

leteket speciálisan erre a célra kifejlesztett biogázreaktorokban végezzük, amelyeket egy szegedi cég, a Biospin Kft. közreműködésével fejlesztettünk ki (2. ábra). Ezek a berendezések kitűnően modellezik az üzemi biogázreaktorok felépítését és működését, folyamatos és szakaszos üzemmódban dolgoznak és minden működési paramétert automatikusan rögzítenek.

Kísérleteink megerősítették, hogy a mikroba közössége sikeresen vette az akadályt. Alkalmazkodtak a megváltozott körülményekhez és sikeresen termelnek biogázt stabilan, hosszú időn keresztül folyamatos táplálás mellett kizárólag fehérje alapú biomasszában élve. Először a vágóhidakon nagy mennyiségben keletkező veszélyes hulladékkal, sertésvérrel etettük a reaktorokat (3. ábra). Hasonló eredményeket kaptunk a tejipari melléktermék kazeinnel (4. ábra) és a szintén ártalmatlanításra szoruló húsliszttel, ami azt bizonyította, hogy az eljárás alkalmazható különféle fehérjében gazdag hulladékok hasznosítására. Bebizonyosodott az elméletileg számított eredmény is, hogy a fehérjékből fajlagosan (szervesanyag-tartalomra számolva) valóban több biogázt lehet előállítani, mint például a biogáziparban is kedvelt magas cukortartalmú biomasszákból (pl. silókukorica), ha az erre specializálódott mikrobaközösség végzi a munkát. A metagenomika alkalmazásával meghatároztuk, hogy milyen mikrobacsoportok és törzsek azok, amelyek különösen kivették a részüket a fehérjék lebontásából és melyek azok, amelyek háttérbe szorulnak a megváltozott alapanyag hatására. Az ismeretek birtokában lehetőség nyílik a közösség összetételének racionális megváltoztatásával a különféle alapanyagok hatékonyabb és optimálisabb lebontását elvégző mikrobakonzorciumok létrehozására. A kutató számára siker, hogy a természeti jelenségek megismerésének új lépcsőfokára juthattunk el. A biogáztermelés pedig hatékonyabban, gazdaságosabban valósítható meg ipari léptékben is, ha a folyamat kulcsszereplőit, a szemmel nem látható szorgos mikroba seregét az új módszerek segítségével figyelemmel kísérik, összehangolt életüket, működésüket tudatosan szervezzük meg.

KOVÁCS ETELKA-  
WIRTH ROLAND-  
MARÓTI GERGELY-BAGI ZOLTÁN-  
KOVÁCS L. KORNÉL

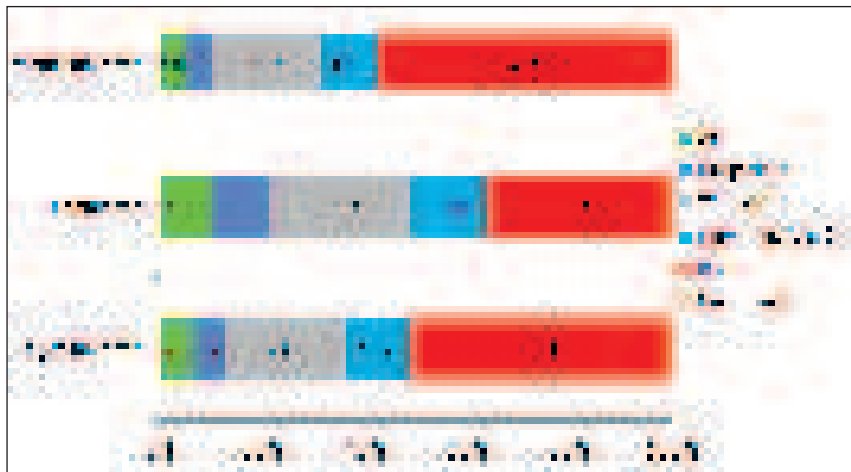
Köszönjük a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 jelű Jedlik Ányos ösztöndíj, valamint Prof. Kondorosi Éva akadémikus és Dr. Rákhely Gábor tanszékvezető egyetemi docens támogatását.

GEIGER ANDRÁS–HOLLÓ ANDRÁS

# Tartós aszfaltutak a MOL új termékével

*Az elhasznált gumiabroncsokból származó gumiőrlemény és bitumen összekeverésével gumibitumen állítható elő. Ez a módszer nemcsak a hulladékká vált gumiabroncsok gumi részének anyagában történő hasznosítását jelentheti, hanem megoldást kínál az aszfaltutak minőségének és tartósságának növelésére is. A gumibitumenek ütéptéti alkalmazása máig az USA-ban a legelterjedtebb; az elmúlt 40 év tapasztalatai egyértelműen igazolták műszaki, társadalmi és környezetvédelmi előnyeit. A hagyományos bitumenekkel épült aszfaltutakhoz képest a gumibitumenek előnyeként elsősorban a jobb minőséget, lényegesen nagyobb tartósságot (hosszabb élettartamot), kisebb életciklus- és útfenntartási költséget szokták kiemelni. A pozitívumok mellett a gumibitumen alkalmazásának nehézségei is vannak, példaként említve a jelentős beruházást igénylő speciális feldolgozó berendezések igényét, amelyek miatt széleskörűen mind a mai napig nem terjedt el, főként csak az USA-ban alkalmazzák.*

*A MOL a Pannon Egyetemen együtt folytatott kutatás-fejlesztési munka során olyan, a kőolaj-finomítóban megvalósítható gumibitumen gyártási technológiát és terméket dolgozott ki, amely alkalmazási módja az elterjedten alkalmazott polimerekkel modifikált bitumenekéhez hasonló, ezáltal széles körű elterjedése is lehetővé válhat. A kidolgozott eljárás és termék 2009-ben szabadalmi oltalmat kapott (HU 226481). A MOL a szabadalmi alapuló prototípus üzemét 2012-ben adta át, az új termék, a Gumival modifikált Bitumen (GmB) piaci értékesítése elkezdődött, az eddigi ütéptéti tapasztalatok kiválóak. Mivel hazánk aszfaltútjainak karbantartására és felújítására fordítható keretösszeg messze elmarad attól, ami az utak minőségének legalább a szinten tartását biztosíthatná, ezért hazánk útminőségének leromlása folyamatos. Hosszú távon ennek a kedvezőtlen tendenciának a megállításában vagy legalább lassításában nagy jelentőséget kaphat a GmB termék széleskörű ütéptéti felhasználása.*



1. ábra Az országos közúthálózat felületépsége 2012-ben

## Hazánk útjainak állapota

Hazánk állami tulajdonban lévő országos közúthálózatának hossza 31 628 km [1], a burkolatok állapotának megfelelő szinten tartása, szakmai előterjesztések szerint, évente

2500 km útszakasz felújítását igényelné [2]. Ezzel szemben a 2006–2011-es időszakban átlagosan 632 km hosszúságú felújítás történt évenként, vagyis a szükségesnek mindössze negyedrésze [2]. Ennek összértéke 173 milliárd Ft volt, ez éves átlagban 27 milliárd Ft rá-



Táblázat. Közlekedési zaj különböző bitumennel előállított aszfaltokon

fordítást jelentett [2]. A felújítások, karbantartások fedezetét az Útptéztár és EU források (Regionális Operatív Program, Közlekedés Operatív Program) jelentették. A beavatkozások évenkénti hossza a hálózat 2–3%-át teszi ki, amiből 35–45 éves átlagos beavatkozási idő adódik a teljes országos közúthálózatot tekintve [2]. Ez a ciklusidő mintegy négyszere a kb. 10 évenkénti szükséges beavatkozásoknak. A közutak általános állapota a felmérések alapján nem megfelelő, több mint egyharmada a leginkább költségigényes beavatkozást, az azonnali megerősítést követeli meg. A rossz állapot oka a több évtizedes alulfinanszírozottságból adódó fenntartási munkák elmaradása [2].

A hidak nélküli hazai útvagyon értékét 2001. évre mintegy 6400 milliárd Ft-ra becsülték [3], az Állami Számvevőszék 2012-es jelentése szerint az állami út- és hídvasagyon értéke autópályák nélkül 7286 milliárd Ft [2]. A vagyonérték megtartása 3% értékcsökkenés mellett 219 milliárd Ft, 2% értékcsökkenés mellett 146 milliárd Ft éves visszapótlást igényelne [2]. A 2006–2011. évekre megállapított 27 milliárd Ft/év ráfordítás messze elmarad ezekről az összegektől, azaz a ráfordítások ellenére az ország közúthálózatának romlása folyamatos.

A kritikus állapotot jól szemlélteti az adat, miszerint jelenleg a teljes hazai közúthálózat felületépsége 51%-ban rossz minőségű (1. ábra) [4, 5].

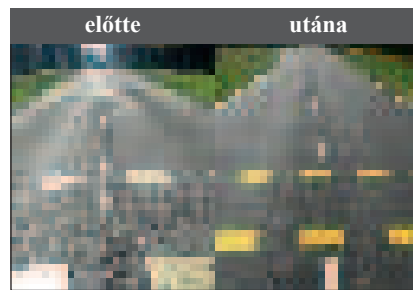
A burkolatfelújítási technológiák erősen időjárásfüggőek, a kivitelezésre leginkább a tavaszi-nyári időszak alkalmas, ekkor biztosítható a legjobb minőség. Ezzel szemben a hazai költségvetésből adható tárgyévi felújítási keretek jóváhagyása az év elején, március-április hónapban történik meg, így az aktuális feladatok műszaki előkészítése, közbeszerzése április-május hónapban indulhat el, és a kivitelezés kényszerűen az őszi-téli időszakra húzódik, amikor már nagy a minőségvesztés kockázata [2]. A szűkös források mellett ez további problémát jelent.

A bemutatott kedvezőtlen utállapotok és elégtelen finanszírozási források ismeretében még nagyobb hangsúlyt kellene, hogy kapjon a felújítások és útépitések ütemezése, minősége és tartóssága. Ehhez elengedhetetlen feltétel a kiváló minőségű alapanyagok alkalmazása, és a technológiai fegyelem messzemenő betartásával gyártott aszfaltok szakszerű felhasználása a felújításhoz illetve útépitéshez. A

MOL saját szabadalmán alapuló gumival módosított bitumen (GmB) gyártása és útépitési felhasználása lehetőséget kínál az utak minőségének jelentős javítására.

### Gumibitumenek gyártása és alkalmazása

A hulladék gumiabroncsok gumi részének egy lehetséges hasznosítási módja a gumiorlemények előállítása, majd bitumenekhez való keverése és az így gyártott gumibitumen útépitési felhasználása. Ezzel a hulla-



2. ábra. A Dunai Finomító 1. sz útja a GmB-vel történt felújítás előtt és után (2012. október)

dék gumiabroncsok környezetbarát hasznosításán túl egy olyan minőségű útépitési alapanyag állítható elő, amely a hagyományos bitumenek felhasználásával épített aszfaltutaknál lényegesen jobb minőségű és tartósabb utat eredményez. A gumibitumen felhasználásával épített utaknak főként az alábbi előnyei emelhetők ki a normál bitumennel épített aszfaltutakhoz képest [6-8]:

- hosszabb élettartam,
- kisebb fenntartási költség,
- szélesebb alkalmazhatósági hőmérséklet-intervallum
- nagyobb terhelhetőség miatt kisebb deformáció (jobb nyári viselkedés),
- fáradási tönkremenetellel szemben nagyobb ellenállás (jobb viselkedés átlagos környezeti hőmérsékleten),
- termikus repedések kialakulásával szemben nagyobb ellenállás (jobb téli viselkedés),
- kisebb közlekedési zaj,
- biztonságosabb közlekedés,
- közetkez való jobb tapadás miatt közetkipergés- és kátyúmentesség.

Megfelelően megválasztott gumibitumen gyártási paraméterekkel olyan termék állítható elő, amely bizonyos tulajdonságokban (pl. hidegoldali viselkedés) az autópályák építéséhez használt csúcsmínőségű polimerrel módosított bitumeneknél is jobb aszfaltminőséget eredményez [9].

A gumibitumen alkalmazása napjainkban is az USA-ban a legerterjedtebb, ahol a gumibitumen útépitési kötőanyagot elsősorban az aszfaltgyártás közelében állítják elő mobil gumibitumen keverő üzemből, a gyártás után pedig szinte azonnal felhasználják a gumiszemcsék kiülepedésének elkerülése miatt [10]. Az előnyök mellett hátrányokat, műszaki nehézséget és bizonytalanságot is említ a szakirodalom a gumibitumen-gyártás és -felhasználás kapcsán. Ezek közé tartozik a gumibitumen gyártó üzem beruházási költsége, az emisszió kérdése gumibitumen gyártása során, az aszfaltkeverő üzem átalakításának igénye, valamint a kötőanyag megszokottnál lényegesen nagyobb viszkozitása miatt egyes esetekben a gumibitumenes aszfalt tömöríthetőségi nehézségét is kiemelik [7, 11-14]. Termékminőségi szempontból a gumibitumen széles körű elterjedésének az alábbiak a legfőbb akadályai:

- alkalmazási nehézségek a megszokottnál nagyobb viszkozitás miatt [7],
- nem megfelelő tárolási stabilitás (fázissztérválás) [14],
- változó termékminőség a változó gumiorlemény minőség miatt [15, 16].

### Új gumibitumen gyártástechnológia és termék

A MOL és a Pannon Egyetem közös K+F tevékenysége a gumibitumenek területén a 2000-es évek elején kezdődött. A célkitűzés olyan gumibitumen gyártó technológia és termék kidolgozása volt, amelynek megvannak a gumibitumen felsorolt előnyei és egyúttal kiküszöböli, vagy legalább mérsékli a bemutatott hátrányokat. Célkitűzés volt továbbá a technológia kölaj-finomítóban való megvalósíthatósága. A termékkel szembeni alapvető elvárás pedig az volt, hogy a piacon elérhető legjobb minőséget képviselő polimerrel módosított bitumenekhez (PmB-khez) hasonlóan szállítható és alkalmazható legyen, azaz az aszfaltkeverő telepen és az útépitésnél ne legyen szükség speciális eszközökre. A sikeres K+F tevékenység eredményeként szabadalmi oltalommal (HU226481) védett új gyártástechnológia és termék jött létre [17], amely az említett hátrányokat megszünteti vagy legalább jelentősen mérsékli. A gyártási folyamat két lépésben, két különböző hőmérsékleten történik, speciális adalék jelenlétében. Az alkalmazott

technológiai paraméterek és a multifunkciós adalék a gumiorlemény oldódási folyamatait és a gumibitumen rendszer összeférhetőségét javítja. Az adalék viszkozitáscsökkentő funkciója miatt a termék alkalmazhatóságát (aszfalt keverőtelepi szivattyúzhathóság, porlasztás, tömöríthetőség) a meglévő aszfaltkeverő és utépítési technológiák módosítása nélkül teszi lehetővé. A termék, a gumival modifikált bitumen (GmB), minőségi és felhasználási előírásait a 2013. évben kidolgozott e-ÚT 05.01.25:2013 Tervezési Útmutató szabályozza. Az előírás jelenleg minisztériumi jóváhagyásra vár.

### Kísérleti gumibitumen-gyártások és tesztútépítések

Az elmúlt évek kutató-fejlesztő tevékenységének eredményeként félüzemi gumibitumen-tesztgyártásokat hajtottunk végre a MOL zalaegerszegi finomítójában. Ezek a tesztgyártások a meglévő modifikált bitumen gyártó üzem ideiglenes átalakítása után történhettek meg. A tesztgyártások alapvető információkat szolgáltatottak a 2012-ben kialakított prototípus üzem tervezéshez. A 2004, 2006, 2007 és 2008. évek egy-egy tesztgyártásának gumibitumen termékeit Zalaegerszegen, Veszprémben és Gyálon használták fel aszfalt kopórétegek építéséhez.



3. ábra. AC11 kopó aszfaltréteg építés a 3121 sz. úton Jász-Nagykun-Szolnok megyében

Ezek tapasztalatai kiválóak voltak, az utak minősége azóta is kifogástalan, az elvégzett aszfaltvizsgálatok pedig igazolták, hogy a hagyományos 50/70 bitumenhez képest minden tekintetben jobb, a csúcsmínőségű és igen drága polimerrel modifikált bitumenhez (PmB) hasonló aszfaltminőség érhető el a GmB alkalmazásával.

A MOL által gyártott GmB és a PmB tartalmú aszfaltok 60°C-on elvégzett deformáció vizsgálata azonos eredményt adott, azaz a magas hőmérsékletű (nyári) viselkedést tekintve azonosan teljesített a kétféle kötőanyag. A közepes hőmérsékletű viselkedést jellemző fáradást tekintve a PmB jobban teljesített a GmB-nél, azonban alacsony hőmérsékleti karaktert tekintve (téli viselkedés) a GmB tartalmú aszfalt lényegesen kisebb repedési hőmérséklettel rendelkezett, azaz jobb a hideg oldali viselkedése télen.

A kedvező aszfalteredményeken túl a gumibitumennel épített aszfaltutakon addicionális előnyként 5-10%-os féktávolság csökkenést mért egy autópári alkatrészgyártó cég a hagyományos bitumennel készült bitumenes aszfalthoz képest. A gumibitumennel épített aszfaltutakon mért zajcsökkenést a szakirodalom is közli [18]. Két különböző típusú aszfalon (SMA11 és AC11) történtek közlekedési zajmérések is. A vizsgált SMA11 aszfalttal épített útszakasz egy része GmB-vel, másik része PmB felhasználásával készült. A gumibitumenes aszfaltúton 3,2 dB értékkel kisebb zajt mértek. Hasonlóak voltak a tapasztalatok és mintegy 3 dB-lel kisebb zajhatást adott a gumibitumenes AC11 aszfaltfelület is, mint az normál bitumennel (50/70) épített kopóréteg (1. táblázat). A 3 dB zajcsökkenés a zajforrástól való távolság megkétszerezésével egyenértékű.

### Gumival modifikált bitumen gyártás és a termék piaca helyezése

A sikeres gumibitumen tesztgyártások, aszfalttesztek és utépítések azt igazolták, hogy a GmB alkalmazása hozzájárulhat a jó minőségű és hosszan tartó utak koncepciójához. Ezen kívül elősegíti a hulladék gumiabroncsok környezetbarát újrahasznosítását és egy jelentős hozzáadott értékű termék gyártását.



- aszfalt tesztek és tesztutak építése a prototípus üzemben gyártott termék felhasználásával,
- a MOL gumibitumen marketingje, piaci bevezetés elősegítése.

A pályázati projektben kitűzött célok megvalósultak. Az 5000 t/év kapacitású prototípus üzem 2012 második felére elkészült, a sikeres üzemi tesztek után a GmB, mint új utépítési bitumen termék piaca került. Számos marketing rendezvényt tartottunk meg a potenciális vásárlóknak, utépítő vállalatoknak, önkormányzati és állami útfenntartó cégeknek; kiadványokban népszerűsítettük az új terméket. A projekt 2013. augusztus 31-én zárult.

### Utépítési tapasztalatok a MOL GmB termékével

A prototípus üzemben gyártott első sarzs GmB terméket a MOL Dunai Finomítójának legnagyobb terhelésű és forgalmú útjának kopóréteg cseréjéhez használták fel (2. ábra). Az elvégzett kopóréteg csere sikeres volt, a vizsgálatok megerősítették a korábbi tapasztalatokat, azaz a gyártott aszfalt minősége a PmB-vel gyártott aszfalt minőségi követelményeinek is megfelelt.

Hasonló tapasztalatokat szereztünk a zalaegerszegi tesztút építésénél is, ahol a Zalai Finomító és a 74. sz. utat összekötő, mintegy 1 km hosszúságú út kopórétegének eltávolítása és újraaszfaltozása történt. A GmB és a PmB felhasználásával épített utak összehasonlítása céljából a felújítandó útszakasz felét GmB tartalmú aszfalttal a másik felét pedig PmB aszfalttal építették. Másfél év eltelte után mindkét szakasz hibátlan, az utak monitorozását folyamatosan végezzük a különböző kötőanyagok terpei viselkedésének összehasonlítása céljából.

A GmB felhasználásával ez idáig épített leghosszabb szakasz 8,4 km hosszúságú. Jász-Nagykun-Szolnok megyében a 3121 sz. út egy szakaszán kopóréteg cserét a Duna Aszfalt Kft. végezte el (3. ábra). A kopó réteg aszfaltjának gyártáshoz mintegy 300 tonna GmB-t használtak fel. A gyártási tapasztalatok pozitívak, az út minősége az elvártaknak megfelelő. Mivel ez volt az első jelentős volumenű GmB felhasználás, a kivitelező különösen nagy gondot fordított a technológiai fegyelem betartására. Az aszfaltkeverés, szállítás, finiserbe töltés, terítés és hengerlés munkafolyamatainak szoros egymáshoz illesztését valósították meg, aminek betartása feltétele is volt az elért minőségnek.

A gumibitumenek, így a MOL által gyártott GmB termék egyik legfontosabb minőségi előnye a hagyományos bitumenekhez képest a kiváló tapadás. Ennek jelentőségét az adja, hogy ha nem megfelelő a bitumen és ásványi anyag közti tapadás (adhézió), akkor a környezeti behatások következtében a bitu-

menfilm leválik a közetről. Jellemzően a víz kedvezőtlen hatására alakulhat ki a bitumenleválás jelensége. Ennek következtében a bitumen elveszíti a funkcióját, azaz megszűnik a ragasztóképessége. Ez a közet aszfaltból való kipergéséhez, kátyúsodáshoz és végső soron az útburkolat idő előtt tönkremeneteléhez vezethet. A GmB fokozott tapadását laboratóriumi tesztek után a százalombattai Erőmű út kopórétégének 2013. szeptemberi aszfaltozásakor is megtapasztalhattuk. Az útszakasz egy-egy sávját két egymást követő napon aszfaltolták. A második nap reggelén az előző nap húzott aszfalt tengelyét függőlegesen vágta a másik sáv fogadásának előkészítéséhez. A vágás után a szokásos kézi módon (lapáttal, csákánnyal) indult a levágtott aszfaltcsík eltávolítása. Ez az eltávolítási módszer azonban nem működött, ugyanis az aszfaltot nem tudták a korábbiakban alkalmazott módon kézi erővel felfeszíteni, olyan erősen tapadt a fogadórétéghez, illetve a levágtott részeket sem sikerült feldarabolni, annyira stabilan összeállt a GmB tartalmú aszfalt. Gépi erőt kellett alkalmazni az eltávolításhoz. Mindez néhány óras késedelmet jelentett, ami az aznapi beépítés csúszásán kívül egyéb problémát nem okozott. Az aszfalt és az út minőségét tekintve a hagyományos kötőanyagoknál tapasztalható képest lényegesen jobb tapadás miatt ez a tapasztalat határozottan pozitívként értékelhető.

A Magyar Közút Regionális Operatív Programjának keretében a Jász-Nagykun-Szolnok megyében történt legnagyobb volumenű GmB felhasználás mellett az alábbi felújítások történtek a MOL GmB terméknek alkalmazásával:

- Baranya megye, 5806. sz. út, kb 1 km hosszú kopó réteg beépítés (2012),
- Baranya megye, 5117. sz. út, kb 0,5 km hosszú kopó és kötő réteg beépítés (2013)
- Borsod-Abaúj-Zemplén megye, 3835. sz. út, kb 0,5 km hosszú kötő és kopó réteg beépítés (2013),
- Budapest, Grassalkovich út, kb. 1 km hosszú kopó és kötő réteg beépítés (2014).

Az eddigi tapasztalatok szerint a GmB termék felhasználásával ugyanazon ásványianyag-összetétel mellett mintegy 0,0–0,2% kötőanyag-többlet szükséges, mint normál bitumen alkalmazásakor. (pl. ha normál bitumen esetén 5,0% kötőanyag-alkalmazás szükséges, akkor GmB esetében 5,1%). Az alkalmazott aszfaltkeverési hőmérséklet a PmB felhasználásához hasonló az azzal összemérhető viszkozitás miatt. Az eddigi tapasztalatok azt igazolták, hogy a 180–185°C hőmérsékletű aszfaltkeverék nagy szállítási távolság (kb. 100 km) és 10°C körüli környezeti hőmérséklet esetén is megfelelő tömríthetőséget eredményezett. A meglevő

gyártási tapasztalatok igazolják a hagyományos aszfaltkeverőben való alkalmazhatóságot a hagyományos aszfaltreceptúrák mellett, az aszfaltmechanikai és kötőanyag tapadási tapasztalatok pedig hosszabb élettartamot prognosztizálnak, mint az egy hagyományos bitumennél várható.

Mára a GmB terméket számos hazai kivitelező használta és tapasztalatot szerzett alkalmazásában. A GmB-vel elérhető minőségi többlet és hazánk útjainak állapota illetve az útépitések és felújítások alulfinanszírozottsága arra hívja fel a figyelmet, hogy az útépitő szakmának a jövőben számolni kell a GmB, mint kiváló ár/érték arányú termék nagyobb volumenű útépitési felhasználásával. Ezzel jelentősen hozzájárulhat a hosszabb élettartamú, jobb minőségű és kisebb fenntartási költségű aszfaltutak építéséhez, a fenntartható közlekedéshez, valamint a hulladékhasznosítás növeléséhez is. Mindez a politikai széljártástól független nemzetgazdasági érdek kell legyen hazánkban, hisz a gazdasági fejlődés, a társadalmi jólét fokozása a jó minőségű infrastruktúra nélkül elképzelhetetlen.

Valószínűleg felmerült az olvasóban: mennyibe fog ez kerülni, az ő adóforintjait mire fordítja az állam? Ezzel kapcsolatban elárulhatjuk, hogy a GmB értékesítési ára a drága PmB helyett a Magyarországon legnagyobb mennyiségben felhasznált és lényegesen olcsóbb 50/70 normál útépitési bitumenhez közel helyezkedik el. Az árat természetesen főként a beszerezhető gumiőrlemény költsége mozgatja. Magyarországon számos kisebb üzem található, ahol gumiőrleményeket gyártanak, ezek egy része minőségben és árban versenyképes terméket szolgáltat a MOL számára is. Az eddigi tapasztalatok visszaigazolták, hogy életciklusra vetítve a GmB társadalmi hasznossága vitathatatlan.

## Irodalom

- [1] Magyar Közút Nonprofit Zrt: [http://internet.kozut.hu/szakmai/orszagos\\_kozutak\\_adatai/kozutakfojellemezoi/Lapok/default.aspx](http://internet.kozut.hu/szakmai/orszagos_kozutak_adatai/kozutakfojellemezoi/Lapok/default.aspx) letöltés dátuma: 2013.11.12.
- [2] Állami Számvevőszék: *Jelentés az állami közutak felújítását, javítását, karbantartását célzó intézkedések eredményességének és az állami közutak állapotára gyakorolt hatásának ellenőrzéséről*, 2012. augusztus
- [3] Dr. Rigó Mihály: *Kellene-e, készülhetne-e Nemzeti Útfenntartási Program (NÚP)?* Közúti és Mélyépítési szemle, 2004, 1. szám
- [4] Magyar Közút Nonprofit Zrt. által rendelkezésre bocsátott adatok alapján
- [5] Központi Statisztikai Hivatal: *A közúti közlekedés területi jellemzői*, 2013. augusztus
- [6] Zareh, A. – Way, G.B.: *35 Years of Asphalt-Rubber Use in Arizona*, Proceedings of

- Asphalt Rubber 2006 Conference, Palm Springs, California, ISBN: 962-405-091-0, p. 17-37, 2006
- [7] State of California Department of Transportation, Materials Engineering and Testing Services: *Asphalt Rubber Usage Guide*, 2006
- [8] Choubane, B. – Sholar, G.A. – Musselman, J.A. – Page G.C.: *Ten-Year Performance Evaluation of Asphalt-Rubber Surface Mixes*, Transportation Research Record, Vol. 1681, p. 10-18, ISSN:0361-1981, 1999
- [9] Martínez, G. – Caicedo, B. – González, D. – Celis, L.: *Performance of a test truck using crumb rubber asphalt and other modifiers*, Proceedings of Asphalt Rubber 2006 Conference, Palm Springs, California, ISBN: 962-405-091-0, p. 863-884, 2006
- [10] Shatnawi, S: *Asphalt rubber maintenance treatments in California*, Proceedings Asphalt Rubber 2003 Conference, Brasilia, Brazil, ISBN: 85-903997-1-0, p. 35-48, 2003
- [11] Artamendi, I. – Khalid, H.: *Fracture characteristics of crumb rubber modified asphalt mixtures*, 3<sup>rd</sup> Euroasphalt & Eurobitume Congress, Vienna, Austria, 12-14 May, 2004
- [12] Burr, G. – Tepper, A. – Feng, A. – Olsen, L. – Miller, A.: *Crumb-Rubber Modified Asphalt Paving: Occupational Exposures and Acute Health Effects*, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Health Hazard Evaluation Report No. 2001-0536-2864, 2001
- [13] Carlson, D. – Zhu, H.: *Asphalt-Rubber - An Anchor to Crumb Rubber Markets*, Third Joint UNCTAD/IRSG Workshop on Rubber and the Environment, International Rubber Forum Veracruz, Mexico, October 7, 1999
- [14] Kandhal, P.S.: *Quality control requirements for using crumb rubber modified bitumen (CRMB) in bituminous mixtures*, Journal of the Indian Roads Congress, No. 522, Vol. 67-1, April-June 2006
- [15] Hicks, R.G. – Epps, J. A.: *Quality Control for Asphalt Rubber Binders and Mixes*, Proceedings, Asphalt Rubber 2000, Portugal, 13-17, November, 2000.
- [16] Fontes, L. – Pereira, P. – Pais, J. – Triches, G.: *Behaviour of Asphalt Rubber Mixtures with Different Crumb Rubber and Asphalt Binder Sources*, Proceedings of Asphalt Rubber 2006 Conference, Palm Springs, California, ISBN: 962-405-091-0, p. 619-639, 2006
- [17] HU 226481, Bíró, Sz. – Bartha, L. – Deák, Gy. – Geiger, A.: *Chemically stabilized asphalt rubber compositions and a mechanochemical method for preparing the same*, 2009
- [18] Carlson, D.D. – Zhu, H. – Xiao, C.: *Analysis of traffic noise before and after paving with asphalt-rubber*, Proceedings Asphalt Rubber 2003 Conference, Brasilia, Brazil, ISBN: 85-903997-1-0, p. 413-428, 2003