



Mészköliszt és dolomit töltőanyagok hatása aszfalthabarcok reológiai tulajdonságaira

Géber Róbert¹

¹ Miskolci Egyetem, Kerámia- és Polimermérnöki Intézet

E-mail: femgeber@uni-miskolc.hu

KIVONAT

Jelen kutatási munka különböző ásványi töltőanyagok (mészköliszt – Miskolc, Mexikóvölgy – és dolomit – Pilisvörösvár) felhasználásával készített aszfalthabarcok reológiai tulajdonságainak, a finomszemcsés töltőanyagok bitumennel kialakított kapcsolatának feltárásával foglalkozik. Mivel a bitumen és az ásványi töltőanyag közötti kölcsönhatás erőssége az alkotórészek anyagtulajdonságaitól függ, ezért az elvégzett vizsgálatok mind az alapanyagok (töltőanyag, bitumen), mind pedig a belőlük készített aszfalthabarcok elemzésére is fókuszáltak. Ezek során meghatározásra kerültek a töltőanyagok ásványi összetételei, szemcseméret-eloszlásai; termikus, mikroszerkezeti, és felületi sajátosságai, valamint a felhasznált bitumen (B50/70, Százhalombatta) összetétele és termikus tulajdonságai. Az aszfalthabarcok reológia vizsgálatának célja az anyagrendszer alakváltozással szembeni ellenállásának, folyási viselkedésének és a töltőanyagok merevítő hatásának vizsgálata volt.

Az eredmények ismeretében elmondható, hogy a kutatás során megvizsgált ásványi anyagok – főként a mészköliszt – aszfalt töltőanyagként történő felhasználása mindenképpen előnyös, ugyanis kedvező tulajdonságaik következtében magas üzemi hőmérsékleten a burkolatok merevsége nagymértékben javítható, az alakváltozással szembeni ellenállásuk növelhető, végső soron csökkenthető a keréknyomosodás kialakulásának lehetősége.

Kulcsszavak: aszfalthabarc, folyásgörbe, kúszás, mestergörbe, reológia, töltőanyag

Dr. Géber Róbert

Okleveles anyagmérnök. Miskolci Egyetem, Kerámia- és Polimermérnöki Intézet 2007-től a Miskolci Egyetem Kerámia- és Szilikátmérnöki Tanszékének (jelenleg Kerámia- és Polimermérnöki Intézet) doktorandusz hallgatója, 2010-től pedig tudományos segédmunkatársa. 2013-ban doktori fokozatot szerzett. A Szilikátipari Tudományos Egyesület és a Magyar Anyagtudományi Egyesület tagja. Publikációinak száma: 18.

1. BEVEZETÉS

Jelen kutatási munka – mely a szerző doktori értekezésének rövidített kivonata – célja ásványi töltőanyagok felhasználásával készített aszfalthabarcok reológiai tulajdonságainak, a finomszemcsés töltőanyagok bitumennel kialakított kapcsolatának feltárása.

Az aszfaltanyagok készítéséhez a bitumen kötőanyag mellett pontos receptúra szerint adagolt, különböző szemcse nagyság szerint ásványi anyagokra van szükség. Aszfalttechnológiai szempontból az ásványi anyagok szemmegoszlása kiemelt fontosságú, különösképpen nagy hangsúlyt kell fektetni a legfinomabb frakcióra, a töltőanyagra. Ez a 0,063 mm-es szemcseméretnél finomabb anyaghalmaz fontos alkotórésze a burkolatnak, mivel bitumennel keverve (aszfalthabarc) stabilizáló szerepet tölt be,

és egyfajta aktív komponensként növeli az útpályaszerkezet merevségét [1, 2, 3, 4, 5]. A töltőanyag ásványi összetétele, morfológiája, felületi tulajdonságai, granulometrikus összetétele, valamint mennyisége egyaránt befolyásolják a burkolat tulajdonságait, ezáltal élettartamát is.

Az aszfaltburkolatok egyik tipikus tönkremeneteli jelensége a keréknyomvályú formájában megjelenő maradó alakváltozás. Ennek oka a nyári üzemi hőmérsékleten forgalom hatására keletkező húzó- és nyomófeszültségekben keresendő. A mechanikai feszültségek hatására bekövetkező alakváltozás nagysága függ többek között a hőmérséklettől, a bitumen reológiai/folyási tulajdonságaitól, az aszfalt ásványi vázának belső súrlódásától, a kerékterhelés nagyságától és sebességétől, valamint az aszfaltrétegek alatt elhelyezkedő talajréteg szerkezetétől [6]. Ezeket szem előtt tartva jelen kutatómunka céljai az alábbiakban foglalhatóak össze:

- A hazai aszfaltútépítésben elterjedten használt mészköliszt (származási hely: Miskolc, Mexikóvölgy), valamint ennek esetleges kiváltására, a jelenlegi mennyiségének csökkentésére szánt – de tulajdonságait tekintve a mészköliszthez hasonló – dolomit (származási hely: Pilisvörösvár) hasznosíthatósági lehetőségeinek feltárása.
- A töltőanyagok ásványtani, fizikai, termikus, morfológiai és felületi tulajdonságainak feltérképezése mellett a bitumen összetételének és termikus tulajdonságainak vizsgálatának elvégzése, melyek hozzájárulnak ezen töltőanyagok aszfaltkeverékekben betöltött szerepének, hatásmechanizmusának megértéséhez.
- A két töltőanyag és egy útépítési bitumen (B 50/70, Százhalombatta) felhasználásával készített aszfalthabarc-keverékek komplex reológiai (statikus és dinamikus) vizsgálatának elvégzése, melyek hozzájárulnak a keréknyomosodás, mint jellemző tönkremeneteli jelenség okának megértéséhez.
- Az aszfalthabarcok reológiai viselkedését leíró anyagmodellek és azok modellparamétereinek, valamint viszkoelasztikus tulajdonságainak feltárása.
- Az alkalmazott töltőanyagok merevítő hatásának vizsgálata dinamikus frekvenciafüggő vizsgálatokkal és mestergörbék megszerkesztésével.

A töltőanyagok felhasználásával elkészített aszfalthabarc-keverékeken egyidejűleg tanulmányozható a töltőanyagok típusának, szemcseméretének és mennyiségének (töltőanyag/habarc térfogatarányának) hatásmechanizmusa. A reológiai vizsgálatokkal lehetséges az aszfaltburkolatok nyári viselkedésének (keréknyomosodási jelenségek) tanulmányozása; az aszfaltkeverékek beépítése és a burkolatok nyári üzemszerű használata során fellépő folyási jelenségek tanulmányozása; valamint a töltőanyagok merevítő tulajdonságainak vizsgálata (mestergörbék segítségével).

2. AZ ÁSVÁNYI ANYAGOK ÉS A BITUMEN VIZSGÁLATAI

A kutatás során két – Magyarországon nagy mennyiségben előforduló – kőzet (mészkő és dolomit) porrá őrölt változata került megvizsgálásra. A módszerek mindegyike megfelelő és pontos mintaelőkészítést igényelt. A zsákolt formában, ömlesztett állapotban rendelkezésre álló mészkölisztből és dolomitból szitasor segítségével 4 frakció került kialakításra ($d < 0,071$ mm, $d < 0,063$ mm $d < 0,05$ mm és $d < 0,045$ mm). Az így képzett halmazok szárítása 105 °C hőmérsékletűre beállított laboratóriumi szárítószekrény alkalmazásával történt. (Megj.: mivel a dolomitot a gyártó két különböző szemcseméretű, előzetesen már frakcionált kiserelésben $d < 0,3$ mm, illetve $d < 0,045$ mm/ forgalmazza, így a vizsgálatok során is ebben a formában állt rendelkezésre.)

2.1. A TÖLTŐANYAGOK SZEMELOSZLÁSÁNAK VIZSGÁLATA

Az ásványi anyagok szemeloszlása aszfaltechnológiai szempontból kiemelt jelentőséggel bír, mivel a szemcseméret és a polidiszperzitás a bitumen viszkozitását, a burkolat merevségét is nagymértékben befolyásolja. A finomrész jelenléte a kötőanyag adszorpciós képességére is hatással van. A frakcionált

anyagok szemeloszlás-vizsgálata Horiba LA-950V2 típusú, nedves eljárású lézer-granulométeren történt.

2.2. A TÖLTŐANYAGOK ÁSVÁNYI ÖSSZETÉTELÉNEK MEGHATÁROZÁSA

Az aszfalttechnológiában kiemelt szerepe van a burkolatot felépítő ásványi anyagok jelenlétének és azok tulajdonságainak. A teherbírást nagymértékben elviselő kővázal szemben támasztott fontos követelmények a jó mechanikai szilárdság és az aprózódással szembeni ellenálló képesség. Mindezeket ásványi összetételük jelentős mértékben befolyásolja. A töltőanyagok ásványi összetételének meghatározása röntgen pordiffrakciós módszerrel (XRD vizsgálat), egy Bruker D8 ADVANCE típusú röntgen diffraktométer alkalmazásával történt.

2.3. A TÖLTŐANYAGOK TERMIKUS TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA

A mészköliszt és dolomit töltőanyagok alkalmazhatóságának egy másik fontos szempontja az ásványi anyagok hevítés hatására bekövetkező változásainak nyomon követése. Az aszfaltgyártási technológia során az ásványi anyagokat előzetesen a keverési hőmérséklet felé hevítik, melynek célja a nedvességtartalom eltávolítása, valamint az ásványi anyag keverési hőmérsékletre történő felhevítése. Fontos szempont, hogy ebben a technológiai folyamatban az ásványi anyagok tulajdonságai ne változzanak meg.

A töltőanyagok endoterm/exoterm reakcióinak, valamint tömegcsökkenési folyamatainak tanulmányozása MOM gyártmányú Derivatograph-C típusú berendezés segítségével történt. A termoanalitikai vizsgálatok célja:

- a töltőanyagokban végbemenő változások feltárása,
- alátámasztani, hogy a technológiailag fontos hőmérsékleteken a töltőanyagok tulajdonságai nem változnak meg, tehát aszfalt-technológiai szempontból „inert anyagként” viselkednek,
- a minták összetételében esetlegesen jelen lévő szennyeződések kimutatása.

2.4. A TÖLTŐANYAGOK MORFOLÓGIAI VIZSGÁLATA

Az aszfaltkeverékek ásványi váza a burkolat teherbíró képességére is hatással van, ugyanis a szemcsék mérete és geometriája az aszfaltkeverék belső súrlódását döntően befolyásolja. A töltőanyagok morfológiai vizsgálata Hitachi TM-1000 típusú pásztázó elektronmikroszkóppal (Scanning Electron Microscope, SEM) történt.

2.5. A TÖLTŐANYAGOK FAJLAGOS FELÜLETÉNEK VIZSGÁLATA

A bitumen és a kőváz közötti kölcsönhatás a határfelületükön végbemenő adszorpciós folyamatoktól függenek, a fizikai adszorpciót pedig a töltőanyagok felületi sajátosságai, porozitása jelentősen befolyásolja.

A fajlagos felületek meghatározása Micromeritics gyártmányú TRISTAR 3000 típusú gázadszorpciós elven működő készülékkel, az egyes frakciók előkészítése pedig SMARTPREP berendezéssel történt. A vizsgálattal meghatározható a BET-féle (Brunauer-Emmett-Teller) fajlagos felület.

2.6. A TÖLTŐANYAGOK HIDROFIL TÉNYEZŐJÉNEK MEGHATÁROZÁSA

A hidrophil tényező megállapítása a töltőanyag víz és olaj abszorbeáló képességének összehasonlításán alapszik. Az olaj a bitumenhez hasonlóan apoláros folyadék. A vizsgálatok során az olajhoz hasonló tulajdonságokkal rendelkező petróleum került felhasználásra, mivel kisebb sűrűsége miatt a szemcsék ülepedése gyorsabb. Ez azért fontos, mert a hidrophil tényező (η) [1, 7, 8] értéke tulajdonképpen az ülepedési térfogatok ($V_{\text{víz}}$, $V_{\text{petróleum}}$) arányából határozható meg:

$$\mu = \frac{V_{\text{víz}}}{V_{\text{petroleum}}} \quad (1)$$

Ha az arány értéke 1-nél nagyobb, akkor a töltőanyag hidrofíli, ha 1-nél kisebb, akkor pedig hidrofób tulajdonságú. Szakirodalmi információk [1] alapján a jó töltőanyag hidrofíli tényezője 0,7 – 0,85 közötti.

2.7. AZ ÚTÉPÍTÉSI BITUMEN FOURIER TRANSZFORMÁCIÓS INFRAVÖRÖS SPEKTROSKÓPIÁS VIZSGÁLATA

A bitumenek összetételüket tekintve számos szénhidrogén vegyületből épülnek fel. Jellemző csoportjaik között említésre méltóak a különböző funkciós (paraffinos, nafténes, alifás és aromás) csoportok. A kötőanyagok összetételét alapvetően befolyásolja az adott nyersolaj összetétele. Példaként megemlíthető, hogy a bitumenben lévő paraffincsoport mennyisége a nyersolaj összetételétől függ, amely (jelentős mennyiségben) pedig a magas hőmérsékleteken (pl. keverési hőmérséklet) kialakuló bitumen/ásványi anyag kölcsönhatását károsan befolyásolhatja. Emiatt volt fontos, hogy a reológiai vizsgálatok során felhasznált bitumen összetétele ismert legyen. Fourier transzformációs infravörös spektroszkópiával (FTIR) lehetséges a bitumenben jelen lévő vegyületek és funkciós csoportok minőségi azonosítása.

2.8. AZ ÚTÉPÍTÉSI BITUMEN DIFFERENCIÁLIS PÁSZTÁZÓ KALORIMETRIÁS VIZSGÁLATA

A bitumen – mint a polimerekre jellemző viselkedést mutató anyag – viszkoelasztikus tulajdonságokkal bír. Alacsony hőmérsékleten rideg és repedésre hajlamos, szobahőmérsékleten rugalmas, míg magas hőmérsékleten folyékony halmazállapotú. Alkalmazása során kiemelt jelentősége van a felhasználási hőmérsékletnek. Éppen emiatt fontos ismerni ezeknek a kötőanyagoknak a hőmérséklet hatására bekövetkező tulajdonságváltozásait.

Differenciális pásztázó kalorimetria (DSC) segítségével meghatározhatóak a szilárd anyagok átalakulási hőjének (fázisátalakulás, szilárd anyagok bomlása, stb.) számszerű értékei, valamint az ún. üvegesedési hőmérséklet (T_g) is determinálható az energia-hőmérséklet görbe (hőkapacitás) meredeksége alapján.

A későbbi reológiai mérések során felhasznált bitumenen elvégzett DSC vizsgálatok Setaram DSC 131 Evo típusú berendezésen történtek –70 °C–130 °C közötti hőmérséklet-tartományban, 10 °C/perces lineáris felfűtési sebesség mellett, a kezdeti alacsony hőmérsékletet pedig cseppfolyós nitrogén biztosította.

3. ASZFALTHABARCSOK REOLÓGIAI VIZSGÁLATA

3.1. KEVERÉKKÉSZÍTÉS

Az aszfalthabarcok reológiai vizsgálata Haake RheoStress RS80 típusú dinamikus nyíróreométer (Dynamic Shear Rheometer, DSR) segítségével, 25 mm átmérőjű párhuzamos lap-lap mérőgeometria alkalmazásával, 1,5 mm résméret beállításával történt.

Az aszfalthabarc keverékek elkészítésekor a bitumen tömegének ismeretében meg kellett határozni a kívánt töltőanyag/habarc (a továbbiakban: T/H) térfogatarányhoz [5] szükséges ásványi töltőanyag mennyiségét (2):

$$f_f = \frac{V_f}{V_b + V_f} \quad (2)$$

f_f – a töltőanyag térfogataránya, [-]

V_f – töltőanyag térfogata, [m³]

V_b . bitumen térfogata, [m³]

Előzetes keverési próbák alapján az volt a tapasztalat, hogy 20%-os T/H arány esetén a habarcs még megfelelően keverhető volt, további ásványi anyag adagolása azonban már lényegesen megnehezítette a keverést. (Megjegyzendő, hogy a valós aszfaltkeverékekben természetesen nem ezek az arányok fordulnak elő, hanem a bitumen (B): töltőanyag (T) aránya=1:1,4). A dinamikus nyíróreométer adottságai azonban ilyen összetételű habarcs vizsgálatát nem tették lehetővé. Korábbi irodalmi forrásokat is alapul véve [5, 9] – melyek a T/H arányt 28%-ban maximalizálják – készült el a vizsgálati keverékterv (1. táblázat).

1. táblázat: A reológiai vizsgálatokhoz használt aszfalthabarcs-keverékek jelölése és összetétele

	Keverék jele	Kötőanyag	Töltőanyag típusa	Töltőanyag szemcsemérete	Töltőanyag/habarcs térfogataránya
1.	ML_45µm_005	B50/70	Mészköliszt (Mexikóvölgy)	d<0,045 mm	0,05
2.	ML_45µm_013				0,13
3.	ML_45µm_020				0,20
4.	ML_63µm_005	B50/70	Mészköliszt (Mexikóvölgy)	d<0,063 mm	0,05
5.	ML_63µm_013				0,13
6.	ML_63µm_020				0,20
7.	D_45µm_005	B50/70	Dolomit (Pilisvörösvár)	d<0,045 mm	0,05
8.	D_45µm_013				0,13
9.	D_45µm_020				0,20
10.	D_63µm_005	B50/70	Dolomit (Pilisvörösvár)	d<0,063 mm	0,05
11.	D_63µm_013				0,13
12.	D_63µm_020				0,20

3.2. KÚSZÁS-VISSZAALAKULÁS VIZSGÁLATA

A vizsgálatok célja az aszfalthabarcsok viszkoelasztikus tulajdonságainak, a maradó alakváltozással szembeni ellenállás, lényegében a keréknyomósodás okainak tanulmányozása. A kúszás-visszaalakulás vizsgálatokhoz szükséges nyírófeszültség $\tau_0=1$ Pa-ban került meghatározásra, biztosítva a lineárisan viszkoelasztikus tartományon belüli mérést. A mérések minden esetben 60 °C-on történtek. A terhelési és tehermentesítési idők – korábbi szakirodalmi vizsgálati módszereket is figyelembe véve [5, 10, 11, 12, 13] – 60 sec (kúszás) és 180 sec (visszaalakulás) értékekben került kijelölésre.

3.3. FOLYÁSI TULAJDONSÁGOK VIZSGÁLATA

A különféle anyagok reológiai vizsgálatait során fontos megismerni és feltárni azok folyási tulajdonságait. A viszkoelasztikus anyagként viselkedő bitumen, illetve a felhasználásukkal előállított aszfaltkeverékek esetében is így van ez. Mind a kötőanyag adagolása, permetezése, a szerves és szervetlen alapanyagok összekeverése és bedolgozása során nagy jelentősége van a folyási tulajdonságoknak. A vizsgálatok különböző hőmérsékleteken ($T=60\text{ °C}, 75\text{ °C}, 90\text{ °C}, 105\text{ °C}, 120\text{ °C}$ és 135 °C) és nyírási sebesség tartományokban (0–20 s⁻¹, 0–100 s⁻¹ és 0–200 s⁻¹) történtek. Az eredmények alapján az anyagrendszer folyási tulajdonságait leíró reológiai anyagmodellek, valamint a valódi folyás- és viszkozitásgörbék határozhatóak meg.

3.4. AZ ASZFALTHABARCSOK MESTERGÖRBÉINEK MEGHATÁROZÁSA

Az aszfalthabarcsok reológiai tulajdonságai, viszkoelasztikus anyagjellemzői ún. mestergörbék megszerkesztésével (az idő-hőmérséklet szuperpozíciós elv alkalmazásával) jól jellemezhetőek [13, 14, 15, 16, 17]. A görbék előállításához az anyagrendszert adott frekvencia-tartományban, különböző

hőmérsékleteken szükséges vizsgálni. Az így összegyűjtött adatok egy referencia hőmérsékletre szuperponálva egy görbévé (mestergörbe) illeszthetők össze.

Az aszfaltkeverékek dinamikus vizsgálata során rögzített legfontosabb anyagjellemző a komplex modulusz, amely az aszfalt merevségéről is információt nyújt. Egyfajta indikátor, amely különböző hőmérsékleteken, változó terhelések esetén jellemzi az anyagrendszer alakváltozással szembeni ellenállását.

4. EREDMÉNYEK

Az aszfalthabarc az aszfaltkeverékek legfontosabb alkotórésze, mely a teherbírást nagymértékben elviselő durva szemcsék közötti kapcsolat kialakítását, valamint a burkolat szilárdságát és merevségét befolyásolja. A bitumennel kialakított kapcsolat egyik sarkalatos pontja a töltőanyag ásványi eredete. A vizsgált töltőanyagok ásványi összetételét a 2. táblázat foglalja össze.

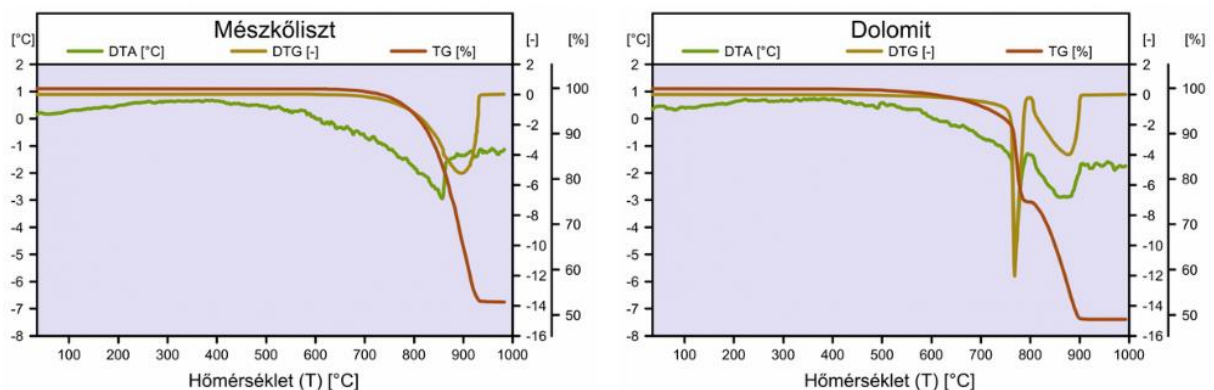
2. táblázat: A töltőanyagok ásványi összetétele

Töltőanyag	Ásvány	Képlet	Mennyiség
Mészköliszt	kalcit	CaCO ₃	100%
Dolomit	dolomit	CaMg(CO ₃) ₂	100%

Megállapítható, hogy a töltőanyagok ásványi összetételüket tekintve szennyeződéstől mentes, tiszta anyagok. Ezeket az eredményeket a töltőanyagokon elvégzett termoanalitikai vizsgálatok is alátámasztották (1. ábra). A mészköliszt hevítésekor karbonátos bomlás ment végbe 790 °C körüli kezdő hőmérsékleten. Az endoterm reakció során CO₂ gáz fejlődése mellett CaO (égetett méz) keletkezett.

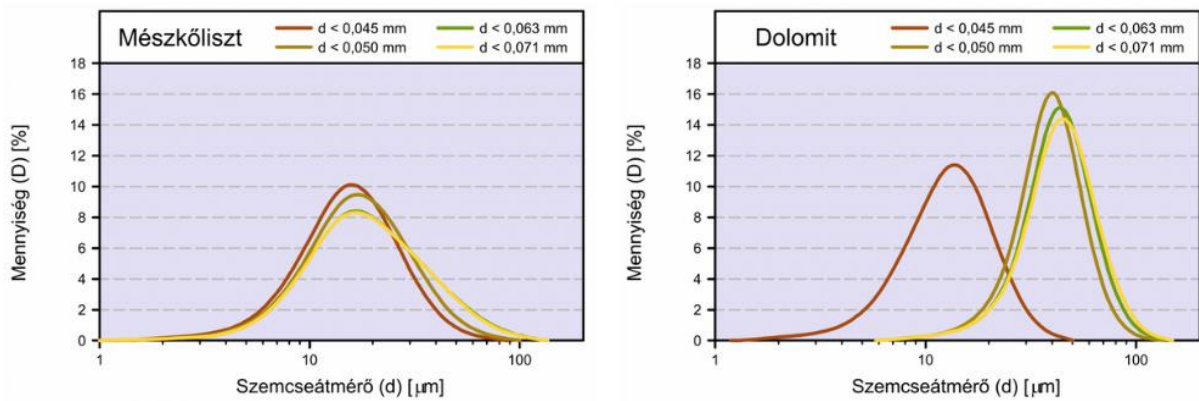
A dolomit hevítésekor normál atmoszférán két endoterm reakció volt megfigyelhető. A kétlépcsős folyamat során mindkét esetben tömegvesztés lépett fel, ugyanis a dolomitból mindkét esetben CO₂ gáz szabadult fel. Először a MgCO₃ CO₂ tartalma, majd a CaCO₃ gáztartalma távozott a rendszerből. A termikus reakció végtermékeként égetett méz és égetett magnézia keletkezett. A két ásványi anyag egyéb ásványokat, szennyeződések nem tartalmazott.

A termoanalitikai vizsgálatok alátámasztották, hogy az aszfalt-technológiai szempontból fontos hőmérsékleteken (mintegy 230 °C-ig) a töltőanyagok tulajdonságai hevítés hatására nem változtak meg.



1. ábra: A töltőanyagok jellemző derivatogramjai

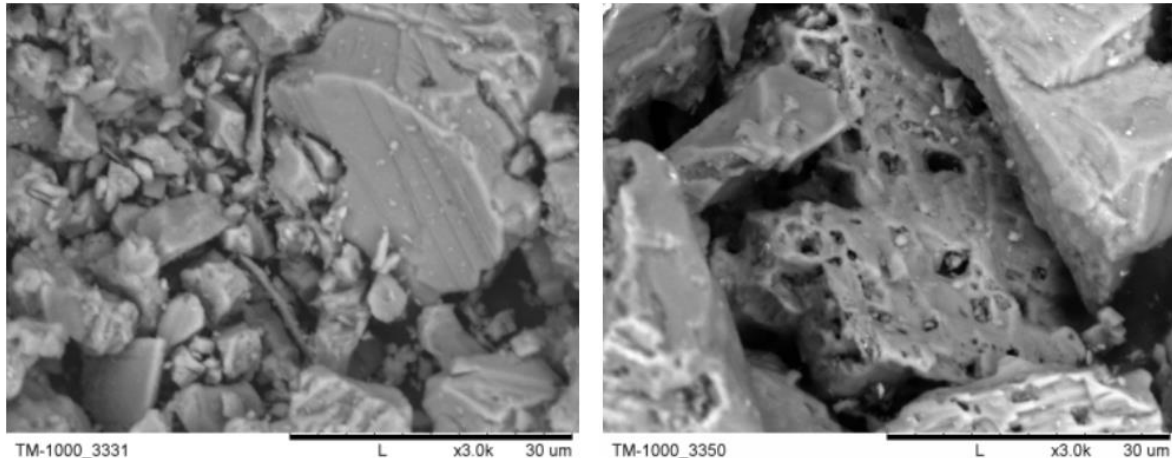
A töltőanyagok szemeloszlásának vizsgálati eredményeit a 2. ábra foglalja össze, a későbbi jobb értelmezhetőség szempontjából eloszlásfüggvények formájában.



2. ábra: A töltőanyagok szemcseméretének eloszlásfüggvényei

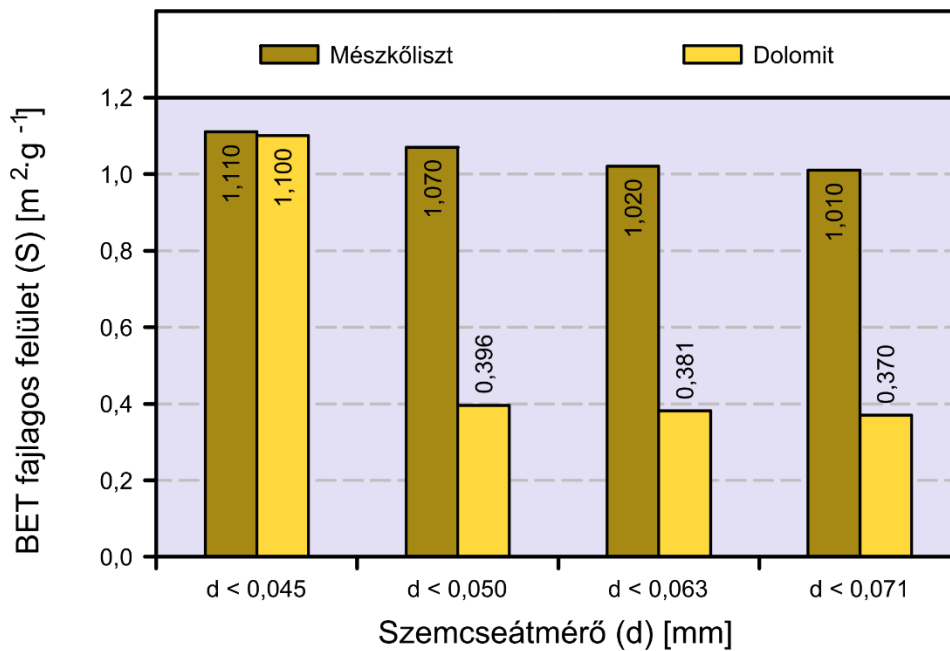
Az eredmények alapján megállapítható, hogy a vizsgált frakciók polidiszperz rendszerek, melyekben a szemcsék mérete mintegy két nagyságrendet ölel át. A két töltőanyag szemeloszlásában jelentős különbségek voltak felfedezhetőek. Míg a mészkőliszt összes frakciója nagy mennyiségben tartalmazott finom szemcséket (jellemzően 10 μm -nél kisebb szemcséket), valamint a szemcseméret-tartomány növelésével is a finom szemcsék jelenléte volt meghatározó, addig a dolomitnál csak a $d < 0,045$ mm-es frakció rendelkezett jelentős mennyiségű finomrésszel, a nagyobb tartományokat pedig jellemzően a nagyobb méretű szemcsék töltötték ki. A dolomitnál jelentkező nagy eltérés a már korábban említett, gyártó általi frakcionálásnak volt köszönhető. Megfigyelhető továbbá az is, hogy a mészkőliszt szélesebb eloszlású, a dolomit három frakciója pedig lényegesen szűkebb eloszlást, és az ezekben előforduló szemcsék nagyobb mennyiségét mutatja.

A töltőanyagok morfológiai sajátosságainak vizsgálata során készített pásztázó elektronmikroszkópos felvételek a 3. ábrán kerülnek bemutatásra.



3. ábra: A töltőanyagok jellemző SEM felvételei 03a

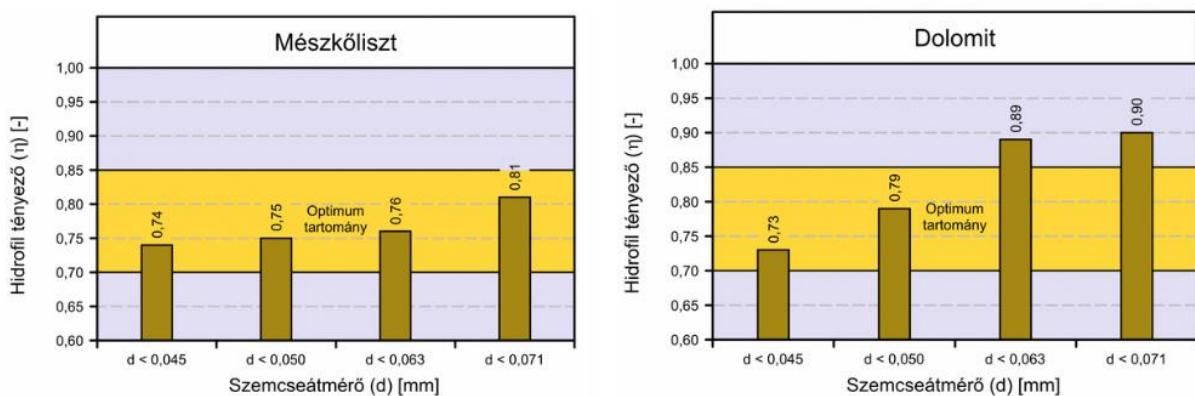
A felvételek alapján megállapítható, hogy a szemcsék alakja változatos, az ipari aprítási folyamatok következtében a töretfelületek éles határokkal tagoltak, melyek a kőváz és burkolat belső súrlódását növelik. Az ásványi anyagok polidiszperzitása jó térkitöltést, ezáltal nagyobb tömörséget és szilárdságot biztosít az aszfaltkeverékek számára. Az anyagszerkezet feltérképezése során minimális porozitásra és kis fajlagos felületre utaló jelek voltak megfigyelhetőek. Ezeket a feltételezéseket megerősítették a töltőanyagok BET-féle fajlagos felületi eredményei is (4. ábra).



4. ábra: A töltőanyagok BET-féle fajlagos felülete

A dolomit fajlagos felülete a mészkőliszthez viszonyítottan alacsonyabb. Ennek oka a dolomit szemeloszlásával jól magyarázható. A $d < 0,045$ mm frakció BET-féle fajlagos felülete közel azonos a mészkőliszt hasonló frakciójának fajlagos felületével, mivel ez a frakció nagy mennyiségben tartalmaz kisméretű szemcséket. Ezzel szemben a nagyobb szemcseméretű frakciók esetében ($d < 0,05$ mm – $d < 0,07$ mm) a finom szemek jelenléte minimális, a szűk szemeloszlású frakciók pedig relatíve nagy mennyiségű durvább szemcséket tartalmaznak, melyek a fajlagos felület csökkenését okozzák.

A hidrofil/hidrofób tulajdonságok meghatározására irányuló vizsgálatok eredményeit az 5. ábra foglalja össze. Mivel az ülepedési térfogatok aránya minden esetben 1 alatti, ezért mindkét ásványi töltőanyag hidrofób tulajdonságú. Jó alkalmazhatóságukat jelzi, hogy az egyes frakciók hidrofil tényezőinek értékei – két kivételtől eltekintve – az optimum tartományba esnek.



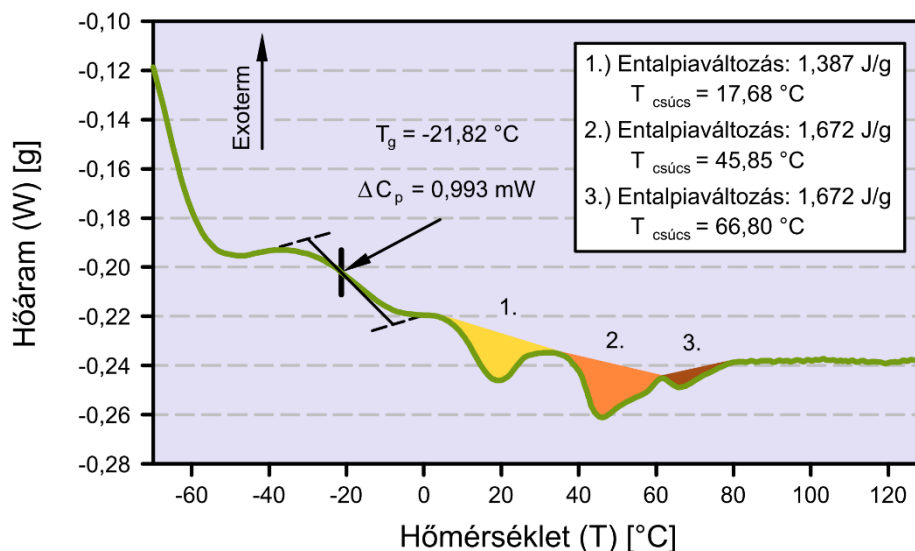
5. ábra: A töltőanyagok hidrofil tényezői

Visszavezetve a gondolatmenetet a szemeloszlás görbékre, megfigyelhető, hogy a finom szemcsék jelenléte a hidrofil tényező értékét csökkentette, míg a nagyobb szemcsék előfordulása nagyobb hidrofilitást eredményeztek. A töltőanyagok szemcseméretének hatását a finom rész aránya tehát erősen befolyásolta. A karbonátos kőzetek aprításával előállított töltőanyagok apró szemcséinek fajlagos felülete – a durvább szemcsékhez viszonyítottan – nagy, melyeket az apoláros folyadék (petróleum) egyfajta burokként képes körbevenni, ennek következtében tehát egységnyi térfogatban nagyobb lesz azok ülepedési térfogata is. Minél nagyobb a szemcséket körbevevő burok vastagsága, annál jobb

kapcsolatot képes az apoláros folyadék kialakítani az ásványi anyaggal. Így tehát minél nagyobb a szemcsék ülepedési térfogata a petróleumban, annál kisebb lesz azok hidrofil tényező értéke.

A FTIR vizsgálat eredményei azt mutatták, hogy a B50/70 bitument jellemzően telített szénhidrogén csoportok, valamint aromás vegyületek alkották. Oxidációs termékként a bitumenben kis mennyiségben hidroxivegyületek is előfordultak.

A differenciális pásztázó kalorimetriás vizsgálatok eredményeit a 6. ábra mutatja be.

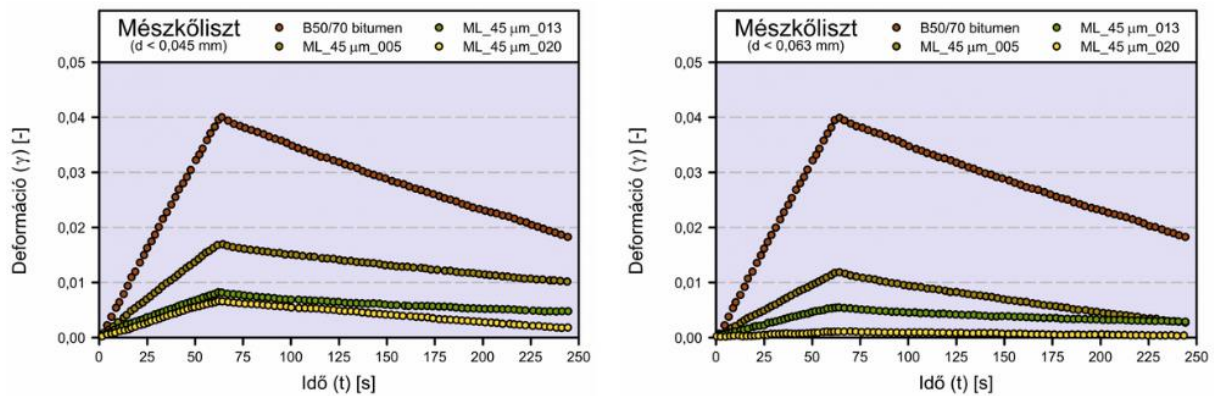


6. ábra: A B50/70 típusú bitumen DSC görbéje

A DSC görbe egyes szakaszait elemezve az alábbi megállapítások tehetőek. A T_g számszerű értéke a vizsgált bitumen esetén: $T_g = -21,82 \text{ °C}$. A hőmérséklet további növelésének hatására három endoterm csúcs jelent meg, melyek egyértelműen olvadási folyamatra utaltak. Mindhárom átalakulás a bitument alkotó telített szénhidrogének olvadására utalt, csúshőmérsékletük pedig $T_1\text{csúcs} = 17,68 \text{ °C}$, $T_2\text{csúcs} = 45,85 \text{ °C}$ és $T_3\text{csúcs} = 66,8 \text{ °C}$ volt.

A kutatómunka során a töltőanyagok felhasználásával olyan aszfalthabarc-keverékek készültek, amelyekben egyidejűleg volt tanulmányozható a töltőanyagok típusának, szemcseméretének és mennyiségének (T/H arányának) hatásmechanizmusa (megj.: ezen vizsgálatok részletes eredményei a [18] irodalomban már közlésre kerültek, ezért itt most csak rövidített formában kerülnek bemutatásra). Az elvégzett reológiai vizsgálatok segítségével tanulmányozható az aszfaltburkolatokban jelen lévő habarcok viselkedése. Az alkalmazott mérés technikai módszerekkel a cél a keréknyomosódás, mint jellegzetes burkolati hibajelenség okainak feltárása volt.

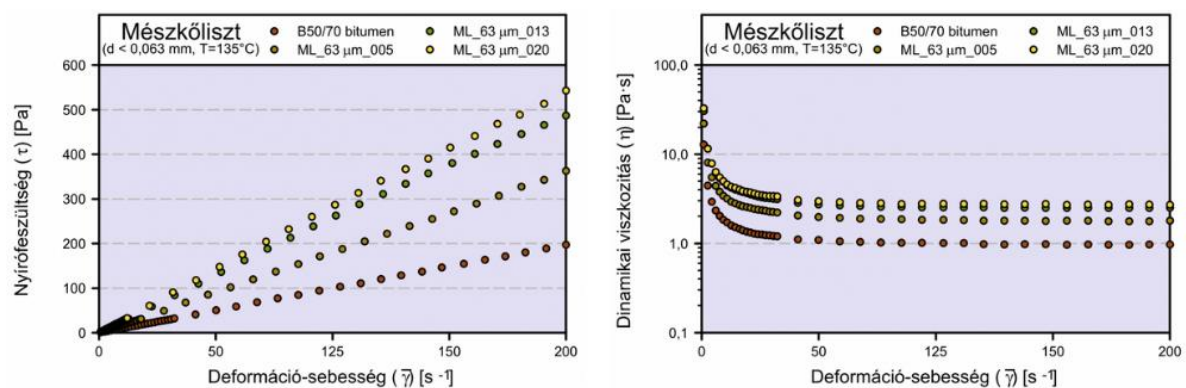
A statikus kúszás-visszaalakulási tulajdonságok elemzése során a négyparaméteres Burgers-moddal sikerült leírni a habarcok viselkedését, a modell paramétereit pedig számszerűleg is meghatározásra kerültek. A 7. ábra a 60 °C -on elvégzett kúszás-visszaalakulás vizsgálatok egyik részeredményét mutatja be.



7. ábra: Tipikus kúszás-visszaalakulás vizsgálati eredmények T=60 °C-on

Az eredmények tekintetében megállapítható, hogy a habarcsokban jelen lévő durva szemcsék minden esetben növelték a keverékek rugalmasságát, csökkentve így a terhelés hatására kialakuló alakváltozás, illetve a visszaalakulás során a maradó alakváltozás mértékét. A mészkőliszt felhasználása során az anyagrendszerben minden esetben kisebb alakváltozások alakultak ki, amely arra utal, hogy a mészkőliszt erősebb kapcsolatot volt képes létrehozni a kötőanyaggal.

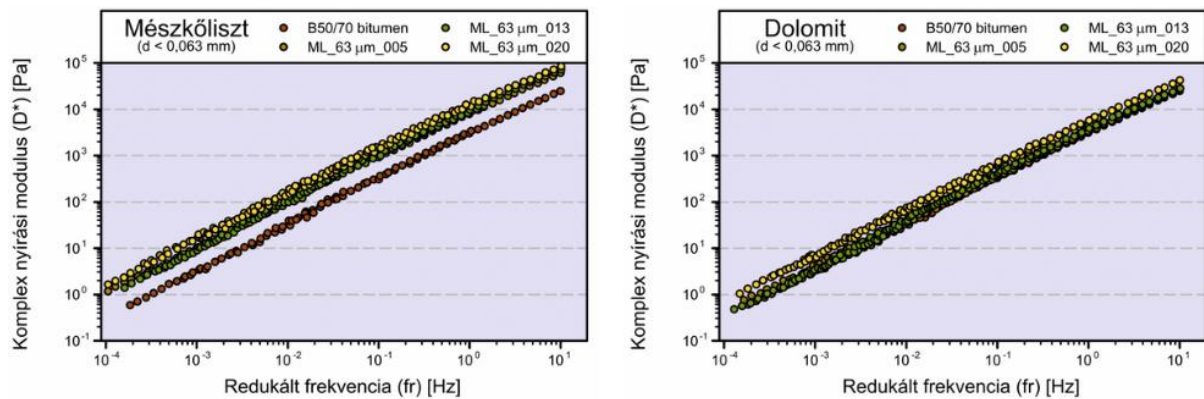
Az aszfaltkeverékek beépítése és a burkolatok nyári üzemszerű használata során fellépő folyási jelenségek tanulmányozása érdekében meghatározásra kerültek a habarcsok valódi folyás-, és viszkozitásgörbéi. A 8. ábra erre vonatkozóan egy példát mutat be.



8. ábra: Aszfalthabarcs-keverék valódi folyás- és viszkozitásgörbéi

Mivel a keverékek folyáshatárral is rendelkeztek, így a keverékek viszkoelasztikus jellege mellett bizonyos mértékű plaszticitás is jelen volt az anyagrendszerben. Ennek figyelembe vételével a vizsgált hőmérsékleti tartományokban két reológiai modellel voltak jellemezhetőek a keverékek. Az alacsonyabb vizsgálati hőmérsékleteken a habarcsok pseudoplasztikus anyagként viselkedtek, és a Herschel–Bulkley-féle modellel voltak leírhatóak. A magasabb vizsgálati hőmérsékleteken az anyagok Bingham-féle anyagként viselkedtek. A mérési eredmények alátámasztották, hogy a töltőanyagok mennyiségének és szemcseméretének növelése a pseudoplasztikus jelleget erősíti, ugyanakkor a legmagasabb vizsgálati hőmérsékleten a habarcsok kivétel nélkül Bingham-anyagként jellemezhetőek.

A mestergörbék (9. ábra) ismeretében az aszfalthabarcsokban felhasznált töltőanyagok merevítő hatása is jól megfigyelhető volt.



9. ábra: Aszfalthabarc-keverékek mestergörbéi

A töltőanyagok szemcseméretének és mennyiségének növelése esetén dominánsabbak lettek a rugalmas tulajdonságok, amelynek következtében nőtt a merevítő hatás. A mészkőliszt-bitumen közötti erős kölcsönhatás következtében a merevség minden esetben nagyobb mértékű volt, mint a dolomit alkalmazásakor.

Összességében elmondható, hogy a megvizsgált ásványi anyagok – főként a mészkőliszt – aszfalt töltőanyagként történő felhasználása mindenképpen előnyös, ugyanis kedvező tulajdonságaik következtében magas üzemi hőmérsékleten a burkolatok merevsége nagymértékben javítható, a maradó alakváltozással szembeni ellenállásuk növelhető, végső soron csökkenthető a keréknyomvályúk kialakulásának lehetősége.

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatómunka a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0008 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg. Köszönet illeti továbbá Prof. Dr. Gömze A. Lászlót, aki témavezetőként segítette jelen doktori értekezés elkészülését.

6. FELHASZNÁLT IRODALOM

- Gezentsvey, L. B.: Aszfaltbeton útburkolatok; Moszkva (1960)
- Ferenczy G.: Aszfaltburkolatok I.; Tankönyvkiadó, Budapest (1968)
- D. N. Little; J. C. Petersen: Unique effects of hydrated lime filler on the performance-related properties of asphalt cements: physical and chemical interactions revisited; *Journal of Materials in Civil Engineering*, Vol. 17. No. 2., pp. 207–218 (2005)
- W. Grabowski, J. Wilanowicz: The structure of mineral fillers and their stiffening properties in filler-bitumen mastics; *Materials and Structures*, Vol. 41. pp. 793–804 (2008)
- J. Chen: Rheological properties of asphalt-mineral filler mastics; *Journal of Materials, Concrete Structures and Pavements*, Vol. 36. No. 571. pp. 269–277 (1997)
- Nemesdy E., Ambrus K., Pallós I., Török K.: Az aszfaltkeverékek mechanikai és fizikai tulajdonságának laboratóriumi vizsgálatai; BME Útlabor, Budapest (2000)
- J. Ren, S. Lu, J. Shen, C. Yu: Electrostatic dispersion of fine particles in the air; *Powder Technology*, Vol. 120, pp. 187–193. (2001)
- Géber R.: Ásványbányában keletkező sajátfiller újrahaznosítási lehetőségeinek vizsgálata útépitési alapanyagként; *Építőanyag*, Vol. 60. No. 1 pp. 19–22. (2008)
- Y. R. Kim, D. N. Little: Linear viscoelastic analysis of asphalt mastics; *Journal of Materials in Civil Engineering*, Vol. 16. No. 2. pp. 122–132 (2004)

H. Kim, J. Lee, S. Amirkhanian: Rheology investigation of crumb rubber modified asphalt binders; KSCE Journal of Civil Engineering, Vol. 14 pp. 839–843 (2010)

C. Liu, S. Wu, Q. Liu, G. Zhu: Rheological characteristics of aged asphalt binder; Journal of Central South University of Technology, Vol. 15. pp. 298–301 (2008)

Z. Vlachovicova, C. Wekumbura, J. Stastna, L. Zanzotto: Creep characteristics of asphalt modified by radial styrene–butadiene–styrene copolymer; Construction and Building Materials, Vol. 21. pp. 567–577 (2007)

Tóth Cs.: Aszfaltkeverékek mestergörbéjének meghatározása; Közlekedésépítési Szemle, Vol. 60. No. 2. pp. 14–19 (2010)

F. Merusi, F. Giuliani: Intrinsic resistance to non-reversible deformation in modified asphalt binders and its relation with specification criteria; Construction and Building Materials, Vol. 25. pp. 3356–3366 (2011)

M. L. Williams, R. F. Landel, J. D. Ferry: The temperature dependence of relaxation mechanism in amorphous polymers and other glass forming liquids; Journal of ACS, Vol. 77. pp. 3701 (1955)

Y. Zhao; Y. R. Kim: The time-temperature superposition for asphalt mixtures with growing damage and permanent deformation in compression; submitted for presentation at the 2003 TRB Annual Meeting and Publication in the Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board (2003) Board (2003)

H. Cai, A. Ait-Kadi, J. Brisson: Dynamic rheological analysis of a miscible blend showing strong interactions; Polymer, Vol. 44. pp. 1481–1489 (2003)

Géber R., Gömze A. L.: Mészköliszt és dolomit töltőanyagok hatása aszfalthabarcok reológiai tulajdonságaira; Az aszfalt, Vol. 17. No. 2 pp. 33–38. (2012)