1,5-szeresével, vezető út megoldásakor pedig a 2,5-szeresével. Az így kapott eredmények csak kis mértékben térnek el az eredeti modell eredményeitől, tehát a fenntartási munkák igénye nem befolyásolja nagy mértékben a modell egészének eredményeit. Ez esetben is tehát, az IPT megoldás adta a legmagasabb értékeket.

5. Konklúzió

Az eredményekből látható, hogy a különböző töltési megoldások jelentős hatással bírnak a környezetünkre. Meg kell jegyezni azonban, hogy a modell nem számol a forgalomból adódó hatásokkal, amely a villamosított út 20 éves élete során jelentősen kisebb környezeti terhelést eredményezhet. A SimaPro modell jövőbeni fejlesztése során, a modellt célszerű kiterjeszteni, például az elektromos alkatrészekre (csatlakozó, rács stb.); forgalmi és gazdasági hatásokra; megnövekedett fenntartási igényre, és a megoldások hosszú távú teljesítményével is.

A döntéshozatalhoz szintén érdemes figyelembe venni, hogy a különböző megoldásokat az elektromos járművek felhasználói különböző módon fogadhatják, illetve azt, hogy melyik szektor tudná a megoldásokat leginkább ki-

Áramszedő	Vezető út	IPT
Aszfalt gyártás	254,00 Aszfalt gyártás	253,00 Aszfalt gyártás
Aszfaltkeverék szállítás	0,30 Aszfaltkeverék szállítás	0,30 Aszfaltkeverék szállítás
Építkezés - dízel	0,20 Építkezés - dízel	0,20 Építkezés - dízel
Üzemeltetés és fenntartás	558,00 Üzemeltetés és fenntartás	558,00 Üzemeltetés és fenntartás
Réz kábel	1 949 154,30 Acél sín	13,30 Beton doboz
		Réz kábel

10. táblázat: Egyes folyamatok hatásvizsgálata klímaváltozás tekintetében

használni. Az akkumulátorok megnövelt teljesítménye és a töltési idő csökkenése miatt, a személygépjárművek kisebb mértékben igényelhetik a dinamikus töltési megoldásokat. Ezzel szemben a teherszállítás, ahol a megnövelt terhelés, a rakomány hely- és súly igénye, és az előre megtervezhető útvonalak egyaránt a dinamikus töltési megoldások igényét erősítik. Fontos tehát képzendő töltési megoldást aszerint is megválasztani, hogy mi az, ami leginkább kielégíti a kereslet igényeit.

Irodalomjegyzék

- Chen, F., Balieu, R., Enrique Córdoba, E. & Kringos, N., 2017. Towards an understanding of the structural performance of future electrified roads: a finite element simulation study. *International Journal of Pavement Engineering*, 19. 01..
- Chen, F., Taylor, N. & Kringos, N., 2014.. Electrification of roads Opportunities and challenges. *Applied Energy*, 13. 12.
- eRoadArlanda, 2016. <https://eroadarlanda.se/>. [Online] Available at: <https://eroadarlanda.se/> [Hozzáférés dátuma: 5 2017].
- Georgia Maria Lykogianni Malin Österlind, 2014. *An Electrified Road Future*. Stockholm: ismeretlen szerző

ISO 14040:2006, 2006. *Life Cycle Assessment - Principles and Guidelines*. s.l.:s.n.

ITS Sweden, n.d. <http://its-sweden.se>. [Online] Available at: <http://its-sweden.se/om-oss/what-are-intelligent-transport-systems/> [Accessed 15. 02. 2017].

Scania, 2014. <http://www.scania.com>. [Online] Available at: <http://www.scania.com/group/en/wirelessly-charged-city-bus-tested-for-the-first-time-in-sweden/> [Hozzáférés dátuma: 09 2017].

Siemens, 2017. <https://www.siemens.com>. [Online] Available at: <https://www.siemens.com/global/en/home/products/mobility/road-solutions/electromobility/ehighway.html> [Hozzáférés dátuma: 11. 2017].

SimaPro, dátum nélkül. <https://simapro.com/>. [Online] [Hozzáférés dátuma: 5 2017].

Strippel, H., 2001. *Life Cycle Assessment of Road - A Pilot Study for Inventory Analysis*, Gothenburg, Sweden: s.n.

Tillman, A.-M., Ekvall, T. & Baumann, H., 1993. Choice of system boundaries in life cycle assessment. 12..



A HAPA Fiatal Mérnökök Fórumának Zsűrije 2017. 10.25.

A VALORCOL technológia magyarországi alkalmazhatóságának vizsgálata

Rajcsányi Ferenc



építőmérnök
Minőségirányítási vezető
COLAS Hungária Zrt.

pedig a meglévő építmények felújításakor. A beruházók és – ennek nyomására – a tervezők látóterébe is egyre több „zöld” építőanyag, építéstechnológia, vagy éppen a hosszútávú üzemeltetés szempontjából környezettudatosabb megoldás került.

A világ jelentősebb országaiban az útépités területén egyre nagyobb teret hódítanak azok a technológiák, melyek a meglévő és a bontott anyagok újrahasznosítására építenek. Ezek közül, a meglévő útburkolatok anyagának felhasználására fejlesztették ki a különböző recycling eljárásokat, melyek jelentős része – az alapelvek tekintetében – napjainkban már nem hat újdonságként, elterjedése mégsem meghatározó mértékű Magyarországon.

Ilyen technológia a VALORCOL is, amely az előzőekhez hasonlóan külföldön már széleskörűen és sikeresen alkalmazott, ugyanakkor Magyarországon, még nem hódított teret magának.

A HAPA Fiatal Mérnökök Fórumán második helyezett előadás

1. Bevezetés

A kimerülő nyersanyagkészletek a közúti közlekedés területén is kihívások elé állítják a résztvevőket, köztük az utépítőket is. Az útpályaszerkezetek építése alapvetően energiaigényes tevékenység, a felújítások során kikerülő anyagok nagy energiataralmúak. A bitumen magas ára, a lassan kimerülő kőanyagok szükségességük miatt teszik a bontott, mart utépítési anyagok minél nagyobb mennyiségű újrahasznosítását. Az energiaárak növekedése világszerte arra ösztönzik az aszfaltgyártókat, hogy takarékoskodjanak a felhasznált fűtőanyagokkal, és ezzel párhuzamosan az üvegház hatású gázok kibocsátását is csökkentsék. [1]

Környezetvédelmi szempontoknak egyre inkább érvényesülniük kell mind az új létesítmények építésekor mind

2. Valorcol technológia bemutatása

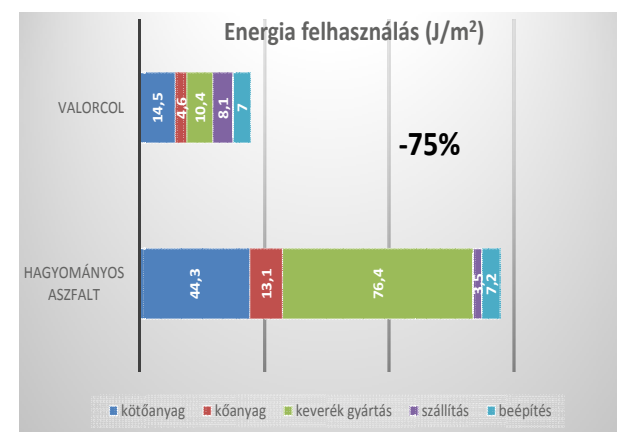
VALORCOL egy a nemzetközi Colas cégcsoport által kifejlesztett hidegmix technológia, amely alapvetően visszanyert aszfalt (RAP) és lassan törő, kationaktív bitumenemulzió keverékéből készül mobil keverő gép felhasználásával.

Az estek jelentős részében a mart aszfalt adhatja a keverék teljes kővázát. Alapanyagaként a felújítandó útszakaszból, vagy a más helyszínről származó aszfalt egyaránt felhasználható. A keverék előállítása mobil keverőgéppel történik, ami telepíthető a kivitelezési helyszín közelébe, vagy egy közeli telephelyre. A VALORCOL technológia a leghatékonyabb környezetbarát megoldások egyike, mivel:

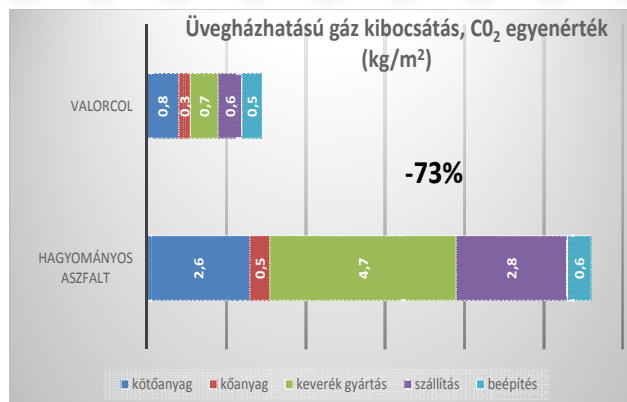
- a csökkenteni lehet a közetvagyon felhasználását,
- a visszanyert aszfaltok alkalmazásával (mart aszfalt bitumen tartalma miatt) csökkenthető a felhasznált kötőanyag mennyisége,
- jó munkaszervezéssel csökkenthető a szállítási távolságok (ezzel együtt a káros anyag kibocsátás csökken),
- a hidegkeverési technológiából adódóan alacsonyabb energiafelhasználást tesz lehetővé.

A technológia alkalmazható közepes és alacsony forgalom terhelése esetén új burkolatként vagy a meglévő útpálya felújításánál akár kopóréteggént, de inkább kötő-, vagy alapréteggént. A magasabb forgalmi kategóriákban csak közbelső (kötő, alap) rétegben alkalmazható aszfaltbeton kopóréteg építésével, beépítési vastagság 3-20cm.

Figyelembe véve az újrahasznosított anyag felhasználást és annak előállítási költségét, a keverék gyártásának alacsonyabb energia igényét, valamint az alacsonyabb szállítási távolságokból adódó alacsonyabb káros anyag kibocsátást a VALORCOL környezetvédelmi szempontból is egy jó



1. ábra: Energia felhasználás a szerkezet egészére vonatkoztatva [2]



2. ábra: Üvegházhatású gázkibocsátás, CO₂ egyenérték [2]

megoldás (1. ábra, 2. ábra). Fontos szempont továbbá az is, hogy a VALORCOL aszfaltok élettartamuk végén 100%-ban újrahasznosíthatóak [2].

3. Valorcol technológiai alkalmazásának Magyarországi tapasztalatai

A Colas Cégcsoport Magyarországon 4 alkalommal épített be VALORCOL keveréket próbaszakaszként.

2006 szeptemberében zajlott a 2618. jelű út 0+175-4+675 km közötti szakaszának a megerősítése, amelyhez a 3. sz. főút 11,5 tonna tengelyterhelésére való megerősítése során keletkezett jelentős mennyiségű mart aszfaltot kellett felhasználni, helyszínrre telepített mobil keverővel.

2009. október 20-án történt a 8417 jelű út Enese – Bezi között szakaszának kivitelezése 500 m hosszban. Itt a VALORCOL beépítése a kötőrétegbe történt, 6 cm vastagságban. A keverék készítése a nyomvonalról 30 km-re található Töltéstavai aszfaltkeverő telepre települt WIRTGEN KMA-150 mobil keverőgéppel történt.

2012-ben a magyarországi országos közutak kezelője a Magyar Közút Zrt. több kísérleti építést rendelt meg mart aszfalt 100%-os felhasználásával hideg keverékekben. A beépítések vegyes eredménnyel zárultak többek között az időjárási nehézségek miatt (késő ősszel kellett a beépítéseket végezni), ezért a Colas magyarországi cégcsoportja elhatározta, hogy ideális építési körülmények között, saját költségén próbaszakaszt épít a technológia tökéletesítésére [3].

A kísérleti szakasz a Colas Út Zrt. Gyöngyösi Bitumenemulzió Üzem területén lett kialakítva, ahol a megépített szakaszt az üzem gépjármű forgalma (szállító tehergépkocsik) terheli.

A kísérleti szakasz kivitelezésére 2013.05.28-án került sor. A laboratóriumi keverék összetételét alapul véve 3%, 4%, 5%, 6% bitumenemulzió felhasználásával

2017 májusában a Colas magyarországi cégcsoporthoz tartozó Colas Északkeleti Kft. Recski bányáüzemében egy teherforgalom által használt út átépítése kapcsán volt lehető-

Tervezett bitumen emulzió tartalom (%)	Oldható kötőanyag tartalom-valós(%)	Víz tartalom (%)	Hézagmentes test. (Mg/m ³)	Marshall test. (Mg/m ³)	Szabad hézag (tf%)	Marshall stabilitás (kN)
3%	8,6	7,28	2,436	2,015	17,3	18,5
4%	9,7	7,59	2,411	1,996	17,2	14,1
5%	10,2	7,55	2,377	1,983	16,6	12,6
6%	10,5	7,68	2,324	1,974	15,1	11,6

1. táblázat: Előkészítő keverékek vizsgálati eredményei

ségünk – több technológia mellett – VALORCOL kötőréteg beépítésére. Az út megfigyelése folyamatban van, jelenlegi állapota korának megfelelő.

4. Laboratóriumi Vizsgálatok

Nemzetközi és hazai pozitív tapasztalatok egyaránt igazolják VALORCOL technológia megvalósíthatóságát, és alkalmazhatóságát. A technológia elterjedésének egyik akadálya lehet, hogy egyelőre nincsenek olyan vizsgálatok, amelyekkel igazolható lehetne a technológia hagyományos aszfaltkeverékkel való egyenértékűsége. Ennek igazolása érdekében végzett laboratóriumi vizsgálatok sorozat célja volt egyrészt a VALORCOL anyag aszfaltmechanikai jellemzőinek meghatározása, majd az eredmények felhasználásával pályaszerkezet méretezés elvégzése.

Az előzőekben ismertetett Gyöngyösön végrehajtott próbabeépítésekhez hasonlóan azonos mart aszfalt és bitumenemulzió felhasználásával több különböző (3%, 4%, 5%, 6%) bitumenemulzió tartalommal készült keverékeket vizsgáltunk, melyek eredményeit az 1. táblázat ismerteti.

Minden keveréken elvégeztük az összetétel vizsgálatot. A megvalósult keverékekből visszanyert oldható kötőanyagtaralom, lényegesen nagyobb volt, mint a tervezett bitumenemulzió tartalom. A többlet kötőanyagot a mart aszfalt kötőanyag tartalmával vittük be a keverékbe, értéke a 4,5%–5–7% között változott (átlagos értéke 5,25% volt).

A testsűrűség és a hézagmentes testsűrűség egyaránt – szinte párhuzamosan – csökkenő tendenciát mutatott a bitumenemulzió tartalom növekedésével.

A bitumenemulzió tartalom növekedésével párhuzamosan csökkent a VALORCOL keverékek szabadhézag tartalma. Ezt a keverék jobb tömöríthetősége okozhatta, a hézagok egy részének helyét el tudta foglalni a bitumenemulzió, így csökkent a szabadhézag tartalom. A hézagtartalommal párhuzamosan érdemes vizsgálni a Marshall stabilitás alakulását, ami a bitumenemulzió tartalom növekedés és a szabadhézag tartalom csökkenés ellenére szintén csökkenő tendenciát mutatott.

Szintén az előkészítő vizsgálatok körében fűrt mintákat vettem a Gyöngyösön 2006-ban beépített a 3–5–6%-os VALORCOL próbaszakaszokból. A 4%-os próbaszakaszon az azóta végrehajtott felületi bevonat beépítés miatt további vizsgálatokat nem tudtunk végrehajtani. A fűrt mintákon végzett vizsgálatok részletes eredményeit mutatja a 2. táblázat.

4.1. Optimális keverékösszetétel kiválasztása

A tovább vizsgálandó keverék összetétel kiválasztása során az előzőekben ismertetett próbakeverési eredményeken túl figyelembe vettük a korábbi próbabeépítésekből származó tapasztalatokat. A tartósság szempontjából fontosnak

	Vastagság (mm)	korrigált merevségi modulus (Mpa)	testűrűség (kg/m ³)	hézagmentes testsűrűség (kg/m ³)	szabad hézag tartalom (%)
Fűrt - 3%	39,1	2763	2095	2489	15,8
Fűrt - 5%	33	3445	2084	2476	15,6
Fűrt - 6%	40,8	4241	2144	2495	14,1

2. táblázat Gyöngyös fűrt minták vizsgálati eredményei

tartottuk a minél kisebb szabadhézag tartalmat, amit a magasabb bitumenemulzió tartalmú keverék választásával tudtunk volna elérni. Ezzel szemben a tapasztalatok azt is igazolták, hogy a kevesebb emulzióval készült próbaszakaszok, még rövidtávon sem váltották be a hozzájuk fűzött reményeket, Gyöngyösön az 5% illetve a 6%-os keverékek egységes aszfalt jellegű pályaszerkezetet képeztek, valamint a 6% bitumenemulziót tartalmazó minták merevség eredményei még az alacsonyabb testűrűségük mellett is összemérhetőek egy hagyományos aszfaltkeverékkel. Így a 6% bitumenemulziót tartalmazó keverékek további vizsgálata mellett döntöttünk.

4.2. A választott összetételű keverék részletes vizsgálatai

A VALORCOL keverék fáradási ellenállását négyponos hajlító vizsgálattal hasáb alakú próbatesteken határoztuk meg (1. kép), mivel tartottunk attól, hogy a trapéz alakú próbatestek kialakítása megviselné mintáinkat. A részletes vizsgálati eredményeket a 3. táblázat szemlélteti.

VALORCOL keveréken korábban még nem vizsgáltak aszfaltmechanikai paramétereket. Merevség vonatkozásában némileg magasabb értéket (változás: +157 MPa) kaptunk, mint a Gyöngyösön elvégzett próbabeépítésekből nyert fűrt mintákból meghatározott érték (3. táblázat). A két eredményt a hasonló vizsgálati eredmények ellenére sem érdemes részletesben összehasonlítani, mivel mind a gyártási körülmények mind pedig az élettartamuk során ért hatások szempontjából eltérőek voltak a vizsgált minták.

A fáradás vizsgálatot 150, 120 és 90 mikrostrain fajlagos megnyúláson végeztük, 15Hz frekvencián, 20°C hőmérsékleten. A tönkremeneteli határként a kezdeti merevség 50%-os csökkenését vettük fel. A fáradási értéként kapott 86



1. kép: Fáradás vizsgálat

nyúlás, a hagyományos aszfaltoknál megszokott értékek alsó osztályába tartozik, viszont azokkal összehasonlítható nagyságrendű. A fáradás eredményei messze felülmúlták várakozásainkat, mivel a próbatestek tönkremenetelétől tartottunk, hiszen a vágásból adódóan az élek mentén, több helyen a kőváz kipergett (1. kép). A vizsgálatra előkészített próbatestek geometriai testsűrűségéből és a Marshall testűrűség arányából megállapítható az is, hogy csak 94–95%-os tömörséget sikerült elérnünk a tömörítés során választott gépbeállításokkal. Ebből pedig következik, hogy a VALORCOL anyagban fáradás szempontjából további tartalékok lehetnek.

5. Valorcol Technológia alkalmazhatóságának vizsgálata

5. 1. Útpályaszerkezet méretezés

Magyarországon az útpályaszerkezetek méretezése során az „Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése” (e-UT 06.03.13) Utügyi Műszaki Előírásban foglaltak alapján járunk el.

Amennyiben azzal a feltételezéssel éltem volna a vizsgálati eredmények alapján, hogy a választott összetételű VALORCOL keverékem megfeleltethető az aszfaltbeton alaprétnek – mivel hasonló vizsgálati eredményeket kaptam –, úgy könnyedén elvégezhető lett volna a pályaszerkezet méretezés. Ugyanakkor az utügyi előírásokban különböző a pályaszerkezeti rétegenként választható aszfalttípusok rengeteg vizsgálat, számítás és hosszú évek tapasztalata alapján álltak össze, figyelembe véve az anyagjellemzőket.

Ezért véges elemes méretező program felhasználásával (ALIZE software segítségével) egy meghatározott útszakaszon a forgalmi terhelés alapján választható két különböző típusú pályaszerkezetre összehasonlító méretezését végeztem el, VALORCOL és hagyományos aszfalt esetében.

5.2. ALIZE program

ALIZE software a francia méretezési módszer alapjaira épül. Elemző módszer, racionális megközelítést alkalmaz a járműáthaladás által a burkolatban okozott terhelések (feszültségek és alakváltozások) elasztikus számítására alapozva. Ezt az elméleti megközelítést laborató-



jellemző	érték
oldható kötőanyag tartalom (%):	9,4
víz tartalom (%)	7,42
hézagmenetes testsűrűség (Mg/m³)	2323
Marshall testsűrűség (Mg/m³)	2046
Szabad hézag (tf%)	11,9
Marshall stabilitás (kN)	20,1
Merevség, Marshall próbatesten, ITCY (MPa)	4398
Fáradási ellenállás	83
Keréknyomképződés, PRD _{AIR} (%)	9,9

3. táblázat: Optimális összetétel vizsgálati eredményei

riumi vizsgálatok és a burkolat-szerkezetek (burkolat-szakaszok, út adatbázis irányítás, útsáv fáradási vizsgálat, stb.) „teljes léptékű” teljesítményanalízise ellensúlyozza. Az általános elv az, hogy a különböző burkolati rétegeknek azt a vastagságát állapítsák meg, amelyek képessé teszik a szerkezetet arra, hogy megfeleljen a forgalmi terheléseknek egy adott időszakra vonatkoztatva.

Az áthaladt egységtengelyek száma annak a terhelésméltódnási számnak felel meg, amelynek tervezett élettartama során a szerkezet ki lesz téve. Az anyagok fáradási és merevségi jellemzői alapján a szerkezet belsejében megengedhető maximális terhelések számíthatóak. Az ágyazatra és a nem kötött rétegekre tervezési kritérium az „E_z” függőleges alakváltozás a réteg tetején. A bitumenes kötésű rétegeknel a tervezési kritérium a vízszintes „E_h” alakváltozás a réteg tetején.[1]

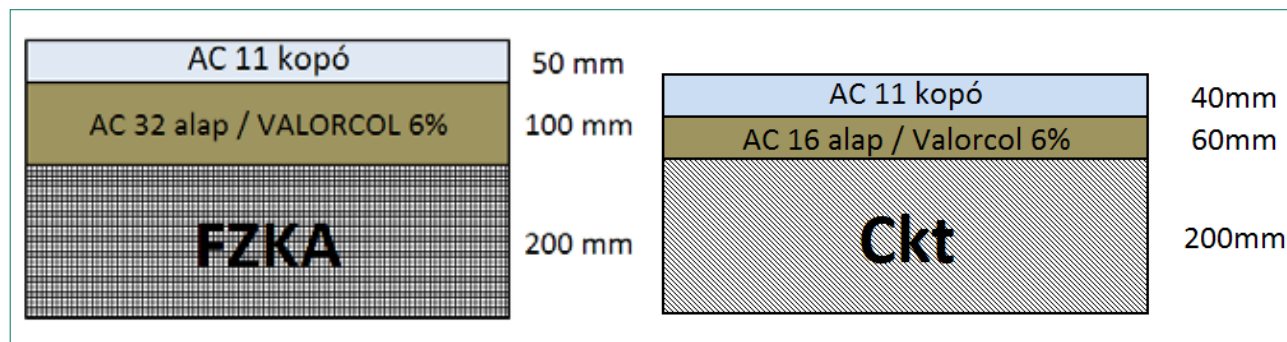
A szerkezeten belüli terheléseket a Burmister-féle több-rétegű rugalmas modell felhasználásával számolja a program. [4]

5.3. Számítások ALIZE program felhasználásával

5.3.1. Számításhoz szükséges alapadatok meghatározása

Az összehasonlító vizsgálatot a 2618. jelű úton végeztem el. Az forgalmi adatok alapján az út a „C” forgalmi terhelési osztályba tartozik. Forgalmi terhelési osztályonként az alapréteg típusától függően a vonatkozó útügyi előírás alapján több pályaszerkezeti variáció választható.

A lehetséges pályaszerkezet variánsok közül a két leggyakrabban használatos típusra folytonos szemeloszlású zúzottkő alaprétegre (FZKA) és a hidraulikus kötőanyagú stabilizációs alaprétegre (CK) végeztem el a számításokat. Így egy hajlékony és félig merev típusra is lett eredményem. (3. ábra).



3. ábra: méretezés során vizsgált pályaszerkezet variációk

5.3.2. Anyagjellemzők és szerkezet típus megválasztása

Az alkalmazott méretező program (ALIZE-LCPC v. 1.04) rendelkezik egy saját anyagkönyvtárral, ahol az LCPC-SETRA Guide-ban (1994)-ban megadott anyagjellemzők választható opcióként szerepelnek.

Az 3. ábra szerint kiválasztott pályaszerkezeti anyagoknak csak egy részét tartalmazza az anyagkönyvtár, így – természetesen – a VALORCOL keverék sem szerepel az alapadatok között. Ezért aszfaltok tekintetében a vizsgált útszakaszhoz legközelebb álló aszfaltkeverő telepünkön rendelkezésre álló keverékek vizsgálati eredményeinek átlagát, VALORCOL esetében pedig az előzők szerint meghatározott anyagjellemzőket használtam (4. táblázat). További anyag típusok és anyagjellemzők vonatkozásában a program anyagkönyvtárában megtalálható anyagjellemzők közül választottam.

5.4. Határértékek meghatározása

Az anyagtípus, a pályaszerkezeti réteg jellege, annak elhelyezkedése és vastagsága alapján a program meghatározza az adott réteg szempontjából a mértékadó igénybevét típusát és annak értékét (5. táblázat).

5.4.1. Hajlékony pályaszerkezet igénybevételeinek meghatározása

A pályaszerkezeti modell felállítása és terhelési és forgalmi adatok megadását követően már csak egy-egy gombnyomás a pályaszerkezeti rétegekben fellépő igénybevételek meghatározása.

A program – az áthaladó kerékterhelés által keltett alakváltozási teknő alapján – külön meghatározza az igénybevételeket:

- a réteg alsó és felső síkjában,
- az ikerkerekek súlyponti tengelyében és a kerék tengelyvonalában,
- a kerék haladási irányában és arra merőlegesen.

Majd táblázatosan közli a rétegenként azok alsó és felső síkjában számított maximális értékeket.

Mivel összehasonlító méretezést végeztem, ezért a táblázatban egymás mellett szerepeltettem a hagyományos aszfalttal (jelölés: AC32) és VALORCOL felhasználásával készült pályaszerkezet eredményeit. Látható, hogy a kialakult igénybevételek jellege hasonló mindkét rétegrend esetében, a VALORCOL-nál az igénybevételek némileg nagyobbak.

A 6. táblázatban világosszürkével jelöltem azokat az értékeket, amelyek megengedett értékkel rendelkeznek, viszont az igénybevétel nem haladja meg azt, illetve piros

Jelölés	Merevség (MPa)	Fáradás (μstrain)
AC 11 kopó (F)	8036	111
AC 16 alap (F)	8133	121
AC 32 alap	7272	105
VALORCOL	4398	83

4. táblázat: ALIZE program, felhasznált anyagjellemzők

Réteg	Határparaméter	Érték
AC 11 kopó (F)		130,2
AC 16 alap (F)		182,9
AC 32 alap (F)	Fajlagos megnyúlás a réteg alján (E _r - μdef)	129,5
VALORCOL-6 cm		111,8
VALORCOL-10cm		114,8
FZKA	Fajlagos összenyomódás (E _z - μdef)	810,2
CKT	Hajlító feszültség (σ _t - MPa)	1,73
Altalaj	Fajlagos összenyomódás (E _z - μdef)	900,3

5. táblázat: ALIZE program, megengedett értékek

jelölést alkalmaztam azokban az esetekben, ahol az igénybevétel meghaladja a határértékeket.

Látható, hogy mind a kopó mind pedig az alaprétegben bármely alapréteg anyag felhasználásánál az igénybevétel (alakváltozások) lényegesen meghaladta a megengedett értéket. Vagyis erre a terhelésre egyik pályaszerkezeti variáns sem felelt meg.

5.4.2. Féligmerev pályaszerkezet igénybevételek meghatározása

A félig merev pályaszerkezet-típus esetében kialakuló feszültségeket és alakváltozásokat a 7. táblázatban összegeztem, szintén szürkével jelöltem a határértékkel rendelkező – jellemző – igénybevételeket.

Félig merev pályaszerkezet esetében szintén elmondható, hogy az igénybevételek lefutása hasonló mindkét kevertípussal készült pályaszerkezet esetében, a VALORCOL keveréknél az alakváltozások és feszültségek némileg na-

igénybevétel helye		ε _T horizontál AC32alap	ε _T horizontál Valorcol	σ _T horizontál AC32alap	σ _T horizontál Valorcol	E _z vertical AC32alap	E _z vertical Valorcol
kopó r.	r. teteje	79,6	70	1,267	1,231	-105,7	-123,2
	r. alja	22,2	2,3	0,516	0,289	5,4	29,1
alap r.	r. teteje	22,2	2,3	0,468	0,179	9,1	29,1
	r. alja	-188,9	-256,8	-1,893	-1,54	177,6	57,9
FZKA	r. teteje	108,1	127	0,104	0,124	-41,2	244,6
	r. alja	-223,8	-272	-0,107	-0,13	259,6	-48,3
talaj	r. teteje	123,6	140,4	0,029	0,033	292,8	308,1

6. táblázat: Hajlékony pályaszerkezet, fajlagos alakváltozások és feszültségek együttdolgozó kapcsolat feltételezésével

gyobbak, de a különbség nem számottevő. Elvégeztem az igénybevételek és megengedett értékek összehasonlítását. A határértékkel rendelkező paraméterek alatt maradtak a megengedett értékek, vagyis „C” forgalmi kategóriában mindkét félig merev pályaszerkezet variáció alkalmazható.

5.5. Egyenértékűség meghatározása

Az előzőekben elvégzett számítások során arra az eredményre jutottam, hogy a hajlékony pályaszerkezeti variációk nem felelnek meg igénybevétel szempontjából, ez igaz a hagyományos aszfaltból készült típusra is. Ugyanakkor a félig merev változatok kielégítik a követelményeket.

Az ébredő igénybevételek tekintetében azért természetesen vannak eltérések adott pályaszerkezet típusonként felhasznált eltérő alapanyagok esetében. Mégpedig a VALORCOL-ból készült keverékekben mindig valamivel nagyobbak az ébredő feszültségek és a fajlagos alakváltozások.

Ezért megvizsgáltam, hogy mekkora az a VALORCOL rétegvastagság, amely alkalmazásával a rétegben ébredő igénybevételek lecsökkennek az ugyanazon pályaszerkezet típus esetében hagyományos aszfalt felhasználásával – az Útügyi Műszaki Előírásban megadott vastagságban – készült alaprétegben számítottá. A számított értékeket a 8. táblázat gyűjtöttem ki.

A táblázatból látható, hogy a hajlékony pályaszerkezet esetében 4,5 cm félig merev pályaszerkezet esetében pedig 2,5 cm többletvastagságra volt szükség ahhoz, hogy a VALORCOL rétegben ébredő fajlagos megnyúlások lecsökkenjenek akkora értékre, amekkorák a hagyományos aszfaltban jelentkeztek.

Tehát hajlékony pályaszerkezet esetében 14,5 cm, félig merev pályaszerkezetnél pedig 6,5 cm alapréteg vastagság tekinthető – a terhelésből származó igénybevételek szempontjából – egyenértékűnek a hagyományos aszfaltból készült 10 cm-es hajlékony-, és 6cm-es féligmerev pályaszerkezet alapréteg-vastagsággal.

6. Összegzés, végkövetkeztetések

A részletes – aszfaltmechanikai jellemzőkre is kiterjedő – vizsgálatok során sikerült meghatároznom egy VALORCOL keverék fáradását, merevségét, és keréknyomképződési hajlamát. Az eredmények kiemelkedő fontosságúak, mivel ezekre a jellemzőkre a hazai és nemzetközi szakirodalomban sem találtam korábbi példát.

igénybevétel helye		ϵ_T horizontal	ϵ_T horizontal	σ_T horizontal	σ_T horizontal	ϵ_z vertical	ϵ_z vertical
		AC16alap	Valorcol	AC16alap	Valorcol	AC16alap	Valorcol
kopó r.	r. teteje	27,3	22,1	0,393	0,353	3,2	-1,2
	r. alja	11,2	14,2	0,358	0,416	22,2	27,7
alap r.	r. teteje	11,2	14,2	0,39	0,233	21,7	65,2
	r. alja	11,2	14,2	0,258	0,184	21,1	50,1
FZKA	r. teteje	11,2	14,2	0,515	0,622	8	6,4
	r. alja	-35,6	-37,6	-1,03	-1,085	20,8	21,8
talaj	r. teteje	32	33,9	0,007	0,007	69,1	73,6

7. táblázat: Félig merev pályaszerkezet, fajlagos alakváltozások és feszültségek

Hajlékony pályaszerkezet		Félig merev pályaszerkezet	
vastagság (cm)	ϵ_T -horizontal	vastagság (cm)	ϵ_T -horizontal
10	-256,8	6	14,2
10,5	-247,8	6,5	13,5
11	-239,1	7	12,8
11,5	-230,9	7,5	12,2
12	-223,1	8	11,6
12,5	-215,6	8,5	11,1
13	-208,4	9	10,6
13,5	-201,6	9,5	10,1
14	-195,1	10	9,6
14,5	-188,8	10,5	9,2

8. táblázat: Fajlagos alakváltozások változása rétegvastagság szerint

További fontosság a fenti jellemzőknek, hogy a napjainkban alkalmazott végeselmes programok általában a fáradás és merevség felhasználásával számítják az útpályaszerkezeti rétegekben ébredő igénybevételeket. A számítások azt mutatták, hogy:

- a félig merev pályaszerkezet esetében a VALORCOL anyag kielégítik a követelményeket;
- a hajlékony pályaszerkezet esetében sem az alkalmazott hagyományos aszfalt, sem pedig VALORCOL nem felel meg az igénybevételeknek.

Megfigyelhető, hogy a VALORCOL anyagban ébredő igénybevételek némileg nagyobbak mint a hagyományos aszfaltban, de azok lefutása megegyezik. Így végezetül sikerült meghatároznom azt a növelt VALORCOL rétegvastagságot, amely esetében az éberdő igénybevételek már megegyeztek a hagyományos aszfaltban ébredőekkel, vagyis azzal egyenértékűek.

A vizsgálati eredmények és a végeselmes számítások alapján elmondható, hogy a technológi – megfelelő anyag összetétel esetén – valós alternatíva lehet a hagyományos aszfaltok helyett alap és kötőrétegekben.

Remélem, hogy eredményeim tovább javítják a technológia alkalmazásának hazai esélyét.

Irodalomjegyzék

Fenntartható útügy nemzeti gazdaság szintű optimalizálása.

Munkabizottsági jelentés (Budapest, 2013)

Colas – Valorcol Technical Notice

Agnes Gorgenyi, Zoltan Puchard, Gabor Roszik: Cold recycling producing and trial sections made by Colas Hungary

ALIZE-LCPC Software (v 1.3) – User Manual (2011. január)

Útpálya burkolatok korai hibái, azok okai és javításuk módjai

Zsíros Róbert



garanciális koordinátor
Colas Út Zrt.

1. Bevezető

A tárgyi témával a Széchenyi István Egyetem Ütégi Technológiai Szakmérnök képzés keretein belül foglalkoztam részletesen. A témán belül pedig elsősorban az aszfalt és beton útburkolatok összehasonlítása volt a célom a garanciális időszakban tapasztaltak alapján. Ezzel véleményem szerint azért fontos foglalkozni, mert Magyarországon a betonburkolatú utak fenntartásával kapcsolatban jelenleg még kevés tapasztalat áll rendelkezésre, ami részben annak köszönhető, hogy a betonburkolatú utak aránya hazánkban jelentősen elmarad a nyugat európai átlagtól. Ezen lemaradás okai pedig elsősorban a magyar útépités történelmében keresendők.

2. Aszfalt- és betonburkolatú utak építése Magyarországon

A két burkolattípust magyarországi történelmét összehasonlítva az első jelentős különbség, hogy az első aszfaltburkolatú útpálya hozzávetőleg 50 évvel korábban épült az első betonburkolatú útpályánál. Továbbá meg kell jegyezni, hogy míg az aszfalt magyarországi térnyerése az útépitésben gyakorlatilag a kezdetektől fogva folyamatos, addig ugyanez a beton útburkolatok hazai alkalmazásáról már nem mondható el. A hazai úthálózaton 1975-ig mondható folyamatosnak a betonburkolatok terjedése. A betonburkolatú utak aránya 1965-ben érte el a maximumát az országos közúthálózaton, ami 5%-ot tett ki. 1975-ben különböző tényezők következtében befejeződött a betonburkolatú útépités az országos közúthálózaton, aminek következtében 2002-re 0,2%-ra csökkent a betonburkolatú utak aránya a hazai közúthálózaton. A hosszú szünet után végül 2006-ban tért vissza a betonburkolat az országos közúthálózatra az M0 keleti szektor M5 és 4-es számú főút közötti szakaszának forgalomba helyezésével. A Budapest körüli gyorsforgalmi hálózaton azóta is folyamatos a betonburkolatú utak terjedése.

A leírtakból látszik, hogy a beton útburkolatok újbóli alkalmazása óta még csupán 11 év telt el, ami a beton útpálya burkolatok élettartamára vetítve nem tekinthető hosszú időszakknak. Jelenleg viszont csupán az ebben az időszakban

szerzett tapasztalatok állnak rendelkezésre a betonburkolatú utak jellemző hibáival és fenntartásával kapcsolatban, így ezeket összegezve és elemelve tudjuk összehasonlítani az aszfalt és beton útburkolatokat, továbbá ezek alapján tudunk hosszabb távú következtetéseket levonni a betonburkolatokra vonatkozóan.

3. Aszfalt útpálya burkolatok jellemző hibái

A jellemző hibák áttekintése előtt az azokat kiváltó külső tényezőket is fontos összefoglalni. Az aszfalt útpályára ható tényezők közül az egyik legfontosabb a burkolatot terhelő forgalom nagysága és összetétele, ezen belül is a nehézgépjármű forgalom ismerete. A csapadék szintén fontos szerepet játszik az útpálya burkolatok leromlásában, és károsító hatását számos módon kifejezheti. Az éghajlati tényezők közül a hőmérsékletet is meg kell említeni. Az altalaj minősége szintén hatással van az útpályára, hiszen végső soron ez viseli a burkolaton keletkező forgalmi terhelést. Meg kell még említeni továbbá az építési minőséget és a fenntartási munkák rendszeres elvégzésének fontosságát is.

A környezeti hatások közül a magas hőmérsékletnek valószínűleg egyre nagyobb szerepe lesz az elkövetkezendő években, hiszen elég csak az elmúlt években tapasztalható hőhullámokra gondolni. A magas hőmérséklet hatására ugyanis csökken a bitumen viszkozitása, aminek eredményeként nagyobb eséllyel jelenhetnek meg nyomvályúk a nagy nehézgépjármű forgalommal terhelte szakaszokon, különösen azokon a részeken, ahol gyakoriak a forgalmi dugók. A magas hőmérséklet hatására láthatunk egy példát az 1. képen is. A képen egy Londontól 87 kilométerre északra található út látható. A képen megfigyelhető, hogy a 2017. júniusban tapasztalható hőhullám következtében a forgalom hatására a keréknyomokban gyakorlatilag levált a kopóréteg a kötőrétegről.

Az aszfaltburkolatokon megjelenő hibákat 4 nagy csoportba oszthatjuk. Ezek a repedések, alakváltozások (pl.: nyomvályúk), szétesés (pl.: kátyúk) és a felületi hibák (pl.: izzadás).



1. kép: Réteg leválás a magas hőmérséklet hatására

4. Beton útpálya burkolatok jellemző hibái

A beton útpályára ható tényezők megegyeznek az aszfaltburkolatoknál leírtakkal. Fontos megjegyezni azonban, hogy például a hőmérséklet részben más hatással van a betonburkolatokra, mint az aszfaltburkolatokra. A betonburkolatok érzékenyebbek a nagy napi hőingadozásra, mivel ilyen esetben a felszínük jobban követi a lég hőmérséklet alakulását, mint a betonpálya belseje, aminek következtében belső feszültségek ébrednek a betonban, és ezen feszültségek hajszálrepedések kialakulásához vezethetnek. A magas hőmérséklet hatására láthatunk egy példát a 2. képen. A képen a németországi Abensberg település közelében lévő útszakasz látható. A képen látható táblarobbanás kiváltó oka a nagy meleg miatti hőtágulás következtében egymásnak feszülő táblavégek tönkremenetele.

A betonburkolatokon megjelenő hibákat szintén 4 nagy csoportba lehet besorolni. Ezek a repedések és törések, hézaghibák, felületi hibák (pl.: felület polirozódása) és az egyéb hibák (pl.: táblarobbanás).

Mind az aszfalt mind a betonburkolatokon megjelent hibákkal kapcsolatban fontos megjegyezni, hogy azok jelentős része kezeletlen repedésekből alakul ki, ami miatt fontos lenne, hogy a fenntartási munkák részeként minden évben a téli időszak előtt és után kiöntéssel lezárásra kerüljenek a burkolatrepedések.

5. Az M0 autótút keleti szektor K4 jelű szakasz garanciális feladatainak bemutatása

Az M0 autótút keleti szektorának K4 jelű szakasza betonburkolattal került kivitelezésre. Az útpálya az M3 autópályát köti össze a 3-as számú főúttal, a hossza pedig közel 7,9 km. A kivitelezés költsége közel 22 milliárd Ft volt. A szakasz a 3-as számú főúttól a csömöri lehajtóig 2x2 sáv + leállósávval épült, innen pedig az M3 autópályáig 2x3 sáv + aszfalt leállósáv épült. A betonpálya hézagaiban vasalt, a vastagsága pedig 26 cm. A szakasz garanciális időszaka 2008.09.16-án indult. A 3. képen a bedolgozó géplánc látható.

Az útszakaszon felmerült hibákat a javítási módszerek alapján csoportosítottam. Ezek a kiöntéssel javítható hibák, felületi bevonattal javítható hibák, műgyantával javítható hibák és a betontábla cserével javítandó hibák.

A javítási módszerek közül a felületi bevonattal érdemes részletesebben is foglalkozni, mivel 2014-ben még nem állt rendelkezésre hazánkban ilyen technológia.



2. kép: Tábla robbanás a magas hőmérséklet hatására

Az alkalmazott felületi bevonat az estrodur volt, ami alacsony viszkozitásának köszönhetően behatol a repedésekbe és a lyukakba és lezárja azokat, a későbbiekben pedig a forgalom lekoptatja a burkolatfelületen maradó anyagot. A 4. képen a bedolgozás utókezelési fázisa látható. Az 5. képen a felületi bevonat jelenlegi állapota látható. A képen megfigyelhető, hogy a betonfelületről valóban teljes mértékben lekopott a bevonat, a mélyedésekben viszont bent maradt az anyag, így zárva le azokat.

A szakasz javítási költségei eddig összességében 100,7 millió Ft-ot tettek ki. A költségek eloszlásáról elmondható, hogy mivel 2013 őszén zárult a szakasz jótállási időszaka, és az ekkor bejelentett hibák javítására 2014-ben került sor, emiatt a teljes javítási költség majdnem 80%-a ebben az évben merült fel. A költségekkel kapcsolatban érdemes még megjegyezni, hogy a biztonságos munkavégzéshez szükséges forgalomterelés költsége csaknem 25%-ot tett ki.

6. Az M85 autótút Enese elkerülő szakasz garanciális feladatainak bemutatása

Az M85 autótút Enese elkerülő szakasza aszfaltburkolattal került kivitelezésre. A szakasz hossza 7 km. A kivitelezés költsége közel 6,3 milliárd Ft volt. A szakasz 2x2 sávval épült leállósáv nélkül, de szélesített nemes padkával, és bizonyos távolságokként aszfaltozott kiállókkkal. Az aszfaltpálya vastagsága 20 cm, és 3 rétegben került terítésre. A szakasz garanciális időszaka 2011.12.21-én indult.

Az útszakaszon felmerült hibákat ebben az esetben is a javítási módszerek alapján csoportosítottam. Ezek a kiöntéssel javítható hibák és az aszfaltozással javítható hibák.

A szakasz javítási költségei eddig összességében 6,7 millió Ft-ot tettek ki. A költségek lefutásával kapcsolatban elmondható, hogy mivel 2016-ban zárult a szavatossági időszak, és ekkor kellett elvégezni a korábban megfigyelés alá helyezett hibák javítását is, emiatt ebben az évben merült fel a javítási költségek 77%-a. A forgalomterelés költsége ebben az esetben 20%-ot tett ki.

7. Aszfalt- és betonburkolatú utak összehasonlítása a garanciális időszakban tapasztaltak alapján

A két projekt összehasonlítása során a forgalomnagysággal kell még foglalkozni a burkolat állapotát befolyásoló tényezők közül. A vizsgált időszakban az M0K4 szakaszon 48.212 egységjármű volt az átlagos napi forgalomnagyság, az ösz-



3.kép: M0 autótút keleti szektor építése



4.kép: felületi bevonattal javított hiba utókezelése

sesítet forgalomnagyság pedig 140.778.310 egységjármű volt. Az M85 Enese elkerülő esetében 13.216 egységjármű volt az átlagos napi forgalomnagyság a vizsgált időszakban, az összesített forgalomnagyság pedig 24.119.565 egységjármű volt. Ebből látható, hogy az M0 autótúton 3,5 szer volt nagyobb az átlagos napi forgalomnagyság, összességében pedig 6 szor volt nagyobb a vizsgált időszak forgalma az M0-on.

Az alkalmazott javítási módszereket összehasonlítva a két projekten megállapítható, hogy a repedések és hézagok javításában nincs jelentős különbség a két burkolatfajta között, ugyanakkor a betontáblák repedéseinek lezárására a műgyanta alapú kiöntőanyagok alkalmazása javasolandó. A kisebb lokális hibák javítása aszfaltburkolatoknál jellemzően kátyúzással, betonburkolatoknál pedig műgyantával történik. A két technológia között a bedolgozási és szilárdulási időben nincs jelentős különbség. A két technológia közötti különbség az alkalmazhatóság hőmérsékleti tartományában és a költségekben mutatkozik. Műgyanta felhasználásával 5°C alatt nem végezhető javítás, az árakat összehasonlítva pedig azt tapasztaljuk, hogy a műgyantás javítások fajlagos költsége két nagyságrenddel nagyobb a kátyúzással végzett javítások fajlagos költségénél. A felületi bevonattal kapcsolatban annyit érdemes megjegyezni, hogy aszfaltburkolatok javításainál nem jellemző ezen technológia alkalmazása hazánkban. A vizsgált betonburkolaton alkalmazott felületjavítási technológia fajlagos költsége pedig azonos nagyságrendű a műgyantás javításokéval. A géplánccal végzett aszfaltjavítás és egy betontábla csere költségét összevetve hozzávetőlegesen 1,8 szer került többbe a táblacsere, mint egy azonos felületű teljes aszfaltvastagságot érintő javítás. A két javítási mód között a technológiai időben mutatkozik még jelentős különbség, mivel a cserélt betonburkolatra csak a 10–14 napos kötési idő letelte után engedhető ismét rá a forgalom.

A vizsgált projekteken bejelentett hibák számát összehasonlítva elmondható, hogy az aszfaltburkolatú szakaszon több hiba jelent meg, de ez a különbség nem jelentős. Az összesített javítási költségeket összehasonlítva megállapítható, hogy a betonburkolaton 15 ször nagyobb költségek merültek fel. Ahhoz, hogy összehasonlíthatóak legyenek a két projekt javítási költségei, véleményem szerint figyelembe kell venni a kivitelezés óta eltelt időt, a szakaszok hosszát és a forgalom nagyságát. Ezen tényezők figyelembe vétele után az adódik, hogy az M0K4 szektoron 805 Ft/(év*km*10.000E), az M85 Enese elkerülőn pedig 359 Ft/(év*km*10.000E) javítási költség merült fel átlagosan az ed-



5.kép: felületi bevonattal javított hiba forgalom hatása után

digiekben. Ebből pedig látható, hogy a vizsgált betonburkolat javítási munkái 2,3 szer kerültek éves szinten többre. Az M0K4 szakasszal kapcsolatban fontosnak tartom megjegyezni, hogy a jótállási időszak végén olyan hibák is javításra kerültek, amiknek a mértéke még nem indokolta volna a javítás akkori elvégzését. Ha ezen hibák javítási költségét levonjuk az összesített költségekből, akkor a betonburkolat javítási munkái 1,6 szor kerültek éves szinten többre.

8. Összegzés

Összegezve az eddigieket megállapítható, hogy a hibapontok számában nem mutatkozott jelentős eltérés a vizsgált aszfalt és betonburkolatú útszakasz között. Az alkalmazott javítási technológiák között lényeges különbség mutatkozik a technológia időkből, aminek elsősorban a beton kötéséhez szükséges idő az oka. A hibák javításának fajlagos költségét összehasonlítva megállapítható, hogy egyes javítások fajlagos költsége akár két nagyságrenddel is nagyobb lehet betonburkolatok esetében. A javítások összesített költsége emiatt lényegesen nagyobb betonburkolatok esetében. Fontos viszont megjegyezni, hogy a betonburkolatok várható élettartama hozzávetőleg 50 év, szemben az aszfaltburkolatok 25 éves várható élettartamával. Emiatt pedig a betonburkolat élettartamára vetített fenntartási költségeket figyelembe véve már korántsem biztos, hogy előnyösebb aszfaltburkolatú utat építeni a nagy forgalmat lebonyolító szakaszokra. A növekvő közúti nehézgépjármű forgalom is a betonburkolatok építése mellett szól, mivel az aszfaltburkolatokon terhelés hatására nyomvályúk jelenhetnek meg. A változó éghajlati viszonyok szintén a betonburkolatok építése mellett szólnak, hiszen elég csak az elmúlt évek nyári időszakaiban tapasztalható sok esetben több hétig tartó hóhullámokra gondolni, amik szintén károsan befolyásolják az aszfaltburkolatok teherbíró képességét. Ezen tényezők miatt pedig a nagy nehézgépjármű forgalommal terhelt útszakaszokon a jövőben mindenképp számításba kell venni a betonburkolatok alkalmazását is.

9. Felhasznált irodalom

- [1] Dr. Töröcsik Frigyes: Az elfeledett évforduló Autósélet, 2015/6–7., 32–33. oldal, 2015
- [2] Dr. Ambrus Kálmán: Útpályszerkezetek fejlődéstörténete Útfenntartási és üzemeltetési szakmérnöki szak, 2012. I. félév 1/1. témakör, 39–55. oldal, 2012

- [3] Dr. Töröcsik Frigyes: A hazai aszfaltútépítés 150 éves története
KTE Ütügyi napok, Szeged, 2015. szeptember 15–16., 5–34. oldal, 2015
- [4] Dr. Liptay András: A betonútépítés helyzete és jövője Magyarországon I.
BETON szakmai havilap, 1996. január IV. évf. 1. szám, 8–9. oldal, 1996
- [5] Dr. Keleti Imre: Beton, a közlekedésépítés tartós szerkezeti anyaga
Magyar Építéstechnika, 2014/12., 10–14. oldal, 2014
- [6] Dr. Karsainé Lukács Katalin, Bors Tibor: Betonburkolatú utak, az útépítés új kihívásai
Szilikátipari Tudományos Egyesület konferenciája, Budapest, 2009. február 17., 6. oldal, 2009
- [7] Dr. Liptay András: A betonútépítés helyzete és jövője Magyarországon II.
BETON szakmai havilap, 1996. január IV. évf. 2. szám, 10–11. oldal, 1996



A HAPA Fiatal Mérnökök Fórumának hallgatósága. 2017.10.25.

Az útfelújítások és a térinformatika kapcsolata

Dobák István



térinformatikus
Budapest Közút Zrt.

1. Bevezetés

A Budapest Közút Zrt. látja el a Fővárosi Önkormányzat tulajdonában lévő utak, hidak, műtárgyak, egész Budapesten a forgalomtechnikai létesítmények, valamint a nem fővárosi tulajdonú, de a közösségi közlekedés által igénybe vett utak üzemeltetési és fenntartási feladatait (1084 km útpálya, 293 db híd, 68 db aluljáró, 73 db támfal és lépcső, 4300 km forgalomtechnikai objektum, kb. 130 000 db jelzőtábla, 1023 db jelzőlámpás csomópont).

A fenti számokból jól látható, hogy mekkora adatmennyiséget kell folyamatosan kezelni, frissíteni és naprakészen tartani. A Nyilvántartási osztály feladatai a következők:

- Jogi és vagyonnyilvántartás
- Műszaki tulajdonságok nyilvántartása
- Állapot nyilvántartás
- Folyamatok dokumentálása
- A nyilvántartott adatok segítségével a Döntés előkészítés
- Adatszolgáltatások



1. A Budapest Közút Zrt. által kezelt és üzemeltetett utak

Műszaki nyilvántartási tevékenységeink közé tartozik:

- Térinformatikai alapú, közterületi nyilvántartás vezetése
- Objektumalapú eszközlétár a KARESZ alapján
- Tulajdonosi, kezelői határok vezetése
- Útfelújítások dokumentációinak, adatainak térképi nyilvántartása
- PMS, IRI, Teherbírás mérés

Azon dolgozunk, hogy az eddigi papír alapú nyilvántartást egy egységes, könnyebben kezelhető térinformatikai rendszerrel váltsuk ki, és ez által a kollegák és a tervezők dolgát is megkönnyítsük. Így nem a tervtárakban kell keresgélni a tervek között, hanem egy helyen, egy egységes rendszeren belül lehet megtalálni a keresett adatokat, illetve többek között az adatok leszállására is lehetőség van (adott időpont, terület, adott munkatípus,...).

Az alábbiakban szeretném bemutatni, hogy eddig milyen elemek állnak rendelkezésre a rendszernek, és mik a távlati céljaink.

2. Útfelújítások és egyéb közterületet érintő munkák nyomon követése térinformatikai alkalmazásokkal a koncepcionális tervektől egészen a kivitelezés végeztéig

A Nyilvántartási osztályunk egyik fő feladata az útfelújítási projektek és egyéb közterületet érintő munkák nyomon követése. Arra törekszünk, hogy mindegyik munkafolyamatnál rendelkezésre álljon egy olyan térinformatikai alkalmazás, amely segítséget tud nyújtani döntések előkészítésében, a feladatok összehangolásában, a szakterületek munkájában. A következőkben részletesen is bemutatom az egyes munkafolyamatok során begyűjtött, feldolgozott adatokat, valamint a térinformatikai rendszerek nyújtotta lehetőségeket és előnyöket.



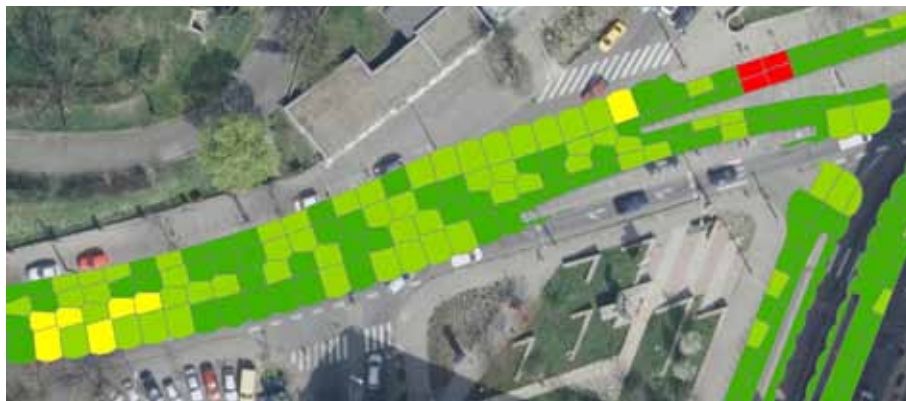
2. Kezelői határok

2.1. Koncepcionális tervezési szakasz:

Az útfelújítási munkák kezdeti szakaszában kétféle módon tudunk megfelelő mennyiségű adatot biztosítani az



3. Tervezett útfelújítások



4. Forgalmtechnikai alaptérkép



5. Útállapotok jelölése



6. Feldolgozott teherbírásmérés adatok

érintettek számára. Egyrészt rendelkezésre áll az Útburkolat-gazdálkodási rendszer (PMS), másrészt pedig a Közterületi Adatok Publikációja (KAPU) rendszerben folyamatosan rögzítésre kerülnek – többek között – a tervezett és folyamatban lévő közterületi munkák is. A KAPU egy olyan online, térképi támogatással ellátott **térinformatikai adatbázis, amiben az egyes műszaki paraméterek és objektumok különböző rétegeken megjeleníthetők, szűrhetők és lekérdezhetők.**

A PMS a közúti közlekedési infrastruktúra fenntartását érintő döntéshozatalhoz képes támogatni objektív műszaki szempontok alapján, rendszerezett paraméterek vizsgálata és értékelése útján. Ezzel is elősegítve a szűkösen rendelkezésre álló pénzügyi, humán, műszaki erőforrások optimális felhasználását, valamint lehetőséget biztosítva hálózati- és lokális elemzésekre is. Így több éves útfelújítási programok tervezésénél is támogatást tud nyújtani a méréseken alapuló elemzések alapján (pl. Melyik utat mikor optimális felújítani, és mi a várható költsége?), illetve egyes felújítási szakaszok azon lokális hibáinak meghatározására is alkalmas, melyek kijavítása után a teljes szakaszt már elég egy egyszerűbb műszaki tartalommal felújítani (pl. Meghatározható, hogy hol kell teljes pályaszerkezetet építeni, és hol elég csak 1 réteg aszfalt).

A KAPU rendszer „Tervezett és folyamatban lévő közterületi munkák” rétege főként a munkaszervezésben tud nagy segítséget nyújtani a kollégák számára, ugyanis ezen a rétegen találhatóak meg a tervezett útépitések valamint útfelújítások, és a munkák előrehaladtával az ezekhez tartozó adatok is folyamatosan frissülnek. Egy-egy munkánál rögzítésre kerül többek között a tervezett beavatkozási terület, a beavatkozás tervezett módja, a kivitelezés tervezett dátuma és a várható forgalmi hatások, így lehetőséget tud biztosítani a feladatok időbeli és térbeli összehangolására, vagyis csökkenthetők az útfelújítások/útépitések városi közlekedésre gyakorolt kedvezőtlen hatásai.

2.2 Tervezési szakasz

A tervezési szakaszban rendelkezésre állnak a Közúti Adatgyűjtő Rendszer (KARESZ) által előállított tervezési alaptérképek (melyek természetesen az aktuális forgalmi rendet is ábrázolják), valamint olyan nyilvántartott, útfelújítások tervezését segítő műszaki adatok, mint például:

- régi útfelújítások adatai
- megvalósulási dokumentációk
- teherbírás eredmények
- pályaszerkezeti fűrészek
- pályaszerkezeti adatok régi tervek alapján

A felsorolt adatokból is látszik, hogy nem csak alaptérképet tudunk biztosítani a tervezők számára, hanem olyan háttér-információkat, műszaki paramétereket is, melyekkel műszakilag pontosabban tervezhető, és alátámasztható a felújítás módja. A pontosabb tervezés pedig hatékonyabb költséggazdálkodást tesz lehetővé.



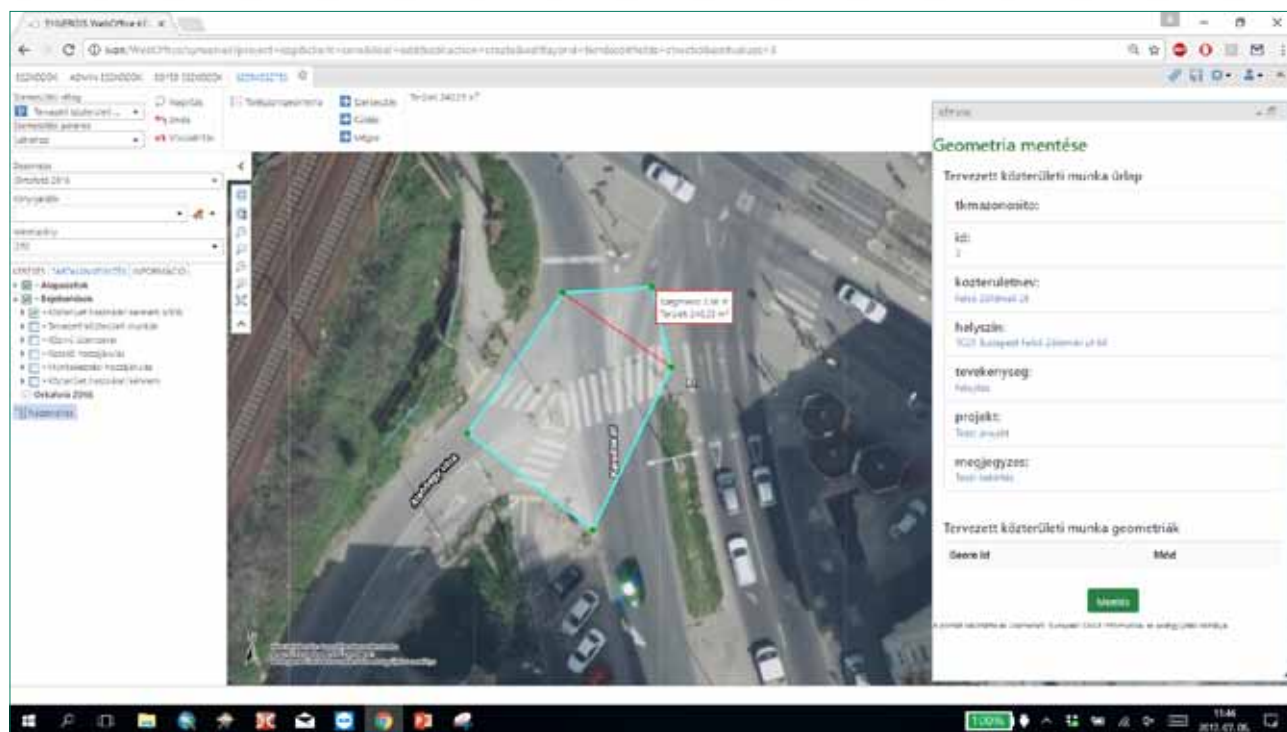
7. TKM rendszer térképi felülete

2.3. Engedélyezési szakasz

A munkák engedélyezési szakaszának támogatására két térinformatikai alkalmazást üzemeltetünk. Az egyik a jelenleg is futó Tervezett Közterületi Munkák (TKM) rendszer, a másik pedig a rövidesen bevezetésre kerülő Közterületi Építkezések (KÉP) rendszer.

BUDAPEST KÖZÚT						
Tervezett közterületi munka	Kezelői hozzájárulás	Munkakezdemény hozzájárulás	Díjtérítési adattal	Díjtérítési mentesség	Közmű üzemzavar	Közterület-használati vélemény
10	találást oldalanként	Keresés:				
Azonosító	Kérelem típusa	Kérelmező	Helyszín	Kérelem beadása	Státusz	Funkció
0001	Közterület-használat	Neu Bau Zrt.	XI. ker. Bartók Béla út 105.	2017. 04. 18.	Postázva	
0002	Közterület-használat	Korompay Márk	I. ker. Lovas út 1.	2017. 04. 20.	Elutasítva	
0003	Közterület-használat	Neu Bau Zrt.	III. kerület San Marco u. 36.	2017. 04. 21.	Folyamatban	
0004	Közterület-használat	Kivitelező Bt.	II. ker. Hídegyőti út 176.	2017. 04. 25.	Folyamatban	
0005	Kezelői hozzájárulás	Gyorsépítő Kft.	II. ker. Pusztaszeri út 66.	2017. 04. 26.	Folyamatban	
0006	Közterület-használat	Kivitelező Bt.	II. ker. Ortogár u. 80.	2017. 04. 26.	Folyamatban	
0007	Közterület-használat	Gyorsépítő Kft.	II. ker. Pusztaszeri út 66.	2017. 05. 05.	Új	
0008	Munkakezdemény hozzájárulás	Gyorsépítő Kft.	II. ker. Pusztaszeri út 66.	2017. 05. 06.	Új	
0009	Díjtérítési adattal	Gyorsépítő Kft.	II. ker. Pusztaszeri út 66.	2017. 05. 07.	Új	
Keresés		Keresés	Keresés	Keresés	Keresés	Keresés
Találatok: 1 - 9 Összesen: 9						Előző 1 Következő

8. kép rendszer felhasználói felülete



9. kép rendszer térképi felülete

10. Napi jelentés

11. Napi jelentés - Ütemterv

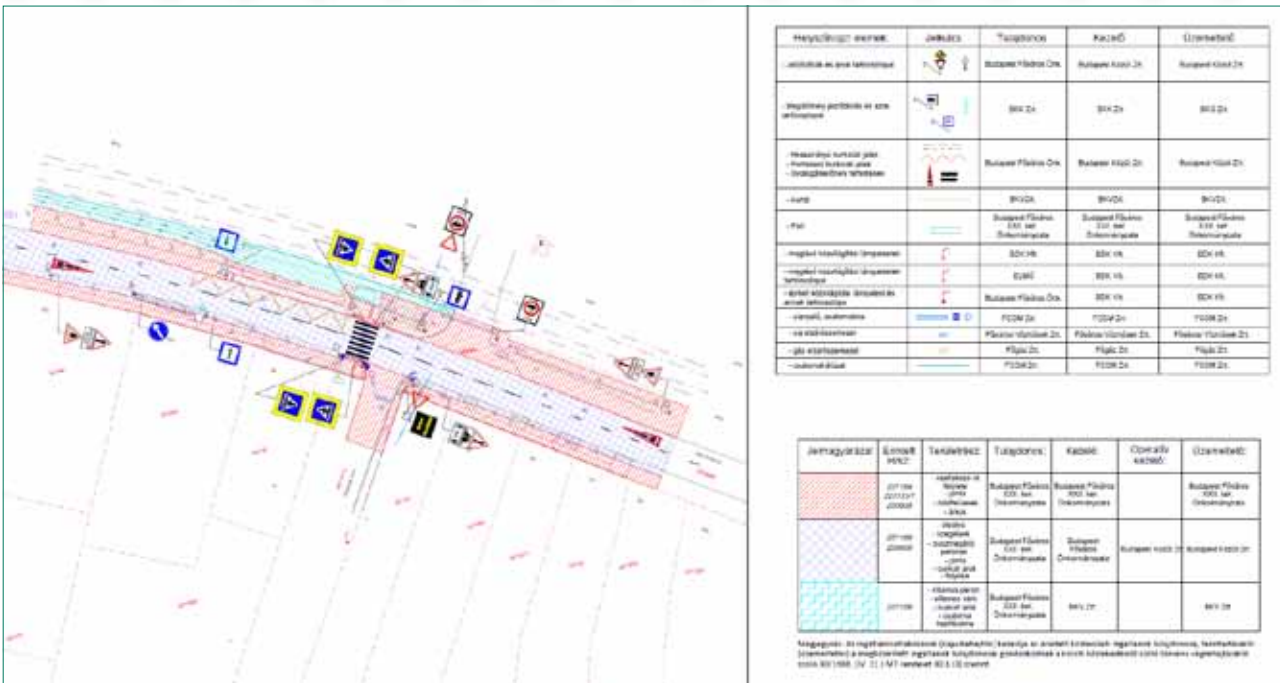
A TKM egy interneten elérhető egyeztetési fórumot biztosít az érintettek számára a főváros közötti közlekedéssel érintett közterületein tervezett különféle tevékenységek (pl. közműfejlesztések, útfelújítások, sport- és kulturális rendezvények) követésére. Munkakezdési hozzájárulási kérelem leadása előtt rögzítésre kerülnek a munkák a rendszerben, megadva a tervezett területfoglalás helyét, célját és várható időtartamát, így itt is lehetőség nyílik a feladatok időbeli és térbeli összehangolása és a városi közlekedésre gyakorolt kedvezőtlen hatások csökkentésére.

A KÉP rendszer a TKM rendszer lényegét is magába fog-

lalva (itt is rögzíténi lehet tervezett munkákat, és a későbbiekben ezekhez a bejelentésekhez lehet kapcsolni a kérelmeket) egy olyan online felület lesz, ahol a kezelői hozzájárulás, és a munkakezdési

12. Térinformatikai rajz és egy adattáblája

OD:T_OBJ_FORG_BURK_HOSSZ	
T_BURK_SZEL	2
T_HOSSZJEL_SZIN	1
T_BURK_TIP	9
T_JEL_ANYAG	15
T_JEL_ANYAGLO	15
T_BURK_FEL	1
T_BURK_TECH	2
T_BURK_ELTERES	
SZABVANYOS	1
LETESITES_DATUM	2017.03.11
MEGSZUNTETES_DA...	
FELUJITAS_DATUM	
T_MINOSEG	0
T_UZEMELTETO_NEV	1
T_TULAJDONOS_NEV	9
T_KEZELO_NEV	9
T_ALULFELUL	2
T_ABRAZOLAS	2
T_STATUSZ	1
MEGJEGYZES	



13. Kezelői határokat ábrázoló megvalósulási rajz

hozzájárulás teljes folyamata nyomon követhető.

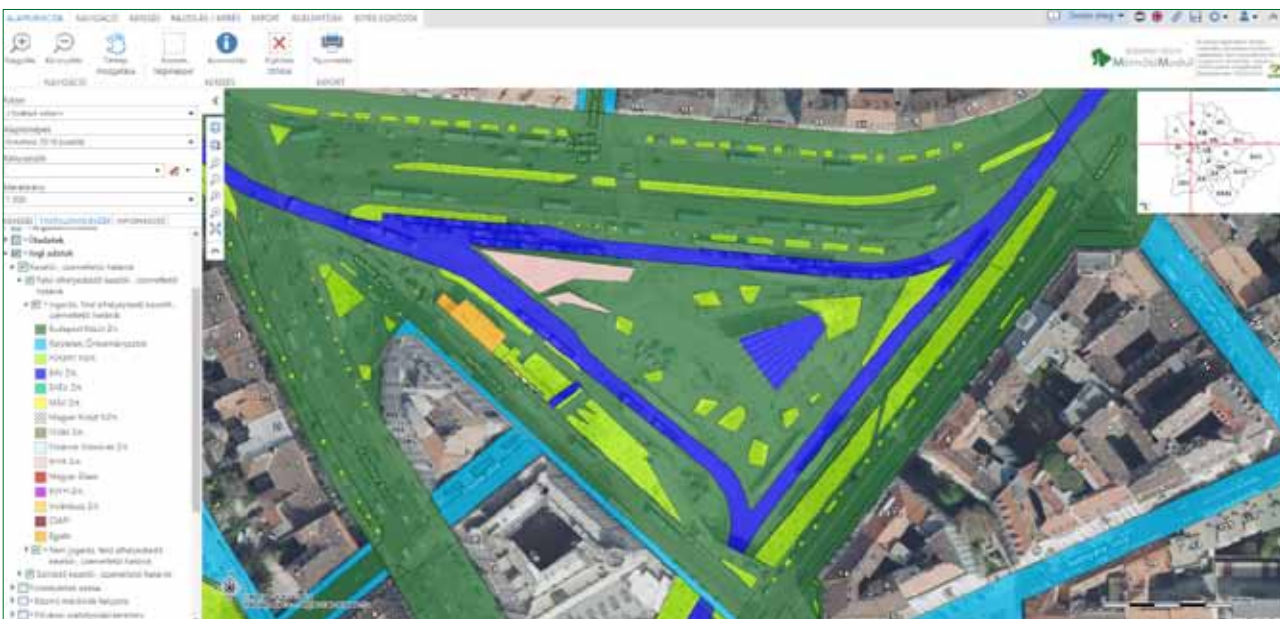
A megfelelő űrlap (ami lehet Kezelői hozzájárulási kérelem, munkakezdési hozzájárulási kérelem, díjfizetési adatlap, közterület-használati vélemény) kitöltését követően a térképen kerül bejelölésre az adott munkaterületet, illetve lehetőség nyílik a hozzájárulásokhoz szükséges digitális dokumentumok, nyilatkozatok, tervek rendszerbe történő feltöltésére. Így csak a kötelező papír alapú terveket kell az ügyfélszolgálatra eljuttatni (hatósági engedélyhez pl. szükséges a papír alapon jóváhagyott terv).

Ezen felül nagy előnye még a KÉP rendszernek, hogy a kérelmező és az ügyintéző ugyanazon a felületen követi végig a projektet, így a munkafolyamatok egységessé válnak és az esetleges hiánypótlások kezelése is egyszerűbben megoldható.

2.4. Kivitelezés alatt

Az egyes munkák kivitelezése alatt fő feladatunk a szakfelületet, a kivitelezői ellenőrzés segítése illetve a kezelő/üzemeltető kollegák munkájának támogatása oly módon, hogy a munkákról minél több rendezett adat álljon rendelkezésre. Ezen adatok begyűjtésének az alapja az úgynevezett „Napi jelentés”, melyet minden nap kitöltve le kell adniuk a kivitelező cégeknek, és olyan fontos adatokat tartalmaz, mint a projektadatok, kapcsolati adatok, aktuális napi munkák főbb adatai, ütemtervek, tervezett eltakarások, forgalmi rendek.

Az így összegyűjtött adatok pedig nem csak a szakemberek munkáját segítik, hanem közvetve is a lakosság tájékoztatását is szolgálják, ugyanis a leadott ütemtervek a BKK INFO által is feldolgozásra kerülnek.



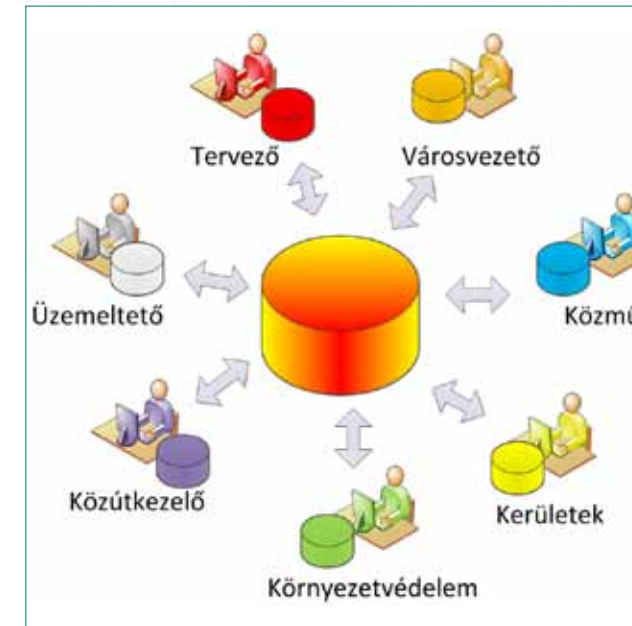
14. A kezelői határokat ábrázoló rajzok feldolgozását követően létrehozott állomány

2.5. Kivitelezés befejezését követő időszak

A kivitelezések végeztével arra törekszünk, hogy a lehető legtöbb adatot begyűjtsük az adott projektekről, ugyanis a későbbiekben ezek jelenthetik majd a jövőbeni tervezések és kivitelezések alapjait. A megvalósulási tervek és dokumentációk összegyűjtése mellett a jegyzőkönyvek, fúrás-adatok és egyéb műszaki paraméterek is a nyilvántartásunkba kerülnek. A megvalósult állapotokról úgynevezett „térinformatikai” megvalósulási rajzokat is le kell adniuk a kivitelezőknek. Ezek olyan .dwg formátumú rajzok, melyekben az összes objektumhoz tartozik egy adattábla, ami az összes lényeges leíró adatot magába foglalja.

Emellett a rajzok formai szempontból (rétegtípusok, vonaltípusok, színek, ...) is egységesek, így egy rendszeren belül könnyen megjeleníthetőek és kezelhetőek.

A megvalósulási tervek másik fontos elemei az üzemeltetői határokat ábrázoló tervek, melyek a tulajdonok aktiválásában segítenek a bekért tételes objektumjegyzékek alapján, illetve a kezelői határokat tartalmazó adatbázis frissítésére szolgálnak. Ezekon minden objektumot (táblát, burkolat m^2 -t, ...) fel kell tüntetni helyrajzi számonként, és az egyes tulajdonosi, kezelői és üzemeltetői viszonyként is rögzíteni kell.



15. Az egységes adatbázis lényege

egységes adatbázis kialakításának lehetőségét, ahol az összes általunk nyilvántartott adat megtalálható egy helyen. Emellett pedig fontos célkitűzésünk, hogy a megvalósulási dokumentációk bedolgozása és az adatok teljes körű feltöltése megtörténjen.

3. Távlati célok ismertetése

A közeljövőben annak a lehetőségét szeretnénk megteremteni, hogy a papír alapú ügyvitelről át lehessen térni az elektronikus nyilvántartásra, így elősegítve egy olyan



Puchard Zoltán és Lehel Zoltán vezető elnökök. Fiatal Mérnökök Fóruma 2017.10.25.

„Budapesti M3 metróvonal rekonstrukciójának időtartamára, a metró felszíni pótlásához szükséges út- és forgalomtechnikai munkák megvalósítása”

Pethő Gábor

építésvezető
okl. építőmérnök
Swietelsky Magyarország Kft.
Útépítési Üzletág –
Nagyprojektek



1. Előzmények bemutatása

A budapesti M3 Metróvonalat 1976 és 1990 között öt lépcsőben adták át, amely teljes hosszában a pesti városrész alatt helyezkedik el, alapvetően észak-déli sugár irányban átszelve a várost, több helyen érintve a körüli közlekedések csomópontjait.

Budapest legnagyobb forgalmat bonyolító közösségi közlekedési eszközt naponta ~500.000 utas veszi igénybe, amely csúcsidőben 15.000 főt jelent.

Az M3 metróvonalnak közvetlen kapcsolata van az 1-es, a 2-es és a 4-es metróvonalakkal, ill. számos villamos, autóbusz és trolibusz vonallal is. Az M3 metróvonal részt vesz az elővárosok bekapcsolásában, ill. pályaudvarok és repülőtéri közvetett átszállások lehetőségét is biztosítja (VOLÁN, MÁV, HÉV, P+R)

A legfiatalabb szakaszok is közel 30 éve épültek, azóta átfogó felújítás nem történt, az alagúti és állomási terek, ill. a metrószerelvények elavultak, felújításuk elkerülhetetlenné vált. Az M3 metróvonal rekonstrukciójának előkészítési feladatai során koncepció tervek, döntés-előkészítő változat-elemzések és megvalósíthatósági tanulmányok is készültek.

2. A metró felújításokhoz tartozó felszíni buszpótlások főbb építési szakaszai és ütemei

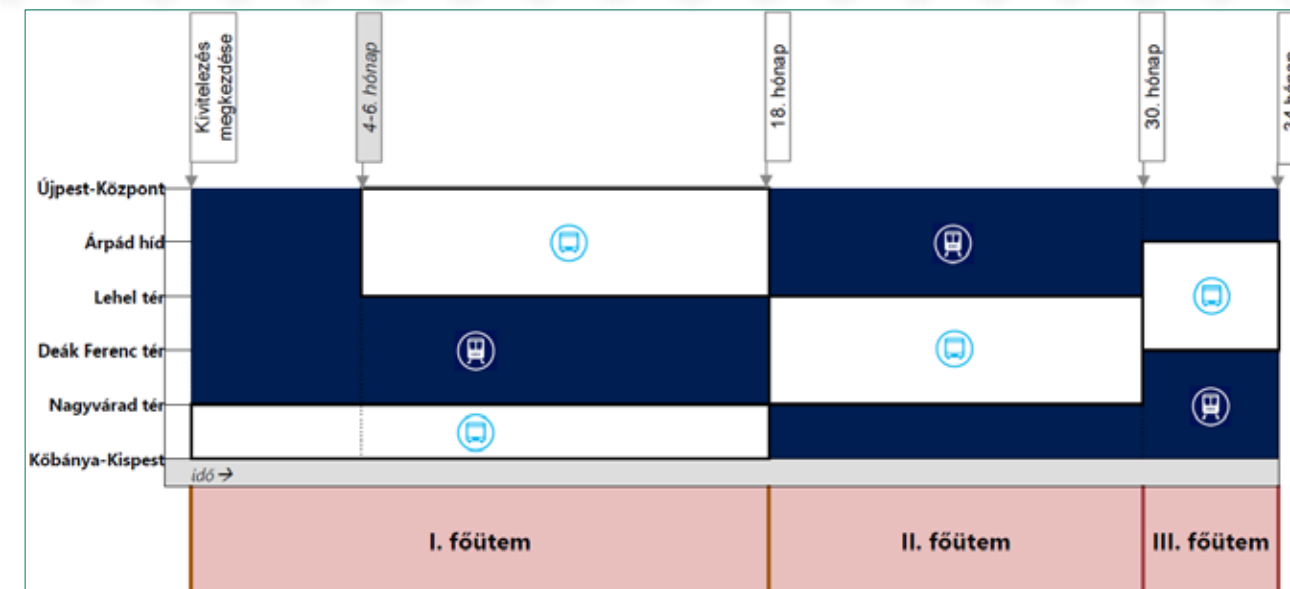
Az egyes metrófelújítási szakaszok (1. ábra) buszpótlásának elindítása előtt 3 hónappal megkezdődnek a kiépítési

munkálatok, majd ezt követően fenntartási feladatokat kell ellátni az egyes szakaszokon

- I./A - déli szakasz (~ 15 hónap) Kőbánya-Kispest és Nagyvárad tér kötött
- I./B - északi szakasz (~ 12 hónap) Újpest-Városközpont és Lehel tér kötött
- II. - középső szakasz (~ 12 hónap) Nagyvárad tér és Lehel tér kötött
- III. - középső szakasz (~ 5 hónap) Deák tér és Árpád híd kötött



1. ábra (részletesen lsd. függelékek)



2. ábra

A buszpótlások befejezése után 3 hónapon belül be kell fejezni a helyreállítási munkákat.

3. Metrófelújítás alatti felszíni munkavégzések főbb szakaszolása

Alapvetően 3 építési tevékenységet különböztetünk meg egymástól a metrófelújításokhoz tartozó buszpótlásoknál. Első lépésben biztosítani kell a buszok közlekedéséhez szükséges infrastruktúrát. Ezek során buszperonokat és busztárolókat kell építeni, ill. szegélykorrekciókat kell elvégezni. A kiépítéseknek fontos kísérő része az ideiglenes forgalomtechnikai elemek telepítése, karbantartása és az ütemváltások bevezetése. Abban az esetben, ha a buszpótlás bevezetésének időpontja nem esik egybe a kivitelezési munkálatok befejezésével, úgy egy közbeeső terelési állapot kiépítése válik szükségessé, amely biztosítja a forgalom zökkenőmentes lebonyolítását.

A kiépítések során folyamatosan alkalmazkodnunk kell az egyéb más metrófelújítási tenderekhez is, azok időbeni eltolódásai és/vagy elhúzódsai nagy mértékben befolyásolják a munkaszervezési feladatokat.

Fenntartási időszakokban alapvetően a busztereléshez telepített forgalomtechnikai elemeket kell karbantartani, így a sárga ragasztott burkolati jeleket folyamatosan kell pótolni, ill. a táblák és egyéb vízszintes és függőleges elemek átlagmegóvása a legfontosabb feladat, valamint szükség esetén ezeket cserélni szükséges. A buszsávok területén pedig lokális burkolat javítási feladatokat kell elvégezni.

Helyreállítási munkáknál a buszterelési forgalomtechnikát teljes körűen el kell bontani, a buszsávokat meg kell szüntetni. A korábban kiépített létesítmények részleges vagy végleges elbontása során az eredeti állapotokat kell visszaállítani.

4. Forgalmi rendek függvényében a térbeli és időbeli organizáció kialakítása

A teljes metrófelújítási időszak tervezett időtartama közel 3 év. Ez alatt kell biztosítani a teljes alagútszakasz és állomások ütemezett felújításának idejére a felszíni buszpótlás infrastruktúráját. Az alábbi információs grafika (2. ábra)

függőleges tengelyén a főbb állomások láthatóak, az idő függvényben pedig a felújításhoz tartozó aktuális közlekedési időszakok szerepelnek. Amíg zajlik az egyes metrószakasz felújítása, addig felszíni buszpótlásokkal kerül biztosításra az utasforgalom, ezzel egyidőben más szakaszokon még/már üzem szerint közlekednek a metrószerelvények.

5. Metrófelújítás alatti végleges buszterelési állapotok bevezetése, ezek forgalmi kihatásai

A buszterelések során az új forgalmi rendek bevezetése után döntően két területen alapvető változásokra lehet számítani (3. ábra). Folyópályán a szélső egyenes irányok minden esetben buszsávok lesznek, amelyek elősegítik a buszpótlás zökkenőmentes lefolytatását, viszont ennek következtében a többi sávban megnövekszik az egyéb más közlekedési eszközök forgalma, amely forgalmi fennakadásokat fog eredményezni.

A másik fontos változás a buszok egyéb csomópontokon történő átvezetésének biztosításából ered, hiszen az új jelzőlámpa programok a pótlóbuszokat részesítik előnyben, ezáltal is megnövekedett menetidőkre kell számítani az egyéni közlekedési eszközöket használók számára.

Összességében elmondható, hogy a bevezetendő új, buszpótlásokhoz tartozó forgalmi rendek alapvetően befolyásolják mind a korábban metróval használó (kapacitáscsökkenés) és egyéni közlekedőket is (torlódások), így alternatív közlekedési eszközök és irányok bevezetése is szükséges.

6. A metró felszíni pótlásához szükséges buszútvonalak forgalomszervezési kérdései

A BKK számítása szerint a metróközlekedéshez viszonyítva, a buszpótlás a csúcsidőben mérhető utasforgalom ~50%-át képes elszállítani. Ennek értelmében a fennmaradó több, mint 7000 utasnak egyéb (4. ábra) más közlekedési eszközöket (alternatív járatok, elővárosi szolgáltatók, egyéb) kell igénybe venni.



3. ábra

7. Új és meglévő csomóponti átvezetések, ill. folyópályás buszközlekedés tervezési irányelvei

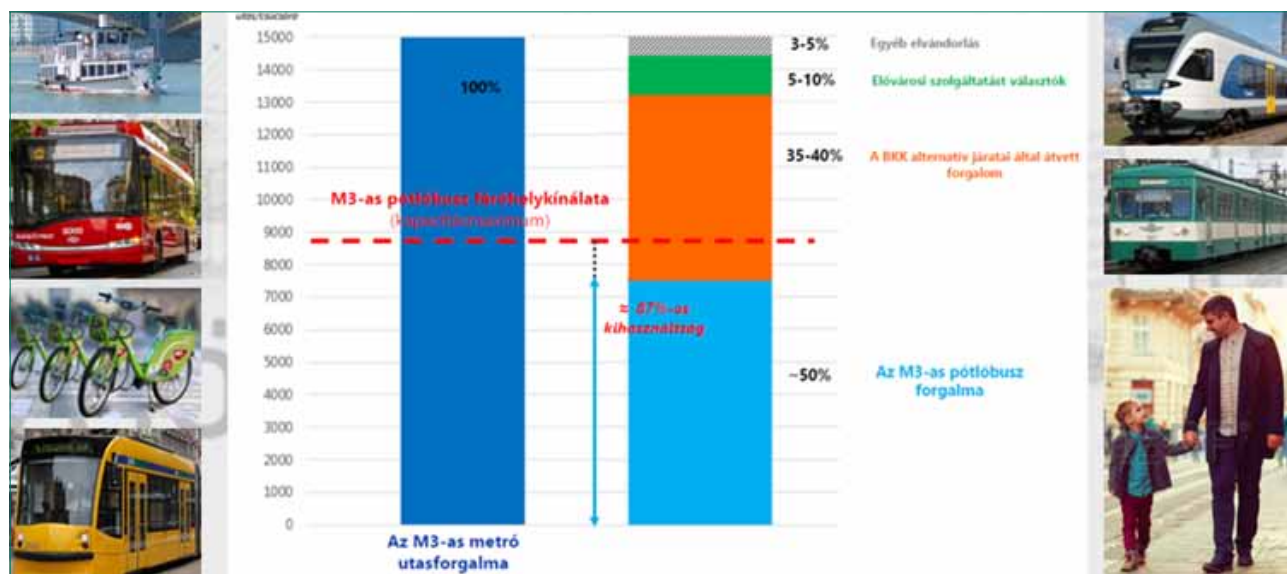
- alternatív útvonalak igénybevétele (pl. Vak Bottyán utca)
- felszíni gyalogos-átkelőhelyek (pl. Dési Huber utca)
- vágányzóna igénybevétele (pl. Kálvin tér és Deák Ferenc tér között)

8. Az egyes strukturális ütemek szerint a szakági kivitelezési munkák összehangolása

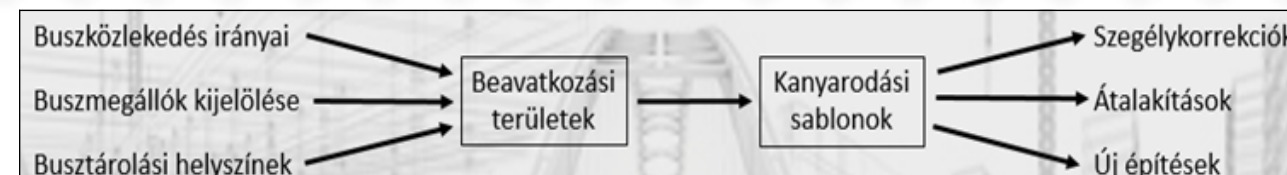
A kiépítések során (5. ábra) a beavatkozási területeket a buszközlekedések irányai, a buszmegállók kijelölése és a busztárolási helyszínek határozzák meg. A tervezési munkák során, a kanyarodási sablonok felhasználásával meghatározhatóak a szükséges szegélykorrekciók, átalakítások és az új építésű létesítmények.

A kivitelezési munkák során az alábbi szakági munkarészek (6. ábra) elvégzése vált szükségessé, ezek során kerültek biztosításra a buszpótlásokhoz szükséges infrastruktúrális létesítmények.

A munkavégzések során számos egyeztetési feladat (Hatóságok, Tulajdonosok, Kezelők, Üzemeltetők, Szolgáltatók) elvégzése vált szükségessé, amelyek sok esetben érdemi befolyással bírtak a későbbi buszpótlások sikeres elindításához.



4. ábra



5. ábra

Műtárgyépítés Állomásfödém szigetelési rétegrendjének javítása		Útépítés - Buszperonok és tárolók - Szegélykorrekciók - Helyreállítások	
Növényesítés - Fakivágás - Gallyazások - Fűvesítés		Közüti jelző - Új alépítmények - Felépítmény átalakítása - Fázistervek kidolgozása	
Forgalomtechnika - Ideiglenes terelések - Helyreállítások - Buszterelési állapotok		Közmű kiváltások - Elektromos - Hírközlés - Víziközmű	

6. ábra

9. Ideiglenes forgalmi állapotok kialakítása egy kritikus csomóponti átalakítás bemutatásával, az egyes (13 db) forgalomtechnikai ütemek részletezése

Váci út és Róbert Károly körút csomópontja (Árpád hídi metrómegálló)

- Közvilágítási kábelek azonos nyomvonalon történő kiváltása
- Közüti jelző alépítmények bővítése, új felépítmények telepítése a későbbi buszpótláshoz
- Nagyméretű monolit csatorna akna süllyesztése, nagy teherbírási fedlap elhelyezése
- Szigetkorrekciók kialakítása útpálya, zöldterület és villamos vágányok környezetében
- Metróállomás födém dilatációjának szigetelés javítása (teljes körű elbontás és helyreállítások)
- Éjszakai marási és aszfaltozási munkák a csomópontban
- Elbontott forgalomtechnikai elemek helyreállítása
- Szigetkorrekcióknál eredeti állapotok ideiglenes visszaállítása a pótlás beindításáig
- Taxi és Buszmegállók áthelyezése a későbbi forgalmi állapotoknak megfelelően

A Váci út és Róbert Károly körút csomópontjában elvégzett kiépítési munkák (3 hónap) reprezentatív módon szemléltetik az M3 metróvonal felújításához tartozó buszpótlások kialakítása során elvégzendő szakági kivitelezési munkákat, ill. az ehhez kapcsolódó ideiglenes és végleges forgalomtechnikai állapotokat. Ezen a helyszínen minden olyan munkarész elvégzésre került, amely egyéb más helyszínen is előfordult. Fenti táblázat jól szemlélteti a kiépítési munkák összetettségét, ill. az ebből

származó térbeli és időbeni organizációs és forgalomszervezési problémákat.

(részletesen lsd. függelékek)

Az érintett csomópontban (7. ábra) több szigetkorrekciót (fekete) kellett elvégezni a pótlóbuszok szintbeni, egyenes irányú átközlekedésének biztosítása érdekében (zöld), valamint az érintett burkolatokon (sárga) marási és aszfaltozási feladatokat kellett elvégezni.

4 db pillérpárnál (kék) az állomási födém, erősen rossz állapotú szigetelésének javítását is el kellett végezni, a teljes burkolati rétegrend helyreállítása mellett.

Személy szerint különleges megtiszteltetésnek érzem, hogy részt vehetek az M3 metró felújításában, mert egyrészt szakmailag ez nem egy mindennapos és sablonos feladat, másrészt pedig egy metrószakasz élettartama, több emberöltőt átívelő ciklikusan ismétlődő periódusból áll. Egyes szakaszok akkor épültek mikor „jó időben” megszülettem, most pályám elején részt vehetek az aktuális felújításban. Végezetül, reményeim szerint a következő átfogó felújításnál is ott lehetek majd.

Budapest; 2017. 11. 20.
Pethő Gábor

Ütem	Szakági kivitelezés	Forg. irány lezárása
I.	Közvilágítás	1/10
II.	Szigetelés javítása, Közüti jelző, Útépítés	3/10
III.	Szigetelés javítása, Közüti jelző, Útépítés	4/10
IV.	Szigetelés javítása, Közüti jelző, Útépítés	4/10
V.	Szigetelés javítása, Közüti jelző, Útépítés, Közvilágítás	4/10
VI.	Szigetelés javítása, Közüti jelző, Útépítés, Közvilágítás, Csatorna	5/10
VII.	Szigetelés javítása, Közüti jelző, Útépítés, Közvilágítás	5/10
VIII.	Szigetelés javítása, Útépítés, Közvilágítás	3/10
IX.	Szigetelés javítása, Útépítés, Közvilágítás	2/10
X.	Szigetelés javítása, Közüti jelző, Útépítés, Közvilágítás	2/10
XI.	Marás, Aszfaltozás	5/10
XII.	Marás, Aszfaltozás	3/10
XIII.	Marás, Aszfaltozás	6/10

1. táblázat

Kompaktaszfalt technológia alkalmazhatósága városi utakon

Dobos Ferenc



STRABAG Általános Építő Kft.
műszaki előkészítő

Diplomamunka (2017 tavasz)

Konzulensek: Dr. Tóth Csaba Egyetemi docens
Dr. Igazvölgyi Zsuzsanna Adjunktus
Szarvady Csaba műszaki vezető
(STRABAG Általános Építő Kft.)

„Júniusban végeztem a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Út és Vasútépítőmérnöki specializációján. A kompaktaszfalt technológiával és annak városi alkalmazhatóságával a diplomamunkámban foglalkoztam.”

Bevezetés

Különösen az aszfalt kopórétegeknél a vékony beépítési vastagságnak a magas töltőanyagának és bitumen tartalomnak, valamint a gyors kihülésnek és az ebből adódó nem megfelelő tömörítésnek köszönhetően különböző fajtájú tönkremeneteli formák jelennek meg (keréknyomvályú, kátyú, repedezettség... stb.).

Az aszfalt pályaszerkezetek alakváltozó képessége nagymértékben függ annak tömörségi fokától. Ezt több kísérlettel is bizonyították már. A német származású Richter elvégzett egy laborkísérletet, ahol megvizsgálta és értékelte a

tömörítési energia (ütésszám), a keverék hőmérséklete és a sűrűség közötti kapcsolatot. Az 1. ábrán könnyen észrevehetőek a különbségek.

A 150°C-os keveréknek a 120°C-os keverékkel szemben csak 1/3 annyi energiára van szüksége ahhoz, hogy 3%-os szabadhézag tartalom mellett 100%-os tömörségre tömörítsék. Ha a hőmérséklet 100°C alá esik, akkor 3-szor akkora tömörítési energia szükséges és ezzel is csak egy 95,3%-os tömörséget érünk el, 7%-os hézagtartalom mellett.

Egy másik kísérlet során azt vizsgálták, hogy mennyi ideig tart a szükséges tömörítés adott hőmérsékletű keverék és rétegvastagság mellett. Egy szintén németországi kísérlet során az eredményeket a 2. ábrán tüntette fel Bossemeyer. Jól látszik, hogy míg egy 135°C-os 4 cm-beépítendő keveréknél 6 perc áll rendelkezésünkre a megfelelő tömörség eléréséhez, addig egy 160°C-os keveréknél ez az idő 10 percre növekszik.

E két kísérlet eredményeit vizsgálva és értékelve született meg a kompaktaszfalt technológia alapötlete.

Kompaktaszfalt

A kompaktaszfalt technológia kidolgozása az erfurti szakfőiskola tanárához, Elk Richterhez, valamint Hermann Kirchner (útépítő vállalat) közös munkájához köthető. Már régebb óta foglalkoztak a kedvezőbb kétrétegű aszfaltszerkezetek elvi alapjaival, majd 1995-ben egy valós helyszínen, építkezésen, egy próbaszakasz beépítésével fejlesztették ki.

A kompaktaszfalt építési technológiának nevezzük, egy a hazánkban még alig alkalmazott, viszont pl. Németországban már széles körben elterjedt építési módot. Alapvető jellemzője, hogy 2 különböző összetételű réteget építenek be egyidejűleg és közösen tömörítik azt be. (3.ábra)

Előnyök

Erősebb kapcsolat az aszfaltrétegek között

Mivel egyszerre terítik a két réteget, így az alsóbb réteg, a kötő (alap) réteg felülete még egyenetlen, mivel hengerrel még nem történt meg a tömörítés. Ebből következik, hogy az alsóbb réteg még puha, így miután a kopóréteget is ráterítettük, a két rétegben lévő különböző méretű szemcsék egymásba nyomódnak, és a kisebb egyenetlenségeknek köszönhetően össze is kapaszkodnak. A még meg nem keményedett bitumen pedig gondoskodik az aszfalt rétegek megfelelő kötéséről. Így a fogazással kialakított kapcsolat lényegesen erősebb és ellen-

állóbb (az elmaradó ragasztó permetezés ellenére is). A hagyományos építési módnál jóval nagyobb nyírófeszültségeket tud felvenni. Ennek következtében ellenállóbb lesz az alakváltozásokkal szemben és élettartama is megnő a hagyományos módon beépített rétegekkel szemben.

A 4. ábrán két szétfűrészelt aszfalt hengert láthatunk. A kompaktaszfalt keresztmetszetében jól megfigyelhető, hogy a két réteg között a kapcsolat nem egyenes, mint a hagyományos építésnél, hanem megfigyelhető, ahogy a két réteg egymásba fogazódik. Az így kialakult réteg inkább hasonlítani fog egy homogén réteghez, mint két különálló réteghez.

Nagy termelékenységi

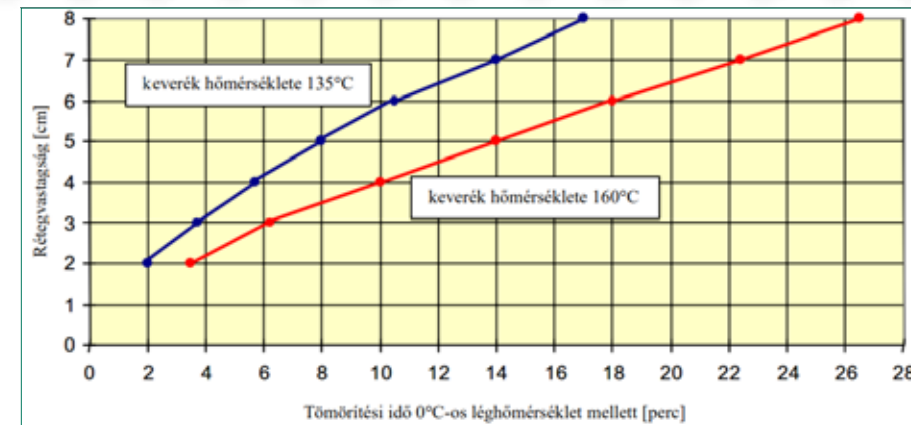
A technológiát nagy termelékenységi jellemzi, mivel egy időben terítenek le 2 réteget, így közel fele annyi idő kell egy adott szakasz 2 rétegének megépítéséhez, mint a hagyományos beépítésnél. Ebből következik, hogy adott idő alatt, ha nem is dupla annyi, de nagyobb mennyiséget tudnak beépíteni.

Beépítési hőmérséklet/időjárás/rétegvastagság

Vékony rétegek beépítése során a hagyományos technológiával már nem lehet egy bizonyos vastagságnál vékonyabb réteget beépíteni (3,5–4,0 cm), mert ebben az esetben a réteg kihülése oly gyors lenne, hogy nem jutna elegendő idő az előírt hőmérsékleten a tömörítésre. Kompaktaszfalt beépítése során a beépíthetőség feltételei nagymértékben javulnak, mivel az alsó, vastagabb réteg (alap- vagy kötőréteg) hőkapacitását a felső, vékonyabb, (kopóréteg) betömörítése során ki lehet használni. Ezáltal lelassítjuk a kopóréteg kihülését. Ezzel elkerüljük azt a hagyományos aszfaltozásnál fellépő esetet, hogy a már kihűlt rétegre terített forró aszfaltot, felülről az esetleges hidegebb időjárás, szél, alulról pedig a már kihűlt réteggel való érintkezés közben gyorsan kihűl. A technológia lehetővé teszi, hogy hidegebb, rosszabb időjárási körülmények között is lehessen aszfaltozni. Az alsó réteg hőkapacitását kihasználva tovább lehet csökkenteni a kopóréteg vastagságát, egészen 1,5–2,5 cm-ig. A beépítés során nem kell attól tartani, hogy a felső vékony réteg idő előtt kihülne, mivel alatta van egy vastagabb forró réteg, ami biztosítja a szükséges hőt a tömörítés során. Ez által nő a tömörítésre alkalmas idő is, így kielégítő tömörséget lehet elérni, ami meglátszik a pályaszerkezet élettartamán és ellenálló képességén is.

Költség

Az aszfaltrétegek közül a kopóréteg a legdrágább, így a tervezők és a kivitelezők is törekednek arra, hogy a réteg a lehető legvékonyabb legyen. A kompaktaszfalt lehetővé teszi vékonyabb rétegek építését, ami jelentős költségmegtakarítást jelent. Mivel a két réteget egyszerre építik be, így nem szükséges a hagyományos beépítésnél részletezett, a két réteg közti permetezett bitumen emulzió használata. Az építési technológiából adódóan rövidebb ideig tart az utakon a forgalomkorlátozás, valamint rövidebb maga a munkaidő is. Ezek további költségmegtakarítást vonnak maguk után.



2. ábra Tömörítési idő a rétegvastagság függvényében [1.]

Gazdaságosság

A kompaktaszfalt építési módnak üzemi/gyártási- és gazdasági szempontjai is vannak. Míg a gyártási nyereség a munkaerő, technika és építési anyag hasznos felhasználásából adódik, addig a közgazdasági hasznossága elsődlegesen a közlekedési felület megnövekedett élettartamából és az ebből következő egyértelmű a „life cycle cost” csökkenéséből adódik.

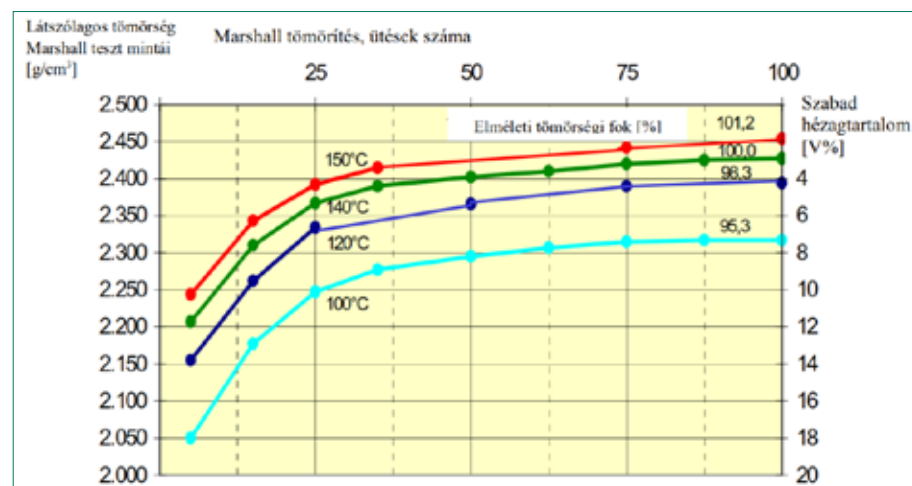
A darmstadti Műszaki Egyetem egy egyszerűsített számításból azt határozta meg, hogy a kompaktaszfalt beépítési technológia 12400 m²-nél nagyobb felület esetén gazdaságos.

Hátrány

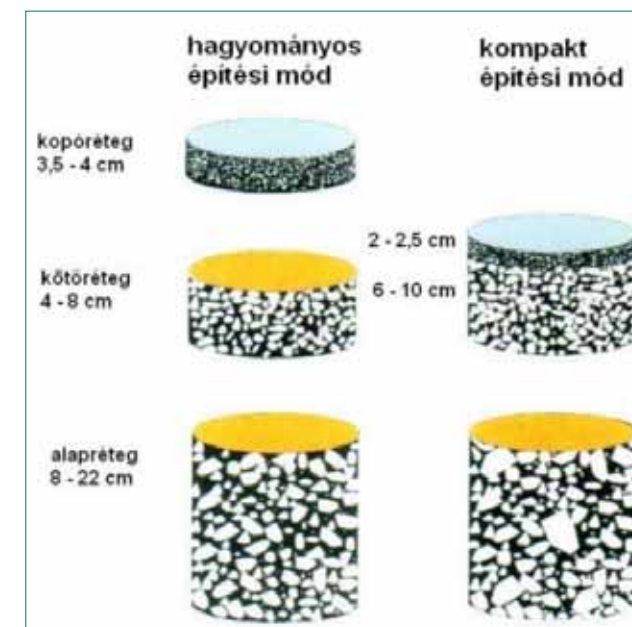
Mint minden technológiának, ennek is van hátránya. Ezen hátrányok miatt a módszer még nem terjedt el hazánkban.

Költségek

A gépek átalakítása miatt költségek.



1. ábra Összefüggés a tömörítés és az aszfalthőmérséklet között (AB 0/11 B 65) [1.]



3. ábra Kompaktaszfalt pályaszerkezet [2.]



4. ábra Kompaktaszfalt és hagyományos módon épített réteg metszete [3.][saját ábra]

Komplex munkaszervezést igényel

A sok előnye mellett a gyakorlatban csak ritkábban alkalmazzzák, mivel nagy és precíz logisztikai munkát követel meg, ami csak nagyberuházásoknál éri meg. A nehézség alapja az, hogy egyszerre két különböző réteget épít be a gép, ezért két keverőtelepről kell szállítani az anyagot, valamint egy 3. keverőtelepnek is készenlétben kell állnia, ha esetleg valamilyen zavar történik az első kettőnél. A szállítójárműveknek megfelelő időközönként kell megérkezni a helyszínre, nem érkezhetsz később, mert akkor megáll a munka, de az se jó, ha hamar érkezik, mert akkor várakoznia kell a járműveknek és eközben kihűlhet az aszfalt. Ezen problémák elkerülése igen precíz munkaszervezést igényel. Ha a nem megfelelő aszfaltellátás miatt megáll az építkezés, akkor bukkanók alakulhatnak ki a burkolaton. Ezek, szemben a hagyományos aszfaltozással, már nem javíthatók ki, mivel egy jóval vastagabb pályaszerkezetről van szó, minek hengerlése komoly feladat.

Építési technológia

A kompaktaszfalt technológián belül megkülönböztetünk kétféle beépítési módot. Az egyik a „forrót a forróra” a másik a „forrót a melegre” eljárás. Én a diplomamunkám során az előbbivel foglalkoztam.

Ennek az építési technológiának a lényege, hogy a két réteget közvetlenül egymás után építik be. A beépítés során az alsóbb rétegen nem jár szállító jármű. A beépítést nagyfokú előtömörítéssel végzik, majd a két réteget együtt tömörítik be hengerrel. A „forrót a forróra” eljárásnak két változata létezik. Ezek:

2 finisher egymás után (InLine Pave, Vögele technológia) (5. ábra)

Kezdetben, az első próbaszakaszok építésekor is ezt a módszert használták. Az A4-es autópályán Weimar mellett a beépítést két, nagyteljesítményű finisherrel végezték. Úgy



5. ábra InLine Paving beépítési technológia munka közben [4.]

állították össze a gépláncot, hogy egymás után szorosan haladt két aszfalt finisher (Vögele Super 2000).

A technológiával kapcsolatban azonban probléma merült fel. A kopóréteget terítő gép az első gép által terített kötőrétegen halad anélkül, hogy azt a réteget hengerekkel tömörítették volna, ezért a kötőréteg felületén jelentős benyomódások voltak

tapaszthatóak, melyek függtek a finisher pillanatnyi súlyától. A benyomódások 3–12 mm közé estek.

Az első beépítések óta eltelt több mint 20 év tapasztalatai azt mutatják, hogy nem okoz problémát a fentebb leírt jelenség. A Wirtgen Group, VÖGELE, ebben a módszerben látja a technológia jövőjét és ezért komoly fejlesztéseket is végrehajtottak. Állításuk szerint az InLine Pave beépítési technológiájukkal teljesen tökéletes rétegtapadást érnek el és egy intenzívebb egymásba fogazódást, mint a két beépítő paddal rendelkező speciális finisher. A technológiájuk hatalmas előnye, hogy a finishereket hagyományos építkezéseken is fel tudják használni. Ahogy írják: két legyet lehet ütni egy csapásra. Így a kisebb, közepes méretű cégek, drága két réteget terítő gép vásárlása nélkül is van esélyük kétrétegű aszfaltok építésével kapcsolatos közbeszerzéseken részt venni.

1 finisher (Dynapack technológia)

A kezdetben felmerülő akadályok miatt elindult egy másik irányba is a fejlesztés. Itt a cél az volt, hogy két beépítő gép helyett 1 legyen, így elkerülhető, hogy a még csak előtömörített friss aszfaltot másik jármű haladjon.

A kompaktaszfalt finisherek I. generációját 1999-ben fejlesztették ki. Ez egy olyan speciális finisher, mely egyszerre képes a két réteget terítésére. A gép két különálló beépítő paddal és anyagszállító rendszerrel rendelkezik. Mivel egy ilyen gép csak kompaktaszfalt beépítésére alkalmas, ezért a Dynapac kifejlesztett egy bővíthető finishert (hárommodulos). A pótkészítő pad és szállító rendszer leszerelésével hagyományos aszfaltozásnál is fel lehet így használni a finishert, ami nyilvánvalóan a gép jobb kihasználtságát fogja eredményezni. (6. ábra)

Hazai példa

Építkezés bemutatása

Hazánkban eddig egy helyen építettek kompaktaszfalt technológiával. Az újító építkezésre 2010 májusában az M3



6. ábra A kompaktaszfalt finisher sematikus ábrája [1.]

autópályán a 83+500 – 88+500 szelvények között, Budapest irányába, került sor. Az 5 km-es szakasz Gyöngyösről körülbelül 25 km-re, Karácsond és Nagyfüged település között található.

A fél autópálya keresztmetszeti kialakítása az alábbi volt: 2,50 m széles üzemi/leálló sáv, 3,75 m külső és 4,00 m széles belső forgalmi sáv. Az alapelgondolás az volt, hogy az üzemi sáv és a belső forgalmi sávot hagyományos aszfaltozással, míg a külső forgalmi sávot kompaktaszfalt beépítési technológiával fogják megújítani. A tervek egy 30 mm-es pályaszerkezet vastagság növelést írtak elő. Ez a két hagyományos módon építendő sávon, marás nélkül, a meglévő rétegre aszfaltozással érték el. A külső sávban egy körülbelül 90 mm-es marást írtak elő. A marás után egyszerre, kompakt technológiával terítették le, egy 100 mm vastag AC 22 kötőréteget és egy 20 mm-es SMA 8-as kopóréteget. A belső halódó, és az üzemi sávban, 30 mm SMA 8 elnevezésű kopó réteget terítették le. Az építkezést tovább bonyolította, hogy a két haladó sávot egyszerre építették be „forrót a forróhoz” építési elv alapján. Az építkezés idejére teljes forgalmi lezárást alkalmaztak az építési területen, Budapest irányába.

Az építkezéshez egy kompaktaszfalt finishert, a DYAPAC CM2500 típust alkalmazták, melynek tároló kapacitása kötő rétegből 28 t, kopó rétegből 15 t. A technológiából adódóan aszfalt előadagolót is alkalmaztak (Beschicker DYNAPAC MF300). A tömörítéshez 6 db különböző henger alkalmaztak.

A nagy mennyiségű és két fajtájú aszfaltigény miatt, két aszfaltkeverőtelepről szállították a szükséges keveréket. A két sáv kopórétegéhez használt zúzalékváziaszaltot a füzesabonyi keverőtelepről szállították. A távolság

az építkezés és a keverőtelep között 30 km volt, ebből 28 km autópálya. Ebből adódóan a szállítási idő 35 percre, míg egy teljes kör 99 percre jött ki.

A kötőréteghez használt aszfaltbetont a miskolci keverőtelepről szállították. A telep jóval távolabb volt az építési helyszíntől, közel 96 km-re, melyből 93 km autópálya volt. A távolságnak köszönhetően egy út 100 perc, míg egy teljes kör 229 perc volt.

Végkövetkeztetés (építésszervezés tekintetében):

Az építkezés során több probléma is felmerült, melyek nagy része nem kivételesen erre az építkezésre jellemző, hanem a kompaktaszfalt, beépítés velejáró nehézségeiből adódó hiba. Ezek az alábbiak:

Mivel egyszerre két réteget építettek nagy volt az aszfaltigény, ezért a munkák megkezdése előtt elengedhetetlen a keverőtelepek ellenőrzése, hogy képes-e az adott mennyiséget biztosítani.

A kompaktaszfalt hengerlése speciális feladat, ezért a munka megkezdése előtt szükséges a gépkészítők oktatása.

Mivel egyszerre két réteget építünk be, sok szállító jármű fordul meg mind a keverőtelepen mind pedig az építkezésen. Éppen ezért elengedhetetlen a szállító járművek megjelölése.

Építésszervezés

A diplomamunkám során a technológia tanulmányozása mellett építésszervezéssel is foglalkoztam. Az előrelátó, kreatív organizációval a munkák időtartalmát jelentősen

csökkenthetjük, amivel minimalizálni tudjuk a kedvezőtlen hatásokat, mint például a forgalom zavarását.

Feladatunk volt a Ferihegyi Repülőtérre vezető út burkolat cseréjének megtervezése. „A Ferihegyi repülőtérre vezető út egy gyorsforgalmi út Budapesten, ami a Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtérhez biztosít gyors kijutást az Üllői útról.” [5.] A gyorsforgalmi út jelenleg a X. kerületben az Üllői út közepén kezdődik, nagyjából a Száva utca vonalában és a XIII. kerületben a Sajó utca vonalában ér véget. A több szakaszon szalagkorláttal elválasztott út 7950 m hosszú. Az úttest szélessége 8 m, az átépítendő útfelület nagysága 63600 m².

A beépítés szempontjából két problémás helyet véltem felfedezni. Az egyik a Felsőcsatári útnál lévő aluljáró, mivel itt úrszelvényhiány található. (3,65 m) valamint a KÖKI-bevárlóközpont környéke, mivel itt több felüljáró is található. Ezek rendelkeznek a szükséges magassággal viszont mivel közel helyezkednek el egymáshoz nehézkes lehet az aszfalt üritése.

Útlezárás, ideiglenes forgalomszabályozás

Minden közúton végzett munkával szemben támasztott követelmény az, hogy a munka minél gyorsabb, olcsóbb és hatékonyabb legyen. Ebből kiindulva az építkezés idejére teljes hosszban lezáró a ferihegyi gyorsforgalmi utat. A teljes lezárás következtében jelentős forgalmi torlódások fognak kialakulni a környéken. A negatív hatások mérséklése érdekében, törekedni kell a minél gyorsabb munkavégzésre, valamint a kivitelezés helyes időszakának megválasztására. Ennek érdekében az építkezés alatt dupla műszakot feltételezek, ami 6:00 órás munkakezdést és 22:00 órás befejezést jelent.

Útépítési munkáknál, mérettől és helyszínrajztól függően szükség lehet ideiglenes forgalomszabályozási tervre. Mivel a gyorsforgalmi út mérete és a rajta lefolyó forgalom nagysága is indokolja, a diplomamunkám részeként elkészítettem a terület ideiglenes forgalomtechnikai/forgalomszabályozási tervét is.

Terelőút ismertetése

Budapest vonzáskörzetéből jelentős ingázó forgalom érkezik naponta. A fővárostól dél-kelet irányban fekvő al-

vóvárosokból bejárók előszeretettel használják a ferihegyi gyorsforgalmi utat. Így számukra a lezárás az építés idejéig nagy bosszúságot okoz. Viszont megfelelő előkészülettel és tájékoztatással a forgalmi dugók mérete csökkenthető. A környékről érkezők, amennyiben lehetséges, és úticéljuk engedi, kerüljék el ezt az irányt, és kerüljenek az M0-as autópályán az M5 bevezető vagy a Pesti út irányába.

A lezárás után Vecsés felől Budapest felé érkező forgalom 2 opció közül választhat. Az egyik ilyen alternatíva az Üllői út, melynek hossza 12,1 km, az utazási idő minimális forgalomnál 16-20 perc, csúcsidőben 24–50 perc között ingadozik. Ez véleményem szerint az építkezés ideje alatt tovább nőhet. A másik választási lehetőség, hogy a Gyömrői úton halad egészen a Sibrik Miklós útig, ahol felüljárón lehet átmenni a 100a (Cegléd irányába) és 142 (Kecskemét) vasútvonal felett. Itt található Kőbánya-Kispest vasútállomás. Ez után az Üllői útra ráhajtvá tudunk eljutni az Ecseri útig. A felüljáró helyett, lehet még tovább menni, majd a Kőér utcánál balra fordulni. Ebben az esetben a Határ útnál tudunk az Üllői úthoz csatlakozni. Fordított irányban, a városból kifelé, szintén alternatívaként szolgál e két út.

Megelőző munkák

Tehergépjármű

Szállítási utak meghatározása

Az építkezéshez kapcsolódó organizációs feladatok megkezdése előtt, célszerű és szinte elengedhetetlen azon utak bejárása, ahol a szállító járművek haladni fognak (mart- és friss aszfalt). A szakaszokat ajánlott többször is bejárni, mivel a különböző napszakokban eltérő a forgalom nagysága. A tehergépjárműveknek megengedett sebességgel kell haladni és mérni kell az utazási időt. Így pontosabb képet kaphatunk és a számítás során alkalmazott utazási idők is közelebb fognak állni a valósághoz.

A munka megkezdése előtt, elengedhetetlen a járművezetők összehívása és a munka ismertetése. A marási munka ellátására szükséges járműveknél még talán nem annyira fontos a pontos érkezés, viszont az aszfaltozásnál, különösen a kompakt módszernél ez már elengedhetetlen. A folyamatos haladáshoz biztosítani kell a folyamatos aszfalt utánpótlást. Így tudjuk biztosítani a megállás nélküli beépítést. A kooperáció során természetesen ki kell kérni a vezetők véleményét és tapasztalatát, de nyomatékosítani kell, hogy az eddigi megszokástól eltérően, fokozottabban kell ügyelni a menet- és köridők betartására. A megbeszélés során az építési terület ismertetése mellett be kell mutatni a szállítási útvonalakat és erről készült térképeket a sorőröknek oda kell adni.

A szállító járművek tisztítása

Az aszfaltozás idejére kijelöltem két területet, ahol az aszfaltot szállító járműveket meg lehet tisztítani a platóra ragadt aszfalttól. Ez a hazai gyakorlatban még nem bevett szokás, a vezetőknek nem érdeke, illetve a takarítás plusz munka a szá-

	Fajlagos beruházási költség Ft/m ³ (2012)	Hagyományos		Kompakt	
		Mennyiség [m ³]	Költség	Mennyiség [m ³]	Költség
SMA 11 mf kopóréteg [m ³]	73 000 Ft	2226	162 498 000 Ft	1590	116 070 000 Ft
AC 16 mNM kötőréteg [m ³]	60 000 Ft	3634	218 040 000 Ft	4046	242 760 000 Ft
		Össz:	380 538 000 Ft	Össz:	358 830 000 Ft

1. táblázat Anyagköltség összehasonlítás (saját táblázat)

mukra. Azonban az előírásokban is az szerepel, hogy az aszfaltot csak tiszta, tapadást gátló szerrel lekezelt járműbe lehet tölteni, viszont mivel ezt senki se ellenőrzi, így gyakran szennyezett járművel mennek a keverőtelepre. A közös kooperáció során hívjuk fel erre is a sofőrök figyelmét és követeljük meg tőlük a takarítást, valamint állítsunk egy embert a keverőtelepre, aki ellenőrzi a járműveket. Így elkerülhető, hogy a sarkokba ragadt, kihűlt aszfalt összekeveredjen a friss aszfalttal. Ezzel a kis pluszmunkával tovább csökkenthetjük a későbbi hibák kialakulásának lehetőségét.

A tisztításra és a fölőslég kiborítására kijelölt egyik hely a Ferihegyi gyorsforgalmi út végén, a Ferihegy I. Terminál bejáratával szemben, a jobb oldali sáv mellett található. Ez jelenleg parkolóként üzemel. A parkoló tulajdonosával egyeztetve egy 40 m²-es terület igényét kell jelezni, melyet a munka után természetesen tisztán kap vissza. A másik terület a szakasz elején, a gyorsforgalmi út és az Üllői út kereszteződésénél lévő Határ úti parkoló. Ezen a területen, mivel a beépítés lefolyásából következően kevesebb jármű jön erre, elegendő egy 20 m² terület körülhatárolása.

Menetlevél

Ahhoz, hogy biztosítani tudjam a folyamatos építést, biztosítanom kell a szállító járművek folyamatos érkezését. Ehhez elkészítettem egy minta menetlevelet, melyet minden sofőr megkap az építkezés megkezdése előtt. A menetleveleken szerepel a munkaidő és a napközbeni pihenő idő kezdete, vége mellett az érkezési idők, hogy mikor kell megérkezni a keverőtelepre vagy az építkezésre. Továbbá fel van tüntetve az is, hogy útvonalon kell haladnia a járműnek az adott körben, mivel ez az építkezés előrehaladtával változhat.

Mennyiségek meghatározása

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki karának, Út- és Vasútépítési Tanszéke (Dr. Tóth Csaba, Dr. Igazvölgyi Zsuzsanna, Soós Zoltán) a rendelkezésemre bocsátotta a ferihegyi gyorsforgalmi úton végzett fúrási minták eredményeit.

A kapott fúrási minták alapján a tervezési területemet 3 szakaszra osztottam fel. A burkolat megerősítését az összehasonlító módszerrel végeztem el, ahol a meglévő pályaszerkezetet hasonlítottam össze az általam meghatározott szerkezettel. Ezek után határoztam meg a szükséges marási mélységet is. A 7. ábra mutatja az alkalmazott rétegvastagságokat. Jól látszódnak a különbségek a hagyományos és kompakt beépítés között.

A meglévő mennyiségekből kiindulva, egy egyszerű költségbecslést is csináltam. Szembetűnő, hogy a kompakt beépítés gazdaságosabb. Ez a vékonyabb kopórétegnek köszönhető. (1. táblázat)

Marás és felület előkészítése

Gyakran az út teherbírása még megfelelő, az alsóbb rétegek, mint az alaprétegek még jó állapotban vannak, de a

kopóréteg a különböző károsító hatásoknak köszönhetően (környezet, időjárás, forgalom) már elhasználódás jeleit mutatja. Ilyen jelek lehetnek a maradó alakváltozások, nyomvályúk, kátyúk, valamint különböző repedések. Ilyen esetekben bevett gyakorlat, hogy a felsőbb réteg lemarásával, majd egy vagy több újabb réteg terítésével újra kielégítő felület érhető el, valamint ezzel növelhetjük az út teherbírását is. Ez a megoldás gazdasági szempontból kedvező, valamint megfelelő időpontban történő beavatkozás során, hosszú élettartamot tudunk biztosítani.

A munkához a felület nagysága, valamint a gyors munka-végzés igénye miatt két db Wirtgen típusú (W210i) hidegmarót, valamint a kisebb visszamaradó területek, útsatlakozások, csatorna fedlapok, aknák körüli marásához egy kicsi W100Ri típusú marót alkalmazok. A marógép főbb paramétereit az alábbi mellékletek tartalmazzák:

A munkát a tervezési szakaszom elejétől, a Száva utcától kezdem el. Mivel a kiválasztott gép akár 2,2 m-es szélességben is képes marni és a burkolat szélessége 8 m, ezért a teljes szakaszt 4 sávra osztom fel. A 2 m-nél szélesebb marásnak köszönhetően az esetleges plusz felületeket (nem mindenhol pontosan 8 méter a burkolat) is képes vagyok marni. Az első nap menetiránynak megfelelően, a jobb oldali sávban kezdem el a marást. Az első maró a 2 db 2 m-es sávra felosztott jobboldali forgalmi sáv, belső sávját kezdi el marni. A második marót körülbelül 100–150 m-el később indítom el, hogy legyen kellő távolság a két gép között. Így a mart aszfaltot szállító járművek nem akadályozzák egymást. A teljes útszakasz marása 4 napot vesz igénybe.

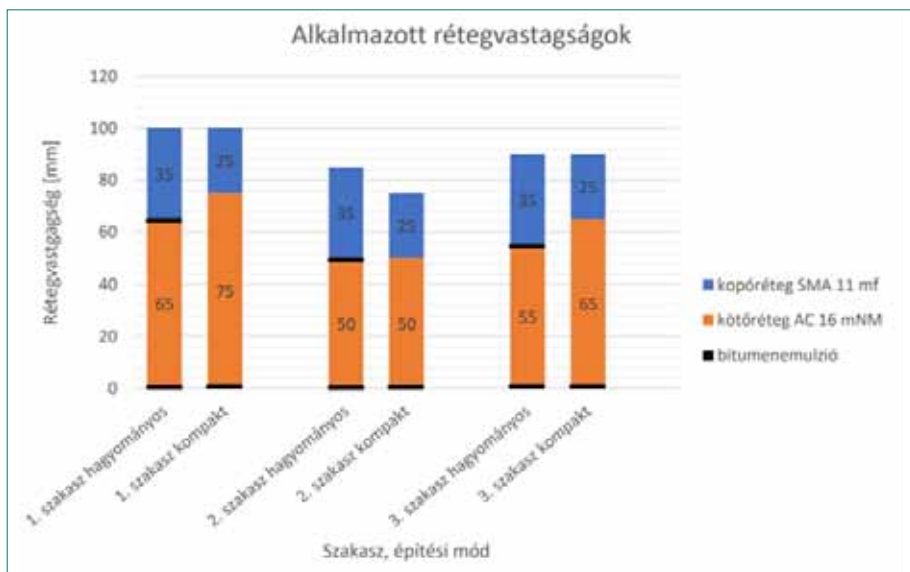
Tisztítás/hézagkezelés

A burkolat marását követően, elengedhetetlen az aszfaltozási munkálatok előtt a mart felület megfelelő előkészítése. Ezt először tisztítással kell kezdeni. A munkához egy nagy teljesítményű utcaseprűt kell alkalmazni. A gép kiválasztásánál segítséget kaptam, az SAT-roads-nál dolgozó Molnár Dávidtól. Mart aszfaltok tisztítására a gyakorlatban, az utak tisztítására használt gépek, nem feltétlenül kielégítőek. Törekednünk kell arra, hogy minél tisztább legyen a felület a jobb aszfalttapadás elérésének érdekében. Nagy felületű mart aszfaltok takarítására alkalmas a FRIMOKAR típusú nagyteljesítményű utcaseprő gépek.

A gép nagynyomású vízsugárral tisztítja a felületet, a mosási szélesség változtatható. Különösen nagy szívóteljesítményének köszönhetően, mely a jármű teljes szélességében működik, tökéletesen tiszta felszínt képes maga után hagyni. A szegély-éltisztító fúvókáknak köszönhetően a mart felület szélénél (magasságkülönbség) is képes eltávolítani a mart anyagot. A gépnek mind a víz, mind pedig a szemét tartálya hatalmas, így nagy felületeket képes letakarítani megállás nélkül. [6.]

Bitumen emulzió permetezése

Hagyományos aszfaltozásnál bitumenemulziót kell permetezni a kötőréteg terítése előtt a fogadó felületre, vala-



7. ábra Alkalmazott rétegvastagságok (saját ábra)

Beépítési mód	Felület [m²]	Szükséges mennyiség [kg]	Szükséges mennyiség [m³]	Egységár [Ft/m²]	Össz. költség
hagyományos	63600	31800	32	160	10 176 000 Ft
kompaktaszfalt	127200	63600	63	160	20 352 000 Ft

2. táblázat Felhasznált bitumenemulzió mennyiségének és árának összehasonlítása

mint a kopóréteg terítése előtt a kötőrétegre. A kompaktaszfalt beépítés során elegendő egyszeri permetezés az építkezés megkezdése előtt.

A bitumenemulzió kipermetezéséhez a Schäfer Technik által ajánlott és forgalmazott BSM-P típusú gépet alkalmazom. A gép bitumentankja 12000 liter (~12 m³) és a gép képes 2,3–4,6 m szélességben permetezni. A burkolatra felvitt bitumenemulzió mennyisége általában 0,2-től 0,4 kg/m²-ig terjed. Mart felületeknél az érdeesebb felszín miatt nagyobb mennyiség alkalmazása javasolt. Éppen ezért a diplomamunkám során 0,5 kg/m² szükséges emulzióval számolok. (2. táblázat)

A keverőtelep kiválasztása

Budapesten, illetve környékén több keverőtelep található, viszont a legközelebbi és egyben leoptimalisabb, a Magyar Aszfalt, Illatos úti keverője. Közel található az építkezéshez, valamint 2 db aszfaltkeverővel is rendelkezik, így biztosítani lehet a kétfajta aszfalt előállítását a kompaktaszfalt beépítéshez.

Budapesten, az Illatos út 8. szám alatt már évtizedek óta működik aszfalt és betonkeverő telep, amit a leromlott állapotának és nem kielégítő kapacitása miatt, 2006-ban felújítottak. A felújítás során két külön álló keverő is kialakításra került. Ezek névleges teljesítménye 240 illetve 120 t/h. A tapasztalatok viszont azt mutatják, hogy az 1. keverő valós teljesítménye szűken 200 t/h míg a 2. keverőé bőven 120 t/h. Az adalékanyagok tárolása, a környezetvédelmi előírásoknak megfelelően, zárt rendszerben történik. A húsz egyenként 7x7m alapterületű 15 m magas silórendszer biztosítja a szükséges mennyiséget. A silók térfogata 750 m³, ami mintegy 1500–1800 tonna adalékanyagot biztosít. [3.26]

Aszfaltozás

Beépítés kompaktaszfalt finisherrel

A diplomamunkám során megvizsgáltam a hagyományos aszfaltbeépítést, majd a kompaktaszfalt beépítést is. Véleményem szerint csak így lehet jól átlátni a két építési technológiát, megfigyelni a közöttük lévő különbségeket és csak így lehet pontos következtetést levonni. Ebben a cikkben csak a kompaktaszfalt beépítést részletezem.

A kompakt beépítésnél 2 technológia közül választhattam. Hazánkban, az M3-as autópályán, 2010-ben a

Dynapac finishere dolgozott, viszont a Ferihegyi gyorsforgalmi úton ez a gép nem alkalmazható. A 4+930-as szelvénynél található aluljáró, a Felsőcsatári út alatt, nem rendelkezik kellő magassággal, úrszelvényhiányos (~3,65 m). Mivel a Dynapac

kompakt finishere 4 m magas, így ez nem jöhetett szóba.

A másik technológia a Vögele cég által kifejlesztett InLine Paving, ahol 2 finisher halad egymás után. Az első finisher egy SUPER 2100-3i IP kötőrétegfinisher, mely el van látva egy, a második finisherbe aszfaltot továbbító szalaggal (Übergabemodul). Ez munka közben 4,7 m magas, viszont állítható a magassága és így elérhető egy 3,08 m magasság. Igaz, hogy ez idő alatt nem képes aszfaltot továbbítani a kopóréteget terítő finisherbe, de ez a pár perces kiesés nem probléma. A kopóréteget terítő finisher is magasabb, mint a rendelkezésünkre álló úrszelvény (3,86 m>3,65), ezért az aluljáróban le kell majd hajtani a finisher tetejét, de ez könnyen megoldható.

Alkalmazott gépek:

– SUPER 2100-3i IP

Megnövelt fogadótartály, mely 20 t keverék tárolására képes

– SUPER 1600-3i

Megnövelt fogadótartály, mely 25 t keverék tárolására is képes. Ennek köszönhetően megállás nélkül, folyamatosan történhet a beépítés.

– MT 3000-2i Offset

A beépítés menete

A beépítést május 26-án reggel 7 órakor kezdem el. Maga a munkaidő 6 órakor indul, a rendelkezésre álló egy óra elegendő a gépek beállítására és összeszerelésére. A beépítés megkezdése előtt már egy kötő és kopóréteget szállító tehergépjárműnek be kell töltenie a friss anyagot a finisherekbe.

A beépítést a menetiránynak megfelelő jobb oldali sávban kezdem. A sáv beépítése 2 napot vesz igénybe. Május 27-én este, fél 9-kor ér véget az aszfaltozás, ezután a beépítő gépeket a Ferihegyi gyorsforgalmi út elejére kell vinni, hogy másnap ismét onnan tudjon indulni a beépítés. Erre azért van szükség, mert az egyszerre beépített két rétegnek 36 órát kell száradnia ahhoz, hogy forgalom mehessen rá. Ha megfordulnánk és visszafelé folytatnánk a beépítést, akkor az aszfaltot szállító járművek a frissen még szinte ki sem hűlt rétegen mennének. (3.táblázat)

Elkészítettem a kompakt beépítéshez is az ütemlapot, mely információt ad számunkra az érkező keverékekről. (8. ábra)

A beépítés komoly koncentrációt, figyelmet és szervezetséget igényel. A beépítés előtt célszerűnek tartanám egy közös kooperáció megszervezését, ahol jelen legyenek a

szállító járművek vezetői, a beépítést végző gépkezelők és brigádok vezetői is. Ismertetni kell velük a beépítés részleteit, valamint fel kell hívni a figyelmüket a kompaktaszfalt különbségeire és nehézségeire.

A beépítés során ügyelni kell arra, hogy egyszerre érkeznek kötő-és kopóréteget szállító járművek. Hogy elkerüljük az esetleges keveredést, a járműveket a keverő telepen, vagy már korábban, mikor kiosztjuk, hogy hányas számú szállító jármű lesz a nap folyamán, azonosító lappal látjuk el. Erre láthattunk példát az M3 beépítés során is. Az aszfaltkompon elhelyeznek egy lámpát, mely egy piros, illetve egy zöld égőből áll. Mikor felgyullad a zöld égő, kötőrétegre van szükség, a piros lámpánál kopóréteget kell betölteni. Ez nagyban megkönnyíti a szállító járművek vezetőinek feladatát. A lámpát figyelve folyamatosan történhet az aszfalt utánpótlás. A helyszínen lennie kell egy irányító személynek is, aki koordinálja a járművek mozgását, valamint ellenőrzi, hogy a járművek kellő időben érkeznek-e és hogy a megfelelő tehergépjármű tölti-e be a friss aszfaltot az aszfaltkompa. Mivel nem teljes keresztmetszetben terítjük az aszfaltot, hanem két sávban és eltérő időben, ezért a hosszcsatlakozást forrót a hideghez elv szerint kell kialakítani.

Összegzés

A kompaktaszfalt technológia egyik előnye, a gyorsabb beépítés, ami csak ott érvényesül igazán, ahol egy jelentősebb hosszra tud a géplánc megszakítás nélkül haladni. Ez a városi utakra, ahol gyakran meg kell állni, manőverezni kell, ki kell emelni a beépítő padot az akna fedlapok miatt nem jellemző. Éppen ezért a kompakt beépítés inkább autópályák, gyorsforgalmi utak, valamint különböző külterületi utak építésénél gazdaságos.

A Ferihegyre menő gyorsforgalmi úton a maga 8 km-es hossza, és a szalagkorlát elválasztó hatása miatt, már érvényesülni tudnak a kompakt beépítés előnyei.

A számításaim során feltűnt, hogy a vártnál lassabban tud haladni a kompaktaszfalt beépítés a hagyományos beépítéssel szemben. Ez annak köszönhető, hogy míg a hagyományos beépítésnél az Illatos úti keverő mindkét keverője egyszerre képes előállítani a szükséges keveréket, addig a kompakt beépítés során a keverő megosztva tud csak dolgozni (kopóréteg–kötőréteg). Ebből adódóan, valamint abból, hogy a technológiának köszönhetően vastagabb kötőréteget kell beépíteni, nem képes a keverőtelep biztosítani a szükséges aszfaltmennyiséget ahhoz a sebességhez, amivel a hagyományos beépítés halad. Gyorsabb beépítéshez még egy aszfaltkeverő bevonására lenne szükség, de erre a mai magyar útépités még nincs felkészülve¹. A lassabb sebesség ellenére még így is hamarabb lesz vége a munkának, ami költségmegtakarítás.

¹ Szarvady Csaba véleménye (műszaki vezető; STRABAG Általános Építő Kft.)

Fuvarszám	Aszfaltkeverék	TGK szám	Kör	Szelvény	Keverő telep		Építkezés	
					Érkezési idő		Érkezési idő	
					Terv	Megjegyzés	Terv	Megjegyzés
2017.05.26/28								
1	kötő	1	1			6:05:00		6:35:00
2	kopó	1k	1			6:10:00		6:40:00
3	kötő	2	1	0	-	30	6:15:00	6:45:00
4	kötő	3	1	30	-	60	6:25:00	6:55:00
5	kötő	4	1	60	-	90	6:35:00	7:05:00
6	kopó	2k	1			6:40:00		7:10:00
7	kötő	5	1	90	-	120	6:40:00	7:10:00
8	kötő	6	1	120	-	150	6:50:00	7:20:00
9	kötő	7	1	150	-	180	7:00:00	7:30:00
10	kopó	3k	1			7:05:00		7:35:00
11	kötő	8	1	180	-	210	7:05:00	7:35:00
12	kötő	9	1	210	-	240	7:15:00	7:45:00
13	kötő	10	1	240	-	270	7:25:00	7:55:00
14	kopó	1k	2			7:30:00		8:00:00
15	kötő	1	2	270	-	300	7:30:00	8:00:00

8. ábra Ütemlap kompaktaszfalt beépítéshez (részlet)

A gyorsabb munka mellett érvényesül a többi előnye is a technológiának. A vékonyabb kopórétegek, valamint az egyszeri bitumenemulzió réteg terítésének köszönhetően kevesebb lesz az anyagköltség. A két réteg között kialakuló jobb kapcsolatnak köszönhetően hosszabb élettartammal is lehet számolni.

Hivatkozások

Die Kompaktasphalt-Technologie von Dynapac für den Einbau von Kompakt- und Doppeldrainasphalt, 2004 Juni

A kompaktaszfalt pályaszerkezetek építése és alkalmazásának céljai, Dr. Pethő László

Kompaktaszfalt burkolat. Építési feltételek és minőségi követelmények, Képes Győző Magyar Útügyi Társaság, 2012.10.25

Special Class, Vögele InLine PAve, Das wirtschaftliche Einbauverfahren für kompakte Asphaltbefestigungen, Wirtgen Group Company, VÖGELE

https://hu.wikipedia.org/wiki/Ferihegyi_rep%C3%BCl%C5%91t%C3%A9rre_vezet%C5%91%C3%BAt (2017.03.13)

<http://www.ehr-fahrzeugtechnik.at/en/products/municipal-equipment-and-road-construction/cleaning-of-milled-surfaces.html>

További felhasznált irodalom

Richter, E., Dietrich, W.:”Kompaktasphalt – eine Bauweise der Zukunft”. Bitumen 1997, Heft 3, S. 98.101

Kompaktaszfalt, OTDK 2006/2007 tavasz, Füleki Péter A kompaktaszfalt, egy lehetőség az aszfaltburkolatok deformáció-ellenállásának fokozására, Peter Hübner, Német Út- és Közlekedésügyi Kongresszus, 1998.

Angewandter Straßenbau, Straßenfertiger im Einsatz, Marc Niggemann, 2012

Az építőipari kivitelezési munkák előkészítése, Gombosné Rása Éva, Építőipari közös feladatok I. (A követelménymodul megnevezése)

Gumival és polimerrel modifikált bitumennel készült SMA keverék teljesítményének vizsgálata

Balog Zoltán

Okl. közlekedés és környezetépítő mérnök BSc; infrastruktúra-építőmérnök MSc hallgató, Budapesti Műszaki Egyetem

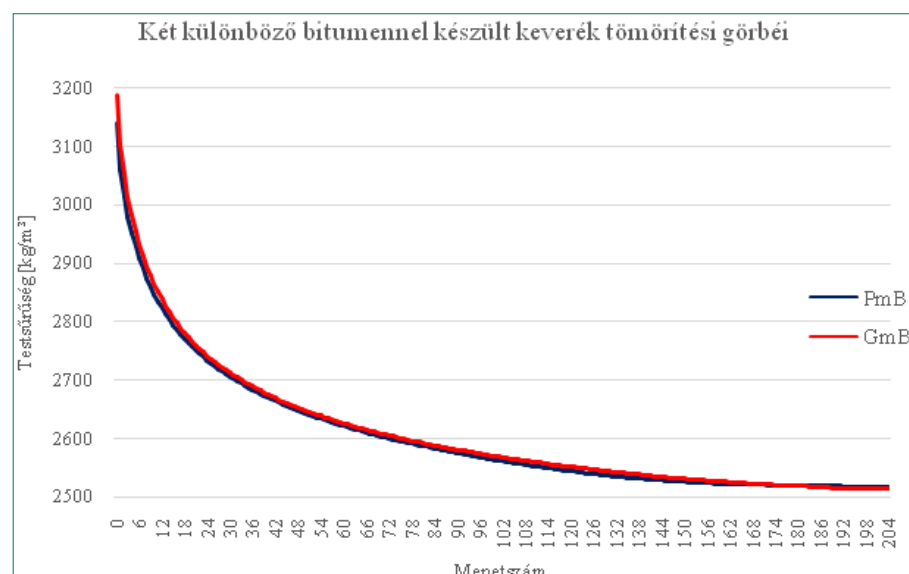


1. Bevezetés

A cikk célja, hogy laboratóriumi vizsgálatokkal ellenőrizsem, hogy az aszfaltbeton keverék esetén már megismert tendenciák a zúzalékvázás masztixaszfalt keverék esetén is jelentkeznek-e. A vizsgálatok elvégzéshez azonos kövázhoz és adalékszerhez mindkét keverék esetében Marshall-módszer segítségével optimális bitumentartalom lett meghatározva, mely a két keverék esetén különböző lett: PmB 25/55-65 kötőanyag esetén 6,1%-os, míg GmB 45/80-55 kötőanyag esetén 6,2%-os bitumentartalommal készültek a próbatestek. Minden vizsgálat egyszer lett elvégezve minden keverék esetén a szabványban előírt próbatestszámmal. A vizsgálatokra a BME Építőmérnöki Kar Út és Vasútépítési Tanszék pályaszerkezeti laboratóriumába került sor, mely vizsgálatok a diplomamunkám elkészítéséhez is felhasználásra kerültek.

2. Gumival modifikált bitumen

GmB 45/80-55 termék esetében a kötőanyag gumival, pontosabban használt gumiabroncsokból készült apró gumi őrlemény kerül felhasználásra modifikáló szerként. Magyar viszonylatban a MOL Zrt. a Zalaegerszegi finomítójában gyárt ilyen terméket, de nemzetközi szinten már a hatvanas években elkezdtek használni az aszfaltgyártásban a gumiőrleményt. Legelőször az Egyesült Államokban jelent meg, majd a nyugat-európai régióban is egyre jobban elterjedt, de jelentős felhasználása van Indiában és Dél-Afrikai Köztársaságban is különböző módokon.



1. ábra – Tömöríthetőségi vizsgálat eredménye

Ami a gyártását illeti két alapvetően eljárást különböztethető meg: nedves eljárás esetén a gumi őrlemény a forró bitumenbe kerül adagolásra és együttesen kerül az aszfaltkeverékbe, ezáltal a gumi, mint modifikáló szer hatásai jobban érvényesülnek. Száraz eljárás esetén a gumi őrlemény az aszfaltkeverékhez kerül hozzáadásra a keverék gyártásakor a kövázhoz és a kötőanyaghoz. Mindkét gyártási rendszernek megvan az előnye, mint például, hogy száraz eljárás esetén kis mennyiségben helyszíni előállítás is lehetséges. Az eddigi tapasztalatok alapján a gyártási rendszertől függetlenül vannak előnyei a gumival modifikált bitumennel készült keverék esetében. A mérések szerint a fékút csökkenésével a közlekedés biztonságához is hozzájárul ez az újfajta innováció, de a környezet védelméhez is hozzájárul, nemcsak a felhasznált használt gumiabroncsok ilyen történő újra hasznosításával, de a nagyobb tapadás biztosításával a felhasznált üzemanyag felhasználás is csökkenthető és a zajszennyezés is mérhető szinten csökken kopórétegek esetén, valamint a tapasztalatok alapján hosszabb élettartam is várható kopóréteg esetében. Hátrányként jelentkezik ugyanakkor a gyártás során keletkező szaghatás valamint a nagyobb problémát okozó tárolási stabilitás és hogy a gumival való modifikálás esetén magasabb gyártási hőmérséklet használatos.

3. Tömöríthetőség vizsgálat

Az első vizsgálati eredmény, amit ismertetni szeretnék, az a tömöríthetőség vizsgálat (MSZ EN 12697-10). A kísérlet során zsirátoros tömörítési vizsgálat került végrehajtásra,

ahol a menetszámok függvényében határozható meg a próbatesszt aktuális testsűrűsége

A két keverék K tömöríthetőségi értéke így adódik: polimerrel modifikált bitumennel készült keverék esetén $K = 3,04$, míg a gumibitumennel készült keverék esetén $K = 3,30$ értéket kapunk. K érték a $v(ng)=v(1) - K \cdot \ln(ng)$ (ahol ng a fordulatszám, v a szabadhézagtartalom) egyenletből fejezhető ki, mely jellemző a keverék tömöríthetőségének számszerű meghatározása. Ez alapján a két keverék közül a gumival készült bitumen valamivel jobban tömöríthető, de ez az érték annak köszönhető, hogy a kezdeti testsűrűség nagyobb volt. Ha a tömörítési görbét nézzük meg, akkor jól látható, hogy a két keverék nagyon hasonló, közel azonos módon viselkedik a tömörítés hatására. Ebből a szempontból tehát szignifikáns különbség nem határozható meg.

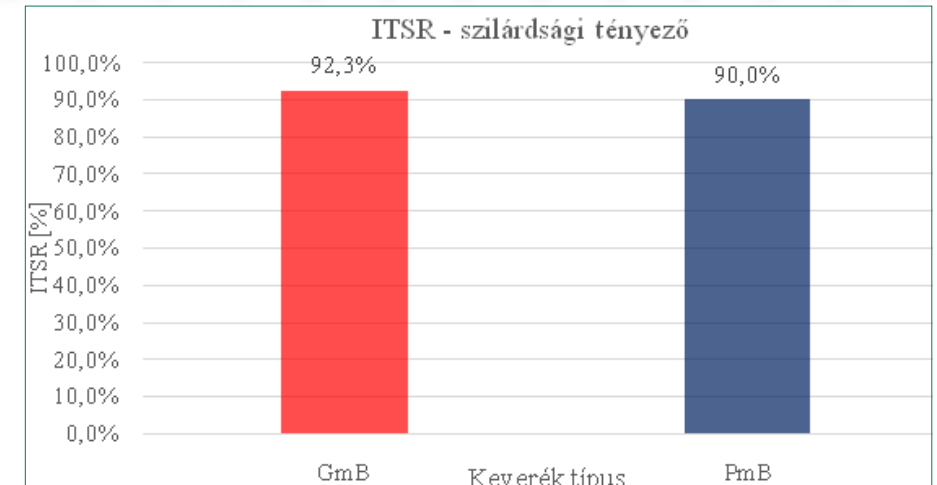
4. Környezeti atásokkal szembeni ellenállás

A környezeti hatásokkal szembeni ellenállásokkal kapcsolatos vizsgálatok közül az első a vízérzékenység vizsgálat (MSZ EN 12697-12).

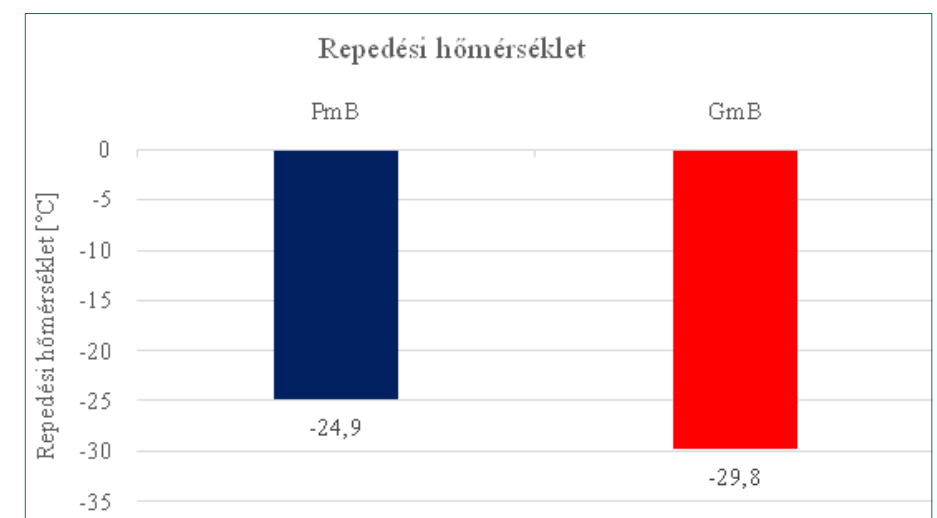
A fenti adatokból jól látszik, hogy a gumibitumennel gyártott aszfaltkeverékből készült próbatestek kevésbé érzékenyek a nedvesség okozta szilárdságcsökkentő hatásnak. A polimerrel modifikált bitumenből készült keverék esetén jól látható, hogy az a szabványban megkívánt követelményt éppen csak eléri, de a gumival modifikált bitumennel készült aszfalt is csak kis mértékben tudta meghaladni azt.

Az ARH vizsgálat (MSZ EN 12697-46) alapján: a GmB keverék átlagos repedési hőmérséklete $-29,8^\circ\text{C}$, míg ugyanez az érték a polimerrel modifikált bitumennel készült keverék esetén $-24,9^\circ\text{C}$. A repedési hőmérsékleten számítható húzószilárdság átlagos értéke tekintetében is ez a helyzet. A gumival modifikált bitumennel készült keverék esetén ez az érték hét százalékkal nagyobb, ami abszolút értékben 374 N/mm^2 értéket jelent.

A két keverékre vízáteresztő vizsgálat (MSZ EN 12697-19) alapján vízáteresztőképességi együttható is meghatározásra került, mely esetben Marshall-próbatesten végeztem függőleges áteresztési vizsgálatot. A két keverék közül függőleges vízáteresztő képesség tekintetében a gumibitumenes keverék 17 százalékkal teljesít jobban, mint a polimerrel modifikált bitumen. Ez annak ismeretében mondható jelentősnek, hogy a két keverék ellenőrzött hézagtartalma a tervezett három százalékon van – noha a testsűrűség a polimerrel modifikált bitumen esetében jóval nagyobb – így ennek nincs befolyása a két eredmény közötti különbségre.



2. ábra – Vízérzékenység vizsgálat eredményei



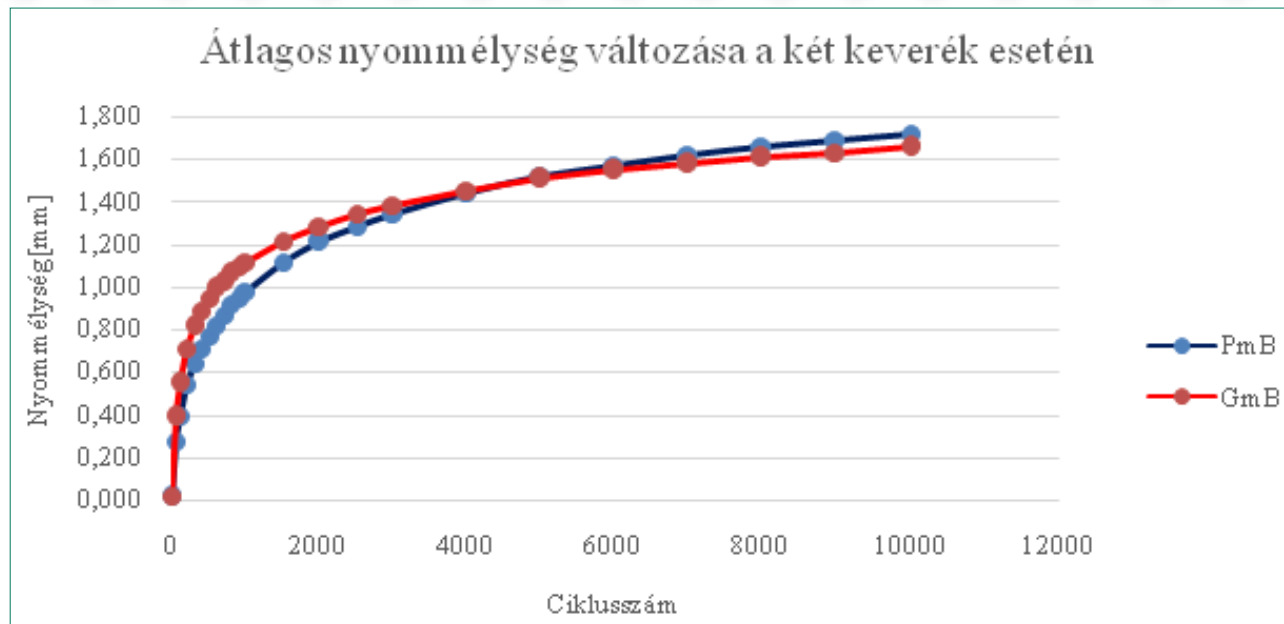
3. ábra – ARH vizsgálat eredményei

5. Mechanikai hatásokkal szembeni ellenállás

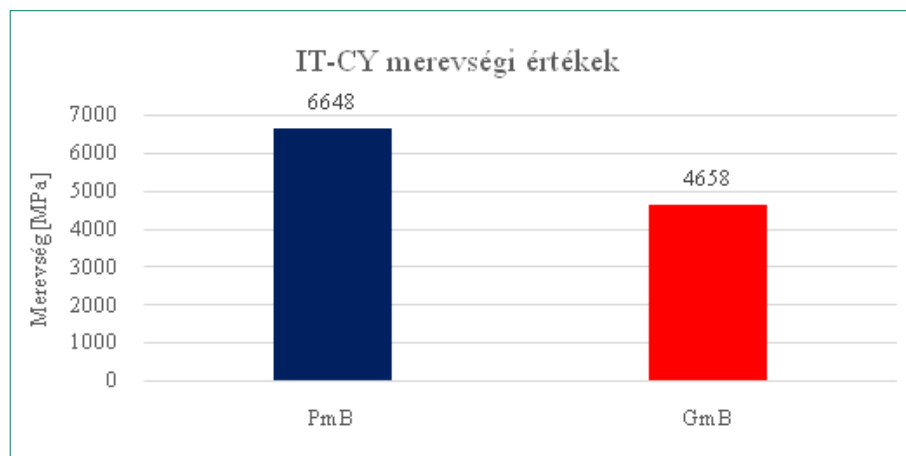
A mechanikai hatások vizsgálata közül a keréknyomképződés (MSZ EN 12697-22) az egyik legfontosabb, mely a keverékeke melegoldali viselkedését jellemzi. A ciklusszám függvényében kialakuló nyommélység lefutását mutatja 4. ábra – Keréknyomképződés eredménye.

A két keverék összehasonlítása során megállapítható, hogy jelentős különbség a két keverék esetén a maradó alakváltozással szembeni ellenállás során nincs. Az átlagos nyommélység és az átlagos fajlagos nyommélység (40 mm-es próbatestvastagsághoz viszonyítva mindkét keverék során) esetében is körülbelül négy százalékkal teljesít jobban a gumival modifikált bitumennel készült keverék. Ugyan ez az érték a keréknyomképződési görbe véghajlásszöge esetén közel 33 százalék. Az alakváltozási görbe véghajlásszöge megmutatja, hogy a vizsgálat végén már nem igen keletkezik újabb alakváltozás – a vizsgálat elején lezajlott – így a keverék élettartam ebben a tekintetben is hasonlóan tekinthető.

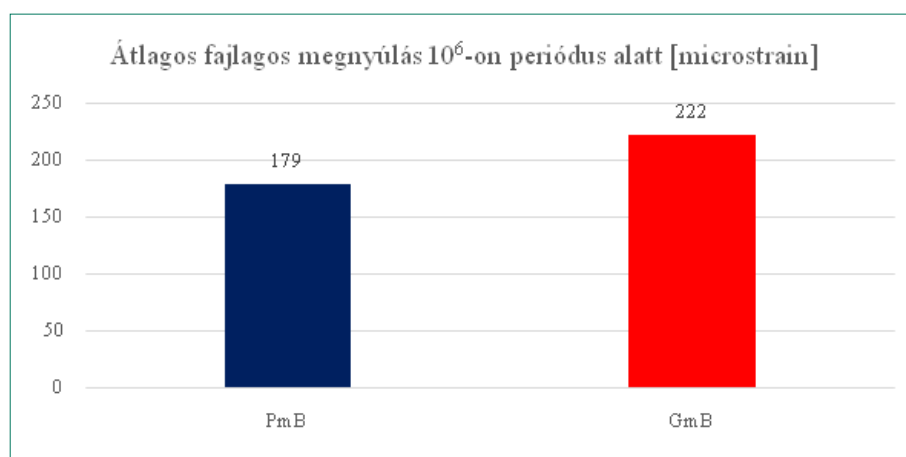
A merevségi modulus meghatározása IT-CY módszerrel történt MSZ EN 12697-26 szabvány szerint Marshall-próbatesten. A két keveréket összehasonlítva szembevetendő a különbség: a polimerrel modifikált bitumenből készült keverék esetén a merevségi modulus közel ötven százalékkal nagyobb, mint a gumival modifikált bitumennel készült keverék.



4. ábra – Keréknyomképződés eredménye



5. ábra – Merevségi értékek



6. ábra – Fáradási vizsgálat eredménye

Az tehát megállapítható, hogy merevség szempontjából a gumival modifikált bitumennel készült aszfalt rosszabban teljesít, mint a polimerrel modifikált bitumenből készült kötőanyagú keverék.

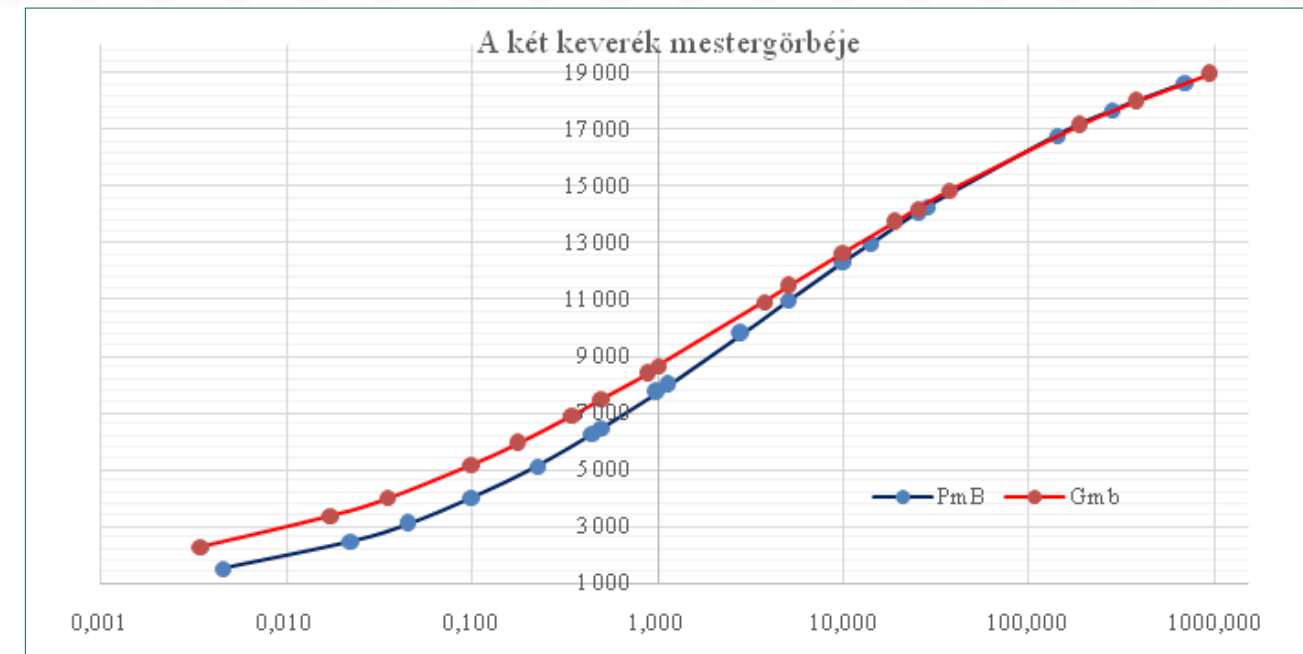
A következő és szintén nagyon fontos vizsgálat a fáradási

vizsgálat (MSZ EN 12697-24). Jelen esetben trapezoid próbatesteken végzett kétpontos hajlítási kísérlet lett elvégezve a két keveréken.

A vizsgálatok alapján kijelenthető, hogy a gumival modifikált bitumen a fáradás szempontjából szignifikánsan jobban teljesít. Az egymillió ciklusszámhoz tartozó megnyúlás abszolút értékekben is nagyobb, 49 μ strain a különbség. Százalékos értékben a gumibitumen közel 25 százalékkal teljesít jobban. Azt is érdemes megfigyelni, hogy a polimerrel modifikált bitumennel készült keverék átlagosan 3149 N/mm² nagyobb kezdeti merevséggel rendelkezett, ami több, mint 30 százalékos különbség. Ennek ellenére a ciklusszámokat tekintve ez a keverék rosszabbul teljesít azonos fajlagos megnyúlások esetén. Ez a vizsgálati eredmény számomra azt mutatja, hogy a gumival készült bitumen esetén hosszabb élettartammal lehet számolni, míg a merevség esetén a polimerrel modifikált bitumen teljesít jobban. A vizsgálat során a trapezoid próbatestek testsűrűsége között mértékadó különbség nincs.

6. Simple Performance Test

Magyarországi viszonylatban kevésbé használatos és ismert Simple Performance Test, azaz az SPT vizsgálat. A vizsgálat során hengeres próbatestet központosan terhelünk külön-



7. ábra – SPT vizsgálat eredménye

böző frekvenciával és különböző hőmérsékleten. Az eredményekből a keverékre jellemző mestergörbe rajzolható fel. Vízszintes tengelyen a terhelési frekvencia, függőleges tengelyen a keverék merevsége látható. A mestergörbe lefutásából és egymáshoz viszonyított helyzetéből lehet levonni a következtetéseket, ugyan is az alacsony frekvenciatartomány a magas hőmérséklettartomány reprezentálja, míg a magas frekvenciatartomány az alacsony hőmérsékleti tartományt. Emellett a kapott mestergörbék arra is használhatók, hogy egy bonyolult átszámítási rendszerrel a korábban nem mért hőmérséklet-frekvencia párokra is át lehet számítani a merevségi értéket, ami a pályaszerkezet tervezésében ad segítséget.

Az SPT vizsgálatból adódó mestergörbe a korábbi vizsgálatok eredményeit megerősíti. A alacsony frekvenciatartományon a két keverék közül a gumival modifikált bitumennel készült keverék magasabb merevségi értéket mutat, ami a nyomvályú képződésnek való nagyobb ellenállásra enged következtetni, míg magas frekvenciatartományon a két keverék között szignifikáns különbség nem mutatható ki.

7. Összegzés, konklúzió

Összefoglalásként elmondható, hogy a vizsgálatok igazolták a korábbi más keverékek esetén tapasztalt előnyöket. Az SMA keverék esetén is jelentősebb a környezeti hatásokkal és a közlekedés fárasztó hatásával szembeni ellenállása. A hidegrepedések kialakulásának is kisebb az esélye, ezáltal hosszabb élettartam várható. A gyártással kapcsolatos hátrányok mellett a merevségi értékre jóval kedvezőtlenebb érték adódott, ennek azonban a zúalékvázás masztixaszfalt keverék esetén nincs jelentősége, mivel az a pályaszerkezetben nem teherhordó szerepet képvisel legfelső réteggként. A vizsgálatok minden esetben egyszer kerültek elvégzésre több próbatesten, így fon-

tos kiemelni, hogy hosszú távú következtetés csak ezekből a mérési eredményekből nem vonhatók le, de a korábbi tapasztalatokkal együtt hosszabb távon is értelmezhető.

Fontos további kutatási lehetőség rejlik a gumival modifikált bitumennel készült keverékek esetében, mivel ezzel a kötőanyaggal viszonylagosan kevés tapasztalat áll rendelkezésre más keverékekhez képest. Érdemes lehet vizsgálni gumival modifikált bitumen esetén az ideális gyártási hőmérsékletet, a visszanyert aszfaltkeverék újrahasznosíthatósága ezen kötőanyag típus esetén, más keverékekkel való együtt dolgozása beépítés után.

8. Irodalomjegyzék

- Dr. Geiger András, Dr. Holló András, Lehel Zoltán, Csontos Györgyné, Perlaki Róbert: Gumival modifikált bitumen (GmB) gyártása és felhasználásával készült aszfaltok beépítési tapasztalatai (Az Aszfalt – XIX. évfolyam 2014/1. szám, 2014 július)
- Igazvölgyi Zsuzsanna, Soós Zoltán: Aszfaltkeverékek vízáteresztő képességének laboratóriumi vizsgálata (Az Aszfalt – XX. évfolyam 2015/2. szám, 2015 december)
- Balogh Lajos, Dr. Geiger András: Gumival modifikált bitumen felhasználásával gyártott aszfaltok új tapasztalatai (Az Aszfalt – XX. évfolyam 2016/1. szám, 2016 június)
- Krishna Prapoorna Biligiri, George B. Way: Comparison of Laboratory and Field Aging Properties of Asphalt-Rubber and Other Binders in Arizona (2013)
- Dr. John Rolt: How flexible road pavements really behave – the paradigm shift in our understanding of road behaviour (Transport Research Foundation, ICE, 2012)
- Dr. Tóth Csaba: Aszfaltkeverékek merevsége a terhelési idő, a hőmérséklet és a kőváz szemeloszlásának függvényében (Ph.D. értekezés)



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
4900, Fehérgyarmat külterület 134/23 hrsz – mobil keverő *
2462 Martonvásár, 0152/1 hrsz
8800 Nagykanizsa, 0632 hrsz
7100 Szekszárd, Palánki út 41
2225, Üllő Belterület 3753 hrsz

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

HAPA TAGVÁLLALATAI

Aszfalt Hungária Kft.

H-2225 Üllő,
belterület, hrsz. 3753.
E-mail: euroaszfalt@euroaszfalt.hu

Budapest Közút Zrt.

H-1115 Budapest,
Bánk bán u. 8-12.
Telefon: + 36 1 464 8541

DÉLÚT Kft.

H-6750 Algyő,
Kastélykert u. 171.
Pf: 4.
Telefon/Fax: + 36 62 517 727

Colas Hungária Zrt.

H-1113 Budapest,
Bocskai út 73.
Telefon: + 36 1 883-1000

Colas Út Zrt.

H-1113 Budapest,
Bocskai út 73.
Telefon: + 36 1 883 1800

Duna Aszfalt Út és Mélyépítő Kft.

H-6060 Tiszakécske,
Béke u. 150.
Telefon: + 36 76 540 060

Hazai Építőgép Társulás Kft.

H-2225 Üllő,
Mátyás király u. 33.

He-Do Kft.

H-3261 Pálosvörösmart,
Hagyóka u. 1.
Telefon/Fax: + 36 37 560 090

MOL Nyrt.

H-1117 Budapest,
Október 23. u. 18.
Telefon: + 36 1 209 0000

OMV Hungária Ásványolaj Kft.

H-1117 Budapest,
Október Huszonharmadika utca 6-10.
Telefon: + 36 1 381-9700

„SOLTÚT” Kft.

H-6320 Solt,
Kecskeméti u. 34.
Telefon: + 36 78 486-846

Swietelsky Magyarország Kft.

H-1072 Budapest,
Rákóczi u. 42.
Telefon: + 36 1 889-6300, + 36 1 188 6350

Útéppark Útépítő és Mélyépítő Kft.

H-8000 Székesfehérvár,
Sóstói u. 7.
Telefon/Fax: + 36 22 321 001

Vértes Aszfalt Kft.

H-2890 Tata,
Barina u. 9.
Telefon: + 36 30 9921 537
Telefon: + 36 34 309 219

PENTA Kft.

H-2100 Gödöllő,
Kenyérgyári u. 1/E.
Tel: + 36 28 529-050

HAPA TÁRSULT TAGVÁLLALATAI

Ammann Austria GmbH

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

AUMER Kft.

H-1112 Budapest, Reptéri út 2.
Telefon: + 36 1 248 1931

BHG Bitumen Kft.

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

BME Út és Vasútépítési Tanszék

H-1111 Budapest, Műgyetem rkp. 3.
Telefon: + 36 1 463 1151

Carmeuse Hungária Kft.

H-7827 Beremend, Pf. 40.
Telefon: + 36 72 574 930

EuroAszfalt Kft.

H-2225 Üllő, belterület 3753 hrsz.
Telefon: + 36 29 522 200

EULAB Kft.

H-2120 Dunakeszi, Székesdűlő 135.

INNOTESZT Kft.

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

INNOVIA Kft.

H-2541 Lábatlan, Dunapart 1605/2 hrsz.

KONSTRUKTÍV Kft.

H-1165 Budapest, Nyílvesző u. 24.
Telefon: + 36 1 291 5389

**Magyar Közút Nonprofit Zártkörűen Működő
Részvénytársaság**

H-1024 Budapest, Fényes Elek u. 7-13.
Telefon: + 36 1 819 9000

Omya Hungária Mészkefeldolgozó Kft.

H-3300 Eger, Lesrét utca 71.
Telefon: + 36 36 531-510

ÖKO-LOGIKA Kft.

H-1039 Budapest, Batthyány u. 35/A.

Prímaenergia Zrt.

H-1117 Budapest, Budafoki út 56.
Levelezési cím: 3014 Hort, Pf.29.
Telefon: +36 80 45-50-50
Fax: +36 1 209-9996

Profi-Bagger Kft.

H-2051 Biatorbágy, Tormásirét u. 6.
Telefon: + 36 23 530 893

Rec-Plus Kft.

H-3200 Gyöngyös, Felső-Újvárosi utca 2.
Telefon: + 36 30 205 8490

Rettenmaier Austria GmbH & Co.KG

A-1230 Wien, Rudolf-Waisenborn-Gasse 18.
Telefon: + 43 1 886 0688

Tarnóca Kőbánya Kft.

H-2045 Törökbálint, Torbágy u. 20.
Telefon: + 36 23 332 074

TPA HU Kft.

H-1097 Budapest, Illatos út 8.
Telefon: + 36 1 211 3220
e-mail: hu@tpaqi.com

ÚTLABOR Kft.

H-9151 Abda, Bécsi út 15.

VIA-PONTIS Mérnöki Tanácsadó Kft.

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

Wirtgen Budapest Kft.

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

Nem tagként

Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ

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



ÚJGENERÁCIÓS ASZFALT MOL GUMIBITUMENBŐL

A MOL többéves kutató-fejlesztő munkával dolgozta ki az új összetételű, gumibroncsok újrahasznosításából származó, gumiórleményt is tartalmazó MOL Gumibitument.

Az aszfaltburkolat ennek köszönhetően hosszabb élettartamú, nagyobb teherbírású, és összetételéből adódóan csökken a kátyúk kialakulásának esélye.

Tartson ön is velünk a jövő útján!

www.mol.hu

