

Gumival modifikált bitumen (GmB) gyártása és a felhasználásával készült aszfaltok beépítési tapasztalatai

szerzők: Dr. Geiger András (MOL Nyrt.), Dr. Holló András (MOL Nyrt.) Lehel Zoltán (Duna Aszfalt Kft.), Csontos Györgyné (Duna Aszfalt Kft.), Perlaki Róbert (Magyar Közút Nonprofit Zrt.)

1. Tartalmi összefoglaló

A MOL Zalai Finomítójában 2012. őszén átadásra került az 5000 t/év kapacitású gumival modifikált bitument (GmB-t) gyártó prototípus üzem. A gyártástechnológia megvalósítása a MOL saját szabadalmán (HU 226481) alapul. Az üzemi tesztek során előállított mintegy 100 tonna GmB termék felhasználásával a MOL Dunai és Zalai Finomítójának egyes útjait illetve egy zalaegerszegi önkormányzati utat újítottak fel 2012. októberében. Az aszfaltkeverési, útépitési és minőségi tapasztalatok egyaránt pozitívak voltak. Ezt követően, 2012 végén és a múlt évben a GmB terméket több hazai útszakasz felújításánál is felhasználták (Pentavia Kft., Duna Aszfalt Út és Mélyépítő Kft., PUHI-TÁRNOK Út és Mélyépítő Kft., Strabag Általános Építő Kft., Colas Út Zrt.) a Magyar Közút Nonprofit Zrt. regionális útfelújítási programjának keretében. Ezek közül a legnagyobb mennyiséget, mintegy 5500 tonna AC11 kopóréteg aszfaltot a Duna Aszfalt Kft. gyártotta és építette be mintegy 8,4 km hosszúságban, Jász-Nagykun-Szolnok megyében a 3121. jelű úton. A tapasztalatok és eredmények kedvezőek. A múlt év során gyártott GmB sarzsokból származó minták viselkedés elvű vizsgálatai szintén kedvező eredményeket mutattak a Magyar Közút Veszprémi Minőségvizsgáló Laboratóriumában.

2. A MOL GmB gyártó technológiája

A MOL által gyártott GmB termék újszerűsége a korábban alkalmazott technológiákhoz és gumibitumenekhez képest az alábbiakban foglalható össze:

- A gyártás során alkalmazott nagy nyíróerőket biztosító kolloid malomnak és a magas hőmérsékletnek köszönhetően a felhasznált gumiőrlemény jelentős része, kb. fele, feloldódik a bitumenben, azaz nem csupán inaktív töltőanyag funkciót tölt be, hanem valódi modifikálószerként javítja a bitumen és így az aszfalt műszaki jellemzőit.
- A gyártáshoz felhasznált 13-17 tömeg % gumiőrlemény jellemzői alapvetően meghatározzák a végtermék minőségét. Mivel a gumiőrlemény hulladék eredetű, ezért szigorú előírást kellett kidolgozni a kőolajfinomítóba beszállítható gumiőrleményre. A gyártáshoz felhasználható gumiőrleményre szemcseméret tartomány és kémiai összetétel követelmény is vonatkozik. A gumiőrleménynek ásványi anyagtól, fémtől és textiltől mentesnek kell lennie. Ez a tisztasági feltétel a szivattyúkon keresztüli áramoltatás miatt elengedhetetlen. A szemcseméret összetételt szitaanalízissel határozzuk meg, míg a kémiai összetételt az ASTM-297-93 szabványban előírtak szerint vizsgáljuk. A GmB gyártás szempontjából a gumiőrlemény legértékesebb komponense a poliizoprén (amit a kaucsukfából nyerhető latexből vagy mesterséges úton kőolaj- és földgázzsármazékokból állítanak elő), ezt követi a sztirol-butadién gumi, ami a polimerrel modifikált bitumenek (PmB-k) gyártáshoz felhasznált polisztirol-polibutadién-polisztirol blokk polimer (SBS) modifikálószerhez hasonló szerkezetű elasztikus anyag.
- A GmB gyártásához néhány tized tömeg %-ban felhasznált speciális, a MOL által gyártott adalék több funkcióval rendelkezik. Egyrészt elősegíti a gumiőrlemény bitumenben való diszpergálását és oldódását, másrészt javítja a GmB termék tárolási stabilitását. Az adalék harmadik funkciója az, hogy viszkozitás csökkentő hatással is rendelkezik. Az alkalmazott gyártási technológia és az adalék hatása teszi lehetővé, hogy a végtermék 180°C-on mért viszkozitása a PmB-k 180°C-on mért viszkozitási értékéhez hasonló legyen. (A félreértések elkerülése miatt fontos hangsúlyozni, hogy a GmB gyártáshoz alkalmazott adalék viszkozitás csökkentő hatása nem éri el a mérsékelt meleg aszfalt /Warm Mix Asphalt, WMA/ gyártásához alkalmazott technológiákkal megvalósítható aszfaltkeverési és beépítési hőmérséklet csökkenést.)
- A GmB gyártása zárt rendszerben történik, így a bitumen és gumiőrlemény magas hőmérsékleten (>200°C) történő keverése és a gumiőrlemény oldódása során felszabaduló bomlási gázok nem kerülhetnek a környezetbe. A keletkező bomlási gázok zárt rendszerű elvezetésük után egy speciálisan erre acélra kialakított égetőműbe kerülnek, ahol termikus megsemmisítésük után történő égéstermék kibocsátás a vonatkozó környezetvédelmi követelményeket maximálisan kielégíti (BAT technológia).

3. Szabályozás

2013 első felében a Magyar Útügyi Társaság koordinálásával, a hazai útépités megrendelői és kivitelezői oldala továbbá a MOL bevonásával megtörtént a műszaki előírás kidolgozása a gumival modifikált bitumen útépitési felhasználására. A gumiőrlemény felhasználásával előállított termék megnevezésénél fontos szempont volt a gumi nem inaktív töltőanyagként, hanem valódi modifikálószerként való viselkedésének hangsúlyozása, így a PmB-khez hasonlóan a gumival modifikált bitumen (GmB) név került elfogadásra a gumibitumen helyett. A PmB termék típusokkal azonos módon a GmB terméktípus specifikálásában is a penetráció és a lágyuláspont a meghatározó. Ez alapján a 2013 szeptemberében véglegesített és Tervezési Útmutatóként közzétett *e-UT 05.01.25:2013 Gumival modifikált Bitumen* előírás jelenleg egy terméktípust, a **GmB 45/80-55**-öt tartalmazza. A GmB 45/80-55 termék minőségi követelményeit az 1. táblázat mutatja be. A minőségi paraméterek többsége az *MSZ EN 14023, A polimerrel modifikált bitumenek minőségének keretelőírása* c. szabványban előírt kategóriák valamelyikének megfeleltethető (1. táblázat).

1. táblázat A GmB 45/80-55 minőségi követelményei

| Jellemzők | Mértékegység | Követelmény | Vizsgálati módszer | MSZ EN 14023 PmB keret-előírás | |
|---|-------------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------|
| Penetráció 25°C-on | 0,1 mm | 45-80 | MSZ EN 1426 | 4. osztály | |
| Lágyuláspont | °C | ≥ 55 | MSZ EN 1427 | 7. osztály | |
| Keményedés-sel szembeni ellenálló-képesség | Tömegváltozás | % | ≤ 0,5 | MSZ EN 12607-1 | 3. osztály |
| | Maradó penetráció | % | ≥ 50 | MSZ EN 1426 | 5. osztály |
| | Lágyuláspont növekedés | °C | ≤ 8 | MSZ EN 1427 | 2. osztály |
| Rugalmas visszaalakulás 25°C-on | % | ≥ 50⁽¹⁾ | MSZ EN 13398 | 5. osztály | |
| Fraass töréspont | °C | ≤ -16 | MSZ EN 12593 | 7. osztály | |
| Tárolási stabilitás Lágyuláspont különbség | °C | ≤ 8⁽²⁾ | MSZ EN 13399 MSZ EN 1427 | - | |
| Lobbanáspont | °C | ≥ 235 | MSZ EN ISO 2592 | 3. osztály | |
| Dinamikai viszkozitás 180°C-on | mPa·s | ≤ 500 | MSZ EN 13302 | - | |

Megjegyzések:

- (1) 10 cm hosszúságúra nyújtott bitumenzál vizsgálatával
- (2) 24 órás tárolás után vizsgálva

A teljesség igénye nélkül néhány fontosabb pont az *e-UT 05.01.25:2013 Gumival modifikált Bitumen* c. előírásból:

- a GmB 45/80-55 jelű termék az e-UT 05.02.11:2010 útügyi műszaki előírás szerinti „N” normál és „F” fokozott igénybevételű útszakaszokra építhető aszfaltbeton kopó-, kötő- és alapréteg típusok keverékeinek gyártásához alkalmazható. Nagymodulusú aszfaltok gyártásához nem használható.
- A gumival modifikált bitument a Gyártó felhasználásra kész állapotban, legalább 170°C-on szállítja ki az aszfalt-keverőtelepre.
- Ha a gumival modifikált bitumen tárolása szükségessé válik, akkor feltétlenül keverőművel felszerelt - lehetőség szerint - álló tartályban kell tárolni.
- Az aszfaltkeverés hőmérséklete 175-190°C.
- A gyártási folyamat végén el kell végezni a bitumen-adagoló szivattyú és a teljes csőhálózat alapos tisztítását legalább 150 liter mennyiségű 50/70-es vagy 70/100 útépitési bitumen felhasználásával. Ez a szakaszos üzemű gépeknél 2-3 adag keverék gyártását jelenti normál útépitési bitumennel.

Ahogy az előírás is rámutat, a GmB termék viszkozitása jelentősen befolyásolja a felhasználási körülményeket. Mivel a GmB 45/80-55 kötőanyag 180°C-on meghatározott viszkozitása a normál útépitési bitumeneknél nagyobb, a PmB termékekhez hasonló, ezért az aszfaltkeverési és tömörítési hőfokok megválasztásában ezt figyelembe kell venni.

A cikk 2014. márciusi összeállításakor már közel 2 év telt el azóta, hogy az útügyi műszaki előírások/módosítások minisztériumi jóváhagyása szünetel. Ismerve a szakma kihívásait, alulfinanszírozottságát, nem elfogadható, hogy ilyen bürokratikus nehézségek tovább nehezítsék a helyzetet. Az

e-UT 05.01.25:2013 Gumival modifikált Bitumen előírás is minisztériumi jóváhagyásra vár, ennek hiánya pedig szinte ellehetetleníti a termék útépitési felhasználását.

4. GmB 45/80-55 vizsgálatok, összehasonlítás 50/70-nel és PmB 25/55-65-tel

Öt különböző, 2013-ban gyártott GmB 45/80-55 mintát vizsgált a Magyar Közút Veszprémi Minőségvizsgáló Laboratóriuma. Az MSZ EN és a teljesítményelvű (vagy viselkedésvű) vizsgálatok szerint elvégzett mérések eredményeinek átlagértékét összehasonlítottuk az 50/70 és PmB 25/55-65 mérési eredményeiből számított átlagértékekkel (2. és 3. táblázat). Ez utóbbi kötőanyagok vizsgálati eredményei szintén a Magyar Közút 2013-as laboratóriumi méréseiből származnak.

2. táblázat Különböző kötőanyagok MSZ EN előírások szerint mért jellemzőinek összehasonlítása

| Jellemzők | GmB 45/80-55 | 50/70 | PmB 25/55-65 |
|---------------------------------------|--------------|-------|--------------|
| Penetráció, 0,1mm | 66 | 53 | 40 |
| Lágyuláspont, °C | 58 | 52 | 79 |
| Töréspont, °C | -24 | -15 | -17 |
| Rugalmas visszaalakulás, % | 63 | - | 90 |
| Tárolási stabilitás, lp különbség, °C | 6 | - | 3 |
| Dinamikai viszkozitás 180°C-on, mPa·s | 440 | 95 | 380 |

3. táblázat Különböző kötőanyagok SHRP ⁽¹⁾ előírások szerint mért jellemzőinek összehasonlítása

| Jellemzők | GmB 45/80-55 | 50/70 | PmB 25/55-65 |
|--|--------------|--------------|--------------|
| Eredeti kötőanyag | | | |
| G*/sinδ 58°C-on, kPa (min. 1) | 6,3 | 3,5 | 13,9 |
| RTFOT ⁽²⁾ után | | | |
| G*/sinδ 58°C-on, kPa (min. 2,2) | 9,7 | 8,2 | 22,0 |
| RTFOT+PAV ⁽³⁾ teszt után | | | |
| G*·sinδ 22°C-on, kPa (max. 5000) | 1780 | 4950 | 4440 |
| Kúszási merevség -12°C-on, MPa (max. 300) | 73 | 177 | 158 |
| m-érték -12°C-on (min. 0,300) | 0,352 | 0,326 | 0,326 |
| Teljesítmény fokozat (PG) | 76-28 | 64-22 | 84-22 |

Rövidítések jelentése:

- (1) SHRP, Strategic Highway Research Program, Stratégiai Útügyi Kutatási Program
- (2) RTFOT, Rolling Thin Film Oven Test, Forgó vékony filmes öregítés
- (3) PAV, Pressure Aging Vessel, nyomás alatt öregítő berendezés

Megállapítások és következtetések a bemutatott kötőanyag vizsgálati eredmények és a rendelkezésre álló aszfaltvizsgálatok illetve a szakirodalmi adatok alapján:

- A GmB 45/80-55 a lágyuláspontja alapján az 50/70 bitumenhez jóval közelebb áll, mint a PmB 25/55-65-höz. A dinamikus nyíró reométerrel meghatározott G*/sinδ (a komplex modulus és a fázisszög szinuszának hányadosa) paramétereket tekintve a GmB szintén jobban hasonlít az 50/70-re mint a PmB-re. (Megjegyzés: a hazai klimatikus viszonyok alapján 58°C-on kell a mérést végrehajtani. A magas hőmérsékleten meghatározott viselkedésvű vizsgálati eredmény a kötőanyag illetve a felhasználásával gyártott aszfalt plasztikus deformációjára utal, előnyös az, ha a G*/sinδ érték nagyobb.)
- A lágyuláspont és G*/sinδ eredmények ellenére a GmB-vel gyártott aszfaltok a PmB-vel gyártottakkal közel azonos maradó alakváltozást mutattak. A rendelkezésre álló aszfaltvizsgálati eredmények alapján a GmB tartalmú AC 11 kopó (F) és AC 16 kopó (F) is teljesíti a PmB felhasználásával gyártott mF kopóréteg aszfaltoknál maximálisan megengedett 5% maradó alakváltozást. A PmB-tartalmú aszfaltoknál mért értékhez képest maximum 1,5% eltérést mutattak a maradó alakváltozásban a felsorolt aszfalttípusok.

- A lágyuláspont, mint empirikus paraméter, az azonos kőolajból előállított különböző lágyuláspontú bitumenek esetében jól jelezheti előre az aszfalt plasztikus deformációját: pl. a növekvő lágyuláspontú útépítési bitumenek (pl. 70/100, 50/70, 20/30) felhasználásával gyártott aszfaltok maradó alakváltozása csökken, a lágyuláspontok és maradó alakváltozások között jó korreláció figyelhető meg [Read 2003]. A $G^*/\sin\delta$, mint viselkedés elvű kötőanyag jellemző, szintén a plasztikus deformációt hivatott jellemezni, azonban a különböző típusú bitumenek (pl. normál vs. modifikált) esetén történő összehasonlításakor számos kritika fogalmazódott meg alkalmazhatósága kapcsán [Phillips 1996, D'Angelo 2004, Shenoy 2002, D'Angelo 2007]. Ezek szerint nem csupán a lágyuláspontokból, de még a $G^*/\sin\delta$ értékekből sem vonható le biztos következtetés az aszfalt maradó alakváltozásával kapcsolatban.
- A dinamikus nyíró reométerrel meghatározható nullpont nyírási viszkozitások vagy nulla deformáció sebességhez tartozó viszkozitások (zero shear viscosity, ZSV) és az aszfaltok maradó alakváltozása között jobb korrelációt mutattak ki, mint a bitumenek $G^*/\sin\delta$ értékei és az aszfaltok maradó alakváltozása között [Read 2003, Vonk 2004, Phillips 1996]. Ezek alapján a CEN/TS 15325:2008 előírást [CEN 2008] követve 60°C-on meghatároztuk a GmB 45/80-55, 50/70 és PmB 25/55-65 minták ZSV értékét. Az GmB-nél 4320 Pa·s, az 50/70-nél 560 Pa·s míg a PmB-nél 4980 Pa·s nullpont nyírási viszkozitást kaptunk. A viszkozitás értékek alapján a GmB a PmB-hez hasonló, ugyanezt mutatták az aszfaltokon elvégzett maradó alakváltozás tesztek is. A vizsgálati eredmények ez esetben azt erősítik meg, hogy a kötőanyagok ZSV értékei lényegesen jobban korrelálnak az aszfaltok maradó alakváltozásával, mint a lágyuláspont vagy $G^*/\sin\delta$ értékek. *(Megjegyzés: a 60°C-on meghatározott viszkozitások természetesen több nagyságrenddel nagyobbak, mint a 2. táblázatban bemutatott, 180°C-hoz tartozó értékek. Szemléltetésként elmondható, hogy a 180°C-os viszkozitások olajszerű folyási tulajdonságot jelentenek, ezzel szemben a 60°C-on mért értékek olyan nagy viszkozitások, hogy az ilyen viszkózus anyagok több nap alatt önthetők ki egy edényből.)*
- A több feszültséglépcsős kúszás-visszaalakulási vizsgálat (Multiple Stress Creep and Recovery Test, MSCRT) különböző kötőanyagok esetén is jól előrejelzi az aszfaltok permanens deformációját [Dreessen 2012], a szakma nemzetközi szinten ma ezt a kötőanyag paramétert tekinti az egyik legalkalmasabb viselkedéselvű paraméternek az aszfaltok maradó alakváltozását tekintve. A bitumenek viselkedéselvű illetve empirikus paraméterei és a felhasználásukkal előállított aszfaltok maradó alakváltozása közti összefüggéseket tanulmányozza a Széchenyi István Egyetemen 2013-ban készült doktori értekezés [Füleki 2013]. Az empirikus vizsgálati jellemzőknél (lágyuláspont, penetráció) nem, viszont a dinamikus nyíró reométerrel elvégezhető MSCRT esetén különböző típusú bitumenek is jó korrelációt figyeltek meg a reológiai paraméter és aszfaltok maradó alakváltozása között [Füleki 2013]. Az eredmények, összhangban a legújabb nemzetközi vizsgálati eredményekkel, a viselkedéselvű kötőanyag-jellemzők jelentőségére, kiemelten az MSCRT teszt használhatóságára hívják fel a figyelmet, szemben a jól ismert és évtizedek óta alkalmazott empirikus kötőanyag paraméterekkel.
- A $G^*\cdot\sin\delta$ az aszfalt fáradási hajlamára utaló bitumen reológiai paraméter. Értéke a GmB-nél volt a legkisebb (3. táblázat), azaz a legkedvezőbb értékű. Ennek ellenére a Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) a PmB felhasználásával gyártott AC 11 kopó (F) és AC 22 kötő (F) aszfaltoknál mérte a legjobb aszfaltfáradási paramétereket, ezt követte a GmB majd az 50/70 tartalmú aszfalt [BME 2008]. *(Megjegyzés: a hazai klimatikus viszonyok alapján 22°C-on kell a mérést végrehajtani dinamikus nyíró reométerrel az RTFOT és a PAV vizsgálat után visszanyert kötőanyag felhasználásával. A közepes hőmérsékleten meghatározott vizsgálati eredmény a kötőanyag illetve a felhasználásával gyártott aszfalt fáradási karakterét jellemzi, előnyös az, ha a $G^*\cdot\sin\delta$ érték kisebb. Az RTFOT a kötőanyag aszfaltkeverés során bekövetkező öregedését modellezi. Az RTFOT után visszanyert mintán végrehajtott PAV vizsgálat pedig a bitumen több éves, aszfaltburkolatban bekövetkező öregedését szimulálja. A jelenleg érvényben lévő, normál és modifikált útépítési bitumenekre vonatkozó EN szabványok a bitumenek útburkolatban bekövetkező öregedéséről nem adnak információt.)*
- A GmB kis hőmérsékletű viselkedése mind a Fraass töréspontok (2. táblázat), mind pedig a hasábhajlító reométerrel -12°C-on elvégzett viselkedéselvű vizsgálatok (3. táblázat) szerint felülmúlja az 50/70 és PmB eredményeit. Ezekkel a bitumen vizsgálati eredményekkel összhangban vannak az

aszfalt vizsgálati eredmények is. Az AC 11 kopó (F) és AC 22 kötő (F) aszfaltoknál a GmB, 50/70 és PmB összehasonlítása során a GmB alkalmazásánál mérte a BME a legjobb hidegoldali viselkedést [BME 2008]. *(Megjegyzés: a hazai klimatikus viszonyok alapján -12°C-on kell a mérést végrehajtani hasábhajlító reométerrel az RTFOT és a PAV vizsgálat után visszanyert kötőanyag felhasználásával. Jobb kötőanyag viselkedésre utal, ha a vizsgált minta kisebb kúszási merevséggel és nagyobb mértékkel rendelkezik.)*

- A három kötőanyag teljesítmény fokozata (Performance Grade, PG) alapján megállapítható, hogy a GmB mind meleg-, mind hidegoldali viselkedésben felülmúlja az 50/70 bitument. Meleg oldali fokozatot tekintve gyengébb, mint a PmB, hidegoldali viselkedést tekintve azonban ezt is felülmúlja *(Megjegyzés: hazánk klimatikus viszonyai alapján megállapított teljesítmény fokozat elvárást /PG 58-22/ mindhárom kötőanyag teljesítette.)*
- A GmB ásványi anyaghoz való fokozott tapadását laboratóriumi tesztek után a szálhalombattai Erőmű út kopórétegének 2013. szeptemberi aszfaltozásakor is megtapasztalhattuk. Az útszakasz egy-egy sávját két egymást követő napon aszfaltozták. A második nap reggelén az előző nap húzott aszfalt tengelyét függőlegesre vágták a másik sáv fogadásának előkészítéséhez. A vágás után a szokásos kézi módon (lapáttal, csákánnyal) indult a levágott 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 fogadóréteghez, illetve a levágott részeket sem sikerült feldarabolni, annyira stabilan összeállt a GmB tartalmú aszfalt. Gépi erőt kellett alkalmazni az eltávolításhoz. Az aszfalt és az út minőségét tekintve a hagyományos kötőanyagoknál tapasztalható képest lényegesen jobb tapadás miatt ez a tapasztalat határozottan pozitívumként értékelhető.

5. A GmB és a „Fenntartható utak” koncepciója

Hazánk állami tulajdonban lévő országos közúthálózatának hossza 31628 km [MK 2014-I], a burkolatok állapotának megfelelő minőségi szinten tartása, szakmai javaslatok alapján, évente 2500 km útszakasz felújítását igényelné [ÁSZ 2012]. Az átlagos beavatkozások évenkénti hossza a hálózat 2-3%-át teszi ki, amiből átlagosan 35-45 évenkénti beavatkozás adódik a teljes országos közúthálózatot tekintve [ÁSZ 2012]. Ez a ciklusidő mintegy négyszerese a kb. 10 évenként szükséges beavatkozásnak, azaz a közúthálózat állapotának leromlása folyamatos. A kritikus állapotot jól szemlélteti az adat, miszerint jelenleg a teljes hazai közúthálózat felületépsége 51%-ban rossz minőségű [KSH 2013]. Mindezek ismeretében különösen előremutónak tekinthető a szakma által a közelmúltban megfogalmazott „Fenntartható utak” koncepció [MK 2014-II], amely egy átfogó infrastruktúrafejlesztési reform, fókuszban az iparágon belüli

- gazdasági hatékonyság növeléssel,
- technológiai tervezés szerepének kiemelésével,
- minőségjavítással,
- környezetvédelemmel,
- kutatás-fejlesztés tevékenység erősítésével és
- szakmai képzések erősítésével.

Megjegyzendő, hogy a koncepcióra reagáló építő jellegű kritika [Rigó 2014] többek között pl. a közúthálózatunk jelenértékének és amortizációjának határozott figyelembevételét is hiányolja.

A fenti koncepcióba több szempontból is tökéletesen beleillik a GmB széleskörű elterjedése az útépitéseknél, felújításoknál. A Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. (KTI) 2013 végén egy átfogó felmérést végzett, amelyben az idehaza GmB-vel gyártott aszfalt kopórétegeket vizsgálta és hasonlította össze a normál bitumenes (50/70) kopóréteg aszfaltokkal. Az értékelésnél a legrégebbi, 2004-ben Zalaegerszegen GmB felhasználásával épített útszakasz mellett a 2006-ban, 2007-ben, 2008-ban, 2012-ben és 2013-ban megépített útszakaszokat is felülvizsgálták. Az elkészített tanulmány [KTI 2013] az eddig rendelkezésre álló aszfalt- és kötőanyag vizsgálati eredményeket is felhasználta. A GmB kötőanyagú aszfaltgyártás és kopóréteg építés összköltségénél 5%-kal nagyobb árral kalkuláltak, mint ugyanezen tételeknél 50/70 bitumen alkalmazása esetén. Az eredmények felhasználásával a GmB és 50/70 bitumen tartalmú aszfaltok életciklusát hasonlították össze. A fentiekben megadott peremfeltételek mellett az életciklus elemzés főbb megállapításai a következők [KTI 2013]:

- a GmB-vel épített aszfaltút esetében 50%-kal nagyobb élettartam (15 év) becsülhető, mint az 50/70 alkalmazása esetén (10 év),
- a hosszabb élettartam és kisebb karbantartási költség miatt a teljes életciklus alatt mintegy 30% költségmegtakarítás érhető el a GmB alkalmazásával,
- **„ez a megtakarítás a GmB 45/80-55 széleskörű alkalmazásának nemzetgazdasági jelentőségére is rámutat”,**
- „a kedvező eredmények azonban nem csupán a normál bitumennél jobb minőségét igazolták, hanem PmB-vel való összemérhetőséget, egyes paramétereket tekintve pedig az annál előnyösebb tulajdonságokat is”,
- „a GmB az életciklusa során a környezetre kisebb hatást gyakorol, mint a hagyományos útépitési bitumenek”: a hosszabb élettartam és kisebb karbantartási igény egyúttal azt is jelenti, hogy egy adott időintervallumra vonatkoztatva az aszfaltgyártások és útfelújítások energiaigénye és CO₂ kibocsátása is lényegesen kisebb lesz GmB alkalmazása esetén.

A „Fenntartható utak” összefoglaló tanulmány rámutat arra is, hogy a jelenlegi gyakorlat szerint a közbeszerzési eljárások közel 100%-ánál a legalacsonyabb összegű ellenszolgáltatás az egyetlen értékelési szempont [MK 2014-II]. Ezzel együtt a gazdaságosság, környezetvédelem, karbantartás és fenntarthatóság háttérbe kerül, a közbeszerzési eljárás egy egyszerű árversennyé egyszerűsödik [MK 2014-II]. A jól ismert hazai útépitési/felújítási alulfinanszírozottság mellett ez súlyos problémát jelent, ha hosszú távon gondolkodunk. Márpedig útépités esetében hosszú távra kell(ene) tervezni. A kérdés az, hogy az olcsóbb valóban olcsóbb lesz-e, hosszabb időtávon.

Az áraknál maradva érdemes összehasonlítani a különböző kötőanyagok és a felhasználásukkal megvalósuló projektek összköltségét. A PmB-k ára kb 30%-kal magasabb, mint az 50/70 bitumen ára. A PmB-vel kevert aszfalt ára kb 15%-kal magasabb, mint az azonos típusú 50/70 tartalmú aszfalt ára. Egy kopóréteg felújítás esetében a PmB-t alkalmazó projekt összes költsége – ami az aszfaltmarást és elszállítását, emulzió permetezést, új aszfalt gyártását, szállítását és beépítését, felfestést, esetleges forgalomterelési költségeket, stb. is tartalmazza – kb. 7-8%-kal magasabb árral számolható, mint az 50/70 alkalmazással megvalósuló projekt költsége. (A kalkulációhoz a MOL Dunai Finomító főútjának 2012. őszi felújításának árait használtuk fel, ahol AC 16 kopó F réteg beépítés történt.) Amennyiben GmB kötőanyagot alkalmazunk és az árát az 50/70 és PmB ára közé helyezzük, akkor a PmB-t alkalmazó projekthez képest tovább csökken a projektköltség: néhány %-kal nagyobb összköltségről beszélhetünk mindössze, mint az 50/70 bitument alkalmazó projekt esetén. Ez a többlet nem éri meg a lényegesen jobb minőséget, másfélszer hosszabb élettartamot, kisebb fenntartási költséget? Vagy amennyiben a rendelkezésre álló összeg adott, akkor hosszú távon gondolkodva nem kifizetődőbb néhány %-kal kisebb hosszúságon elvégezni a felújítást, útépitést?

6. GmB 45/80-55 kötőanyagú AC 11 kopó aszfaltkeverék kísérleti gyártása és beépítése

2013. év végéig a Duna Aszfalt Út és Mélyépítő Kft. alkalmazta legnagyobb mennyiségben a MOL által gyártott GmB 45/80-55 kötőanyagot. Jász-Nagykun-Szolnok megyében a 3121. jelű út mintegy 8,4 km hosszúságú szakaszán (11+588 – 20+003 km) AC 11 kopó réteg beépítés történt 2013. szeptember 2-12. között.

A GmB 45/80-55 alkalmazásával elsősorban eruptív kővázú aszfaltok gyártási tapasztalata állt rendelkezésre. A Duna Aszfalt Kft. célszerűnek látta, hogy üledékes kővázú és normál forgalomra tervezett AC 11 kopó 50/70 aszfaltkeverék kötőanyagaként felhasználva alkalmazza a GmB 40/85-55 kötőanyagot és tapasztalatokat szerezzen az aszfaltkeverék tulajdonságait illetően is.

6.1 Laboratóriumi előkészítő vizsgálatok

- A 104-20/2009 AC 11 kopó 50/70 típusvizsgálat szerint:
 - kőváz összetétele:
 - mészkőliszt (Tatabánya): 7 %
 - TH 0/1 (Kiskunlacháza): 8 %
 - NZ 0/4 (Gánt): 40 %
 - NZ 4/11 (Gánt): 45 %
 - kötőanyag, 50/70 bitumen: 5,3 %
- Az AC 11 kopó 50/70 jellemző paraméterei:
 - hézagtartalom: 3,5 V/V%

- o vízérzékenység (ITSR): 85,5 %

A BME több GmB tartalmú aszfaltkeverék típusvizsgálatának elkészítése és a GmB kötőanyagú aszfaltkeverékek beépítésének vizsgálata alapján tett megállapításait figyelembe véve, a 104-20/2009 típusvizsgálatban előírt 5,3 tömeg % 50/70 bitumentartalom 5,5 tömeg % GmB 45/80-55 felhasználásra módosult. A laboratóriumi előkészítés során a felhasználandó alapanyagok szemeloszlásának kontroll vizsgálata, a kőváz típusvizsgálat szerinti szemeloszlásának biztosítása, az esetleges adagolási koncentrációk változtatásának szükségessége alapvető fontosságú volt, hogy az 5,3 tömeg % 50/70 bitumen helyett az 5,5 tömeg % GmB 45/80-55 kötőanyag módosító hatását tesztelni lehessen.

A 175°C -on tömörített AC 11 kopó GmB 45/80-55 aszfalt minta szabad hézagtartalma 4,1 térfogat % volt, 0,6 %-kal magasabb, mint az azonos kővázú AC 11 kopó 50/70 aszfaltkeverék tervezett hézagtartalma. (Az ÚT 2-3.301-1:2010 Útügyi Műszaki Előírás szerint az AC 11 kopó az AC 11 kopó (F) és az AC 11 kopó (mF) aszfaltkeverékek hézagtartalma 2,5 – 4,5 térfogat % között tervezhető.)

6.2 AC 11 kopó GmB 40/85-55 aszfaltkeverék gyártása

Az AC 11 kopó GmB 45/80-55 aszfaltkeveréket a Duna Aszfalt Kft. a Jászapáti Aszfaltkeverő Telepén, Beninghoven MBA 2000 típusú aszfaltkeverővel gyártotta. A Duna Aszfalt Kft. a mintegy 280 t kötőanyagot a felhasználás ütemében rendelte meg a MOL Nyrt. Zalai Finomítójából. A szállítmányok megfelelő ütemben érkeztek a telepre, a kötőanyag felhasználása a gyártó útmutatását követve problémamentes volt.

A kísérleti keverék gyártása szigorú és folyamatos laboratóriumi felügyelet mellett történt. A legyártott AC 11 kopó GmB 45/80-55 aszfaltkeverék laboratóriumi vizsgálata szerint a kötőanyag tartalom 5,3 – 5,6 tömeg % között volt (megengedett eltérés $\pm 0,5$ %), a töltőanyag tartalom a tervezett 7,7 tömeg %-kal szemben átlag 7,4 % volt (megengedett eltérés $\pm 2,0$ %).

Célzatosan nem a laboratóriumban előállított AC 11 kopó GmB 45/80-55 aszfaltkeveréken, hanem a 2013. szeptember 5-én gyártott, a laboratóriumi vizsgálat szerint a tervezettnél megfelelő, 5,5 % kötőanyag tartalmú, és a szemeloszlás követelményeinek is mindenben jól megfelelő aszfaltkeverék maradó alakváltozás és merevség vizsgálatát végezte el a Hódút Labor az MSZ EN 12697-22 szabvány alapján (kiskerekű, B módszer, 60°C). Eredmények:

- maradó alakváltozás: 3,5 %
- komplex modulus: 4680 MPa

A laboratóriumi vizsgálat alapján a GmB kötőanyagú, normál kővázú (NZ zúzalékok, TH 0/1 homok) AC 11 kopó GmB 40/85-55 aszfaltkeverék az F és az mF jelű aszfaltok keréknyomképződés követelményét is teljesítette, a komplex modulus (merevség) alacsonyabb, mint az azonos kővázú normál AC 11 kopó 50/70 aszfaltkeverékre jellemző 6800 – 7100 MPa körüli komplex modulus érték. A vizsgálat szerint a GmB 40/85-55 kötőanyagú AC 11 kopó aszfaltkeverék deformációnak ellenálló, ugyanakkor komplex modulus értéke (merevsége) alapján rugalmas, kevésbé repedező pályaszerkezet építésére alkalmas. Továbbá megállapítható, hogy a legyártott, üledékes kővázú AC 11 kopó GmB 45/80-55 aszfaltkeverék fokozott igénybevételű útra beépíthető, modifikált bitumen kötőanyagú aszfaltkeverékek is megfelel.

6.3 Az AC 11 kopó GmB 40/85-55 aszfaltkeverék beépítése

A 3121. jelű út 11+588 – 20+003 km szakaszán az alábbi pályaszerkezetek kopórétegeként történt az AC 11 kopó GmB 45/80-55 aszfaltkeverék beépítése:

- 11+588 – 15+375 km:
 - o 4 cm AC 11 kopó GmB 40/85-55 kopóréteg
 - o 2,5-6,0 cm AC 11 kötő 50/70 kiegyenlítő réteg
 - o meglévő itatott makadám pályaszerkezet
- 15+375 – 19+000 km:
 - o 4 cm AC 11 kopó GmB 40/85-55 kopóréteg
 - o 4 cm AC 11 kötő 50/70 kötőréteg
 - o 2,5 – 6,0 cm AC 11 kötő 50/70 kiegyenlítő réteg
 - o meglévő itatott makadám pályaszerkezet
- 19+000 – 20+003 km:

- 5 cm AC 11 kopó GmB 40/85-55 kopóréteg
- 4 cm AC 11 kötő 50/70 kötőréteg
- 2,5 – 6,0 cm AC 11 kötő 50/70 kiegyenlítő réteg
- meglévő itatott makadám pályaszerkezet

Az AC 11 kopó GmB 45/80-55 aszfaltkeverék beépítésének tömörítő munkáját laboratóriumi ellenőrző mérésekkel határozták meg (4. táblázat).

4. táblázat A bal és jobb forgalmi sáv kopórétegének tömörítése

| Bal forgalmi sáv | Jobb forgalmi sáv |
|--|---|
| Vögele 1009 döngölő él beállítás: 95 % | Vögele 2100, döngölő él beállítás: 70 % |
| vibrohenger, 9,5 t - 2 vibro járat | vibrohenger, 9,5 t - 2 vibro járat |
| gumihenger - 2 járat | gumihenger - 2 járat |
| vashenger, 13 t - 1 simító járat | vashenger, 13 t - 1 simító járat |

Az izotópos tömörségméréssel megfelelően minősített tömörítő munka ellenére szükséges volt a gumihenger használata is, mivel a bevibrált aszfaltréteg felületén lévő nyitott pórusokat a gumihengerlés hatására felkúszó bitumenes habarcs lezárja, a felületet vízzáróvá teszi, miközben a felület érdessége nem csökken. A két sáv építését a második naptól, két géplánccal egymást követve, párhuzamosan végezték. A kötőréteg építési munkákat az 1. ábra mutatja be.



1. ábra AC11 kopó aszfaltréteg építés a 3121. jelű úton Jász-Nagykun-Szolnok megyében

6.4 Eredmények és beépítési tapasztalatok összegzése

A megépült útszakasz kopórétegéből fúrt minták burkolati szabadhézag tartalma az első napon épített bal oldali szakaszon 6,5 % volt, a továbbiakban beépített jobb és bal oldalon fúrt mintáknál a szabadhézag tartalmat 3,3 – 5,0 % között mérték.

A fúrt minták aszfaltanyagának extrahálással meghatározott bitumentartalma 5,3-5,6 % között volt.

Megállapítható, hogy az AC 11 kopó GmB 45/80-55 aszfaltkeverék beépítésével készült kopóréteg fúrt mintáinak szabadhézag tartalma és kötőanyag tartalma is kielégítette az ÚT 2-3.302 Útügyi Műszaki Előírás követelményét.

A kísérleti AC 11 kopó GmB 45/80-55 aszfaltkeverék beépítési tapasztalatai szerint a követelményeknek megfelelő beépítés alapvető feltétele a folyamatos beépítés érdekében a 18-20 percenként $\geq 170^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű aszfaltszállítmányok érkezése, mellyel biztosítható az előírt hőfokhatáron belül történő tömörítéssel megvalósuló beépítés, a követelménynek megfelelő burkolati hézagtartalom. A tapasztalatok és eredmények alapján a gyártási és a beépítési feltételek biztosítása esetén a GmB 40/85- 55 alkalmas kötőanyaga lehet a fokozott igénybevételű utakra tervezett (mF) aszfaltkeverékeknek is.

7. Összefoglalás

Az eddigi összes tapasztalat és szakértői vélemény azt támasztja alá, hogy a GmB szakszerű útépítési alkalmazása nemzeti érdek kellene, hogy legyen, tekintettel elsősorban a felhasználásával elérhető minőségre, tartósságra és kritikusán alulfinanszírozott hazai útépítésekre/felújításokra. Ma mindezt a bürokrácia is

akadályozza: közel 2 éve nincs előrelépés az útügyi műszaki előírások és módosítások minisztériumi jóváhagyásában.

Az empirikus kötőanyag vizsgálatok (mint pl. lágyuláspont és penetráció) eredményei arra hívják fel a figyelmet, hogy ezek nem minden esetben jelzik előre megfelelően az aszfalt viselkedését. Ezzel szemben a viselkedésvív, reológiai kötőanyag vizsgálatok sokkal értékesebb és aszfaltjellemzőt jobban előrebecsülni képes információtartalommal rendelkeznek. Ez a megfigyelésünk párhuzamos az európai kötőanyag szabályozás tendenciáival, amely a kötőanyagok viselkedésvív követelményrendszerének irányába mutatnak.

7. Felhasznált irodalom

[ÁSZ 2012] - Állami Számvevőszék: *Jelentés az állami közutak felújítását, javítását, karbantartását célzó intézkedések eredményességének és az állami közutak állapotára gyakorolt hatásának ellenőrzéséről*, 2012. augusztus

[BME 2008] - Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Út és Vasútépítési Tanszék: *MOL Gumibitumenek alkalmazástechnikai vizsgálata*, Vizsgálati eredményeket összefoglaló jelentés, 2008

[CEN 2008] - Bitumen and bituminous binders-Determination of Zero-Shear Viscosity (ZSV) using a Shear Stress Rheometer in creep mode, CEN/TS 15325:2008

[D'Angelo 2004] - J. D'Angelo, R. Dongre: *Development of a performance based binder specifications int the United States*, 3rd Euroasphalt & Eurobitume Congress, 12-14 May, Wien, Austria, 2004

[D'Angelo 2007] - J. D'angelo, R. Kluttz, R. Dongre, K. Stephens, L. Zanzotto: *Revision of the Superpave High Temperature Binder Specification: The Multiple Stress Creep Recovery Test*, Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists, pp. 123-162, Volume 76, 2007

[Dreessen 2012] – S. Dreessen, T. Gallet: *MSCRT: Performance related test method for rutting prediction of asphalt mixtures from binder rheological characteristics*, 5th Euroasphalt & Eurobitume Congress, 13-15 June, Wien, Istambul, 2012

[Füleki 2013] - Füleki P.: *Aszfaltbeton keverékek fundamentális alakváltozási jellemzőinek kapcsolata a bitumenek teljesítményalapú paramétereivel*, Doktori értekezés, Széchenyi István Egyetem, Győr, 2013

[KSH 2013] - Központi Statisztikai Hivatal: *A közúti közlekedés területi jellemzői*, 2013. augusztus

[MK 2014-I] - Magyar Közút Nonprofit Zrt.:

http://internet.kozut.hu/szakmai/orszagos_kozutak_adatai/kozutakfojellemlzoi/Lapok/default.aspx

letöltés dátuma: 2014.04.02.

[MK 2014-II] - Magyar Közút Nonprofit Zrt.: *Fenntartható Utak, fenntartható útügy nemzetgazdasági szintű optimalizálása*, Összefoglaló tanulmány és szakmai nap, 2014. február19., Budapest,

[Phillips 1996] - M. C. Phillips, C. Robertus: *Binder Rheology and Asphaltic Pavement Permanent Deformation; The Zero-shear Viscosity*, Euroasphalt & Eurobitume Congress, Strassbourg, 1996

[Read 2003] - A. Read, D. Whiteoak: *The Shell Bitumen Handbook*, Fifth Edition, 2003

[Rigó 2014] - Rigó M.: *Fenntartható utak, vagy inkább Fenntartandó utak*,

http://www.mernokkapu.hu/hirek/481/10/Fenntarthato_utak_vagy_inkabb_Fenntartando_utak

letöltés dátuma: 2014.04.04.

[Shenoy 2002] - A. Shenoy: *Model-fitting the Master Curves of the Dynamic Shear Rheometer Data to Extract a Rut-Controlling Term for Asphalt Pavements*, Journal of Testing and Evaluation, 30, 2, 43-72, March, 2002

[Vonk 2004] - W. Vonk, R. Hartemink: *SBS-modified binders, also cost effective in hot climates*, Proceedings of the 8th Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa, ISBN Number: 1-920-01718-6, 2004