

---

**Kerpely Antal Anyagtudományok és technológiák Doktori Iskola**

Doktori Iskola vezetője:

Dr. Roósz András

egyetemi tanár, az MTA rendes tagja



**Mészköliszt és dolomit töltőanyagok hatása  
aszfalthabarcok reológiai tulajdonságaira**

Doktori (Ph. D.) értekezés tézisei

**Géber Róbert**

okleveles anyagmérnök

Tudományos vezető:

Prof. Dr. Gömze A. László

Miskolc

2012

---

## BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉSEK

Az első ismert úthálózatot időszámításunk előtt 3000 évvel Kínában, természetes aszfalt felhasználásával előállított utakat pedig, i.e. 600 körül építettek Mezopotámiában. A hazai aszfalt utak építése a XIX. század második feléig nyúlik vissza. A Magyar Aszfalt Rt. útépítő vállalat megalapítását követően 1864-ben indult meg a döngölt aszfalt, valamint az öntött aszfalt kopórétegek gyártása és beépítése. A kor technikai adottságaihoz mérten a következő évtizedekben lassú ütemben terjedtek el az aszfaltút hálózatok. A motorizáció fejlődésének, valamint az életszínvonal növekedésének köszönhetően a korábbiakhoz képest komolyabb előrelépés csak az 1960-as években történt. Az első autópályát – az M1-es és M7-es közös szakaszát – 1964-ben építették. 2002-ig csak lassan haladt a hazai gyorsforgalmi úthálózat fejlődése: a közel 40 év alatt mintegy 500 km hosszúságú autópálya épült. Ugyanakkor 2008-ra az autópálya-építési programnak köszönhetően az autópályák hossza majdnem megduplázódott, 911 km hosszúságú gyorsforgalmi úthálózat készült el, az autóút-hálózat pedig jelentősen, közel négyszeresére bővült.

Az aszfaltanyagok készítéséhez a bitumen kötőanyag mellett pontos receptúra szerint adagolt, különböző szemcse nagyság szerint osztályozott (*zúzalék, homok, töltőanyag*) ásványi anyagokra van szükség. Magyarország földrajzi adottságainak köszönhetően jó minőségű, bőséges ásványkincsekkel rendelkezik, melyek kiválóan alkalmazhatóak az építőipar számos területén.

Aszfalttechnológiai szempontból az ásványi anyagok szemmegoszlása kiemelt fontosságú, különösképpen nagy hangsúlyt kell fektetni a legfinomabb frakcióra, a töltőanyagra (*filler*). Ez a 0,063 mm-es szemcseméretnél finomabb anyagalmaz fontos alkotórésze a burkolatnak, mivel bitumennel keverve (*aszfalthabarc*) stabilizáló szerepet tölt be, és egyfajta aktív komponensként növeli az útpályaszerkezet merevségét. A töltőanyag ásványi összetétele, morfológiája, felületi tulajdonságai, granulometrikus összetétele, valamint mennyisége egyaránt befolyásolják a burkolat tulajdonságait, így az élettartamát. A különböző típusú ásványi anyagok alkalmazása a földrajzi adottságoknak köszönhetően országonként eltérő. Jelenleg is zajlanak kutatások a természetes állapotukban előforduló töltőanyagok egyéb alternatív adalékanyagok általi kiváltására.

Az aszfaltburkolatok egyik tipikus tönkremeneteli jelensége a keréknyomvályú. Ennek oka a nyári üzemi hőmérsékleten forgalom hatására keletkező húzó- és nyomófeszültségekben keresendő. A mechanikai feszültségek hatására bekövetkező alakváltozás nagysága függ a

hőmérséklettől, a bitumen reológiai/folyási tulajdonságaitól, az aszfalt ásványi vázának belső súrlódásától, valamint a kerékterhelés nagyságától és sebességétől.

A fentiek alapján belátható, hogy az aszfalttechnológiai kutatások irányai széleskörűek, az egyre jobb minőségű burkolatanyagok fejlesztése úgy anyagtudományi, mind gazdasági jelentőségű. Ezeket szem előtt tartva kutatómunkám során az alábbi célokat tűztem ki:

- A hazai aszfaltútépítésben elterjedten használt ásványi töltőanyag (*BAUMIT mészköliszt, alsózsolcai üzem; származási hely: Mexikóvölgy*), valamint ennek esetleges kiváltására, a jelenlegi mennyiségének csökkentésére szánt – de tulajdonságait tekintve a mészköliszthez hasonlító – ásványi anyag (*Saint-Gobain Weber-Terranova dolomit<sup>1</sup>; származási hely: Pilisvörösvár*) hasznosíthatósági lehetőségeit kívánom feltárni.
- Mivel a bitumen és az ásványi töltőanyag közötti kölcsönhatás erőssége az alkotórészek anyagtulajdonságaitól függenek, ezért szükségesnek tartom az alapanyagok átfogó vizsgálatát. A töltőanyagok ásványtani, fizikai, termikus, morfológiai és felületi tulajdonságainak feltérképezése mellett a bitumen összetételének és termikus tulajdonságainak vizsgálatát kívánom elvégezni, melyek hozzájárulnak az aszfaltkeverékekben betöltött szerepük, hatásmechanizmusuk megértéséhez.
- A két töltőanyag, valamint egy széleskörűen alkalmazott útépítési bitumen (*B 50/70 Százhalombatta, MOL*) felhasználásával aszfalthabarc-keverékeket kívánok elkészíteni, melyek komplex reológiai (*statikus és dinamikus*) vizsgálatai hozzájárulnak a nyomvályúsodás, mint jellemző tönkremeneteli jelenség okának megértéséhez.
- Fel kívánom tárni az aszfalthabarcok reológiai viselkedését leíró anyagmodelleket és meghatározni azok modellparamétereit, valamint viszkoelasztikus tulajdonságait.

A reológiai vizsgálatok nagymértékben hozzájárulnak a hazai aszfaltburkolatok forgalom hatására végbemenő viselkedésének tanulmányozásában. Az eredményekkel jól modellezhetőek mind a nyári üzemi hőmérsékleten, forgalom hatására bekövetkező tönkremeneteli jelenségek, mind pedig az aszfaltkeverékek bedolgozása során fellépő folyamatok is.

---

<sup>1</sup>Kutatási tevékenységem során egy korábban publikált cikkem felkeltette az érdeklődését a Saint-Gobain Weber-Terranova Kft.-nek, amely vakolatanyagok előállítására céljából használ fel nagy mennyiségű dolomitot. A megkeresés célja a cég által felhasznált dolomitörlemény aszfalt töltőanyagként történő alkalmazhatóságának vizsgálata volt. A kutatási projekt eredményei arra ösztönöztek, hogy további vizsgálatokkal feltárjam a dolomit bitumennel kialakított kapcsolatát és az aszfalthabarcban betöltött szerepét.

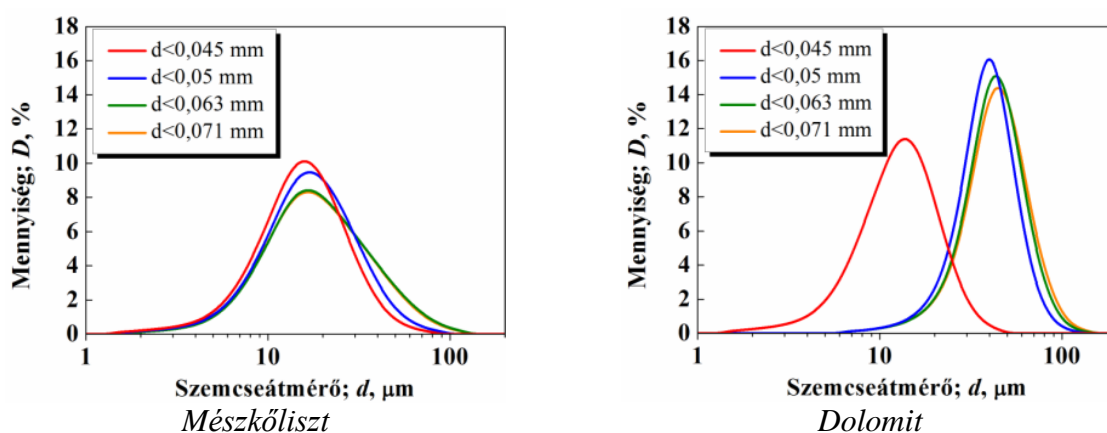
## AZ ELVÉGZETT VIZSGÁLATOK RÖVID ÖSSZEFOGLALÁSA

Az aszfalthabarc az aszfaltbetonok legfontosabb alkotórésze, mely a teherbírást nagymértékben elviselő durva szemcsék közötti kapcsolat kialakítását, valamint a burkolat szilárdságát és merevségét befolyásolja. Mivel a bitumen és az ásványi töltőanyag közötti kölcsönhatás erőssége az alkotórészek anyagtulajdonságaitól függenek, ezért vizsgálataimat két részre bontottam, az alapanyagok (*töltőanyag, bitumen*) és aszfalthabarcok elemzésére.

Kutatásaim során két – Magyarországon nagy mennyiségben előforduló – kőzet (*mészke és dolomit*) porrá őrölt változatát tanulmányoztam. Mivel az ásványi anyagokat a későbbiek során az aszfalthabarc-keverékek elkészítéséhez is felhasználtam – megfigyelve ezzel a töltőanyag típusának, szemcseméretének és térfogatarányának hatását –, ezért körültekintően kellett kiválasztanom a megfelelő frakciókat. Figyelembe kellett vennem természetesen az ipari követelményeket is, ugyanakkor fontosnak tartottam azt is, hogy a szemcseméret hatása kellőképpen megfigyelhető legyen.

A zsákolt formában, ömlesztett állapotában rendelkezésemre álló *mészkölisztet* és *dolomitot*<sup>2</sup> szabványos szitasor alkalmazásával 4 frakcióra osztályoztam ( $d < 0,071$  mm,  $d < 0,063$  mm,  $d < 0,05$  mm és  $d < 0,045$  mm), melyeken ásványtani, szemcseszerkezeti, felületi, termoanalitikai és anyagszerkezeti vizsgálatokat végeztem el.

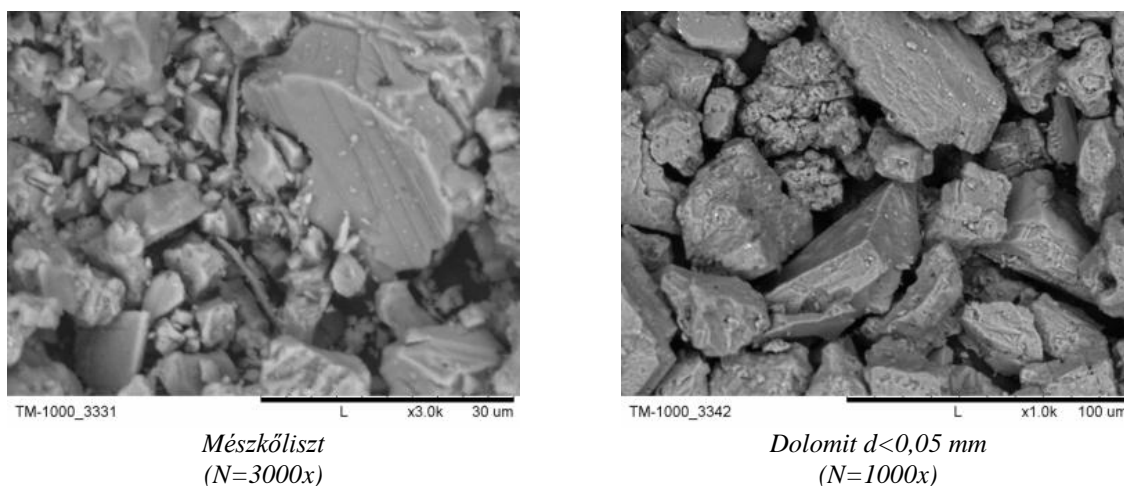
Kimutattam, hogy a töltőanyagok ásványi összetételüket tekintve szennyeződésektől mentes, tiszta anyagok ( $CaCO_3$ , illetve  $CaMg(CO_3)_2$ ). Az anyagokból különböző szemcseméretű frakciókat képeztem, szemcseeloszlásukat meghatározva pedig megállapítottam, hogy ezek az anyagok olyan polidiszperz rendszerként jellemezhetőek, amelyek frakciónként eltérő mennyiségben tartalmaznak finom és durva szemcséket is (1. ábra).



1. ábra. A töltőanyagok egyes frakcióinak gyakorisági görbéi

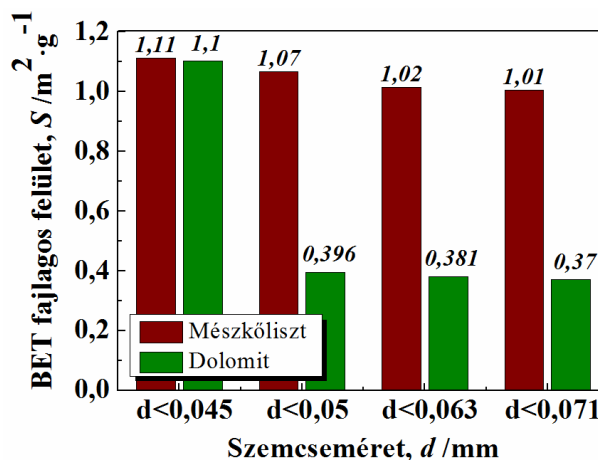
<sup>2</sup>Mivel a dolomitot a gyártó két különböző szemcseméretű, előzetesen már frakcionált kiszerezésben ( $d < 0,3$  mm, illetve  $d < 0,045$  mm) forgalmazza, így a vizsgálatok során számomra is ebben a formában állt rendelkezésre.

Anyagszerkezeti vizsgálatokkal feltártam a töltőanyagok alaktani sajátosságait. Megállapítottam, hogy a szemcsék alakja változatos, az ipari aprítási folyamatok következtében a töretfelületei éles határokkal tagoltak, melyek a köváz és burkolat belső sűrűlódását 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 jeleket figyeltem meg (2. ábra).



2. ábra. A mészköliszt és a dolomit mikroszerkezete

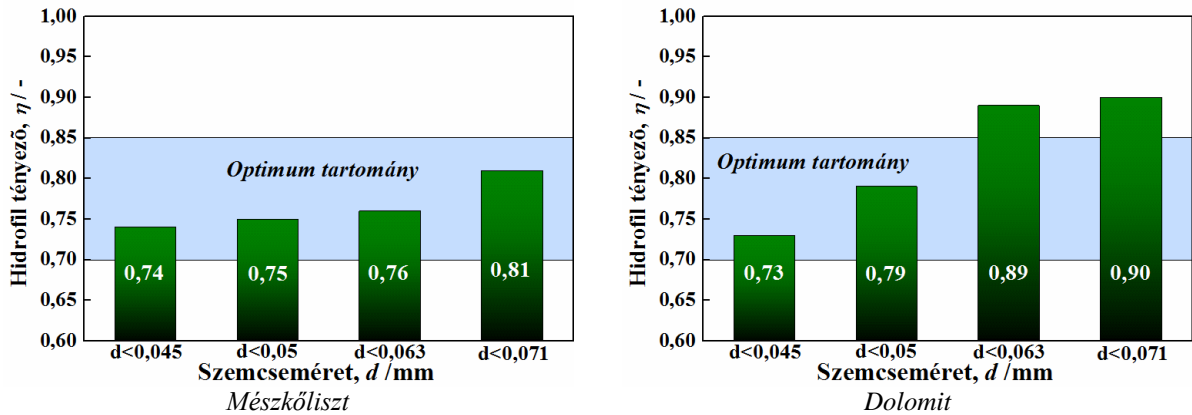
Kimutattam, hogy az egyes frakciók szemcseeloszlása, a finom és a durva szemcsék mennyisége minden esetben befolyásolja az egyes anyagtulajdonságokat. Az egyes frakciók szemcseméretének csökkenése, a finom szemcsék mennyiségének növekedése a fajlagos felület növekedését eredményezte. A nagyméretű szemcsék felülete fajlagosan kicsi, a finom szemek nagyszámú jelenléte pedig a felületet növelte (3. ábra).



3. ábra. A töltőanyagok BET-féle fajlagos felülete

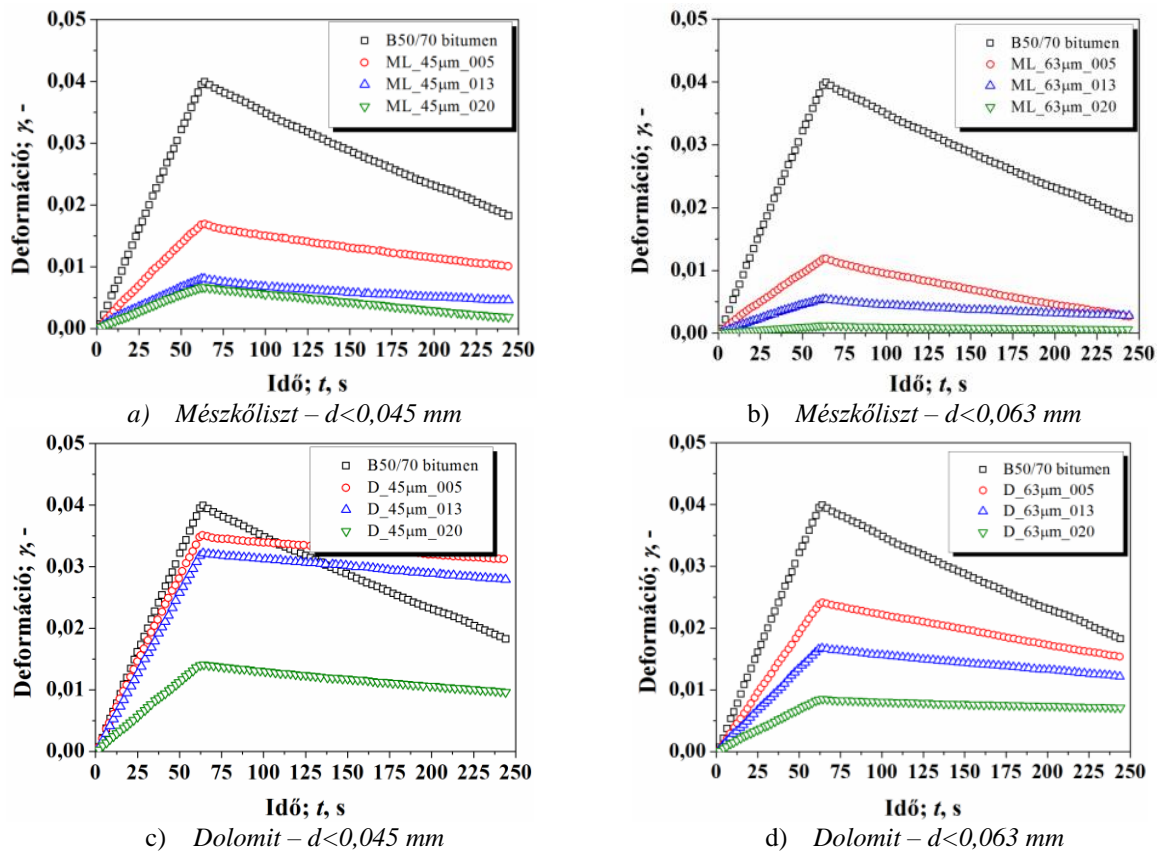
A bitumen–ásványi anyag kölcsönhatás tanulmányozásához olyan adszorpciós vizsgálatot végeztem el, amely a töltőanyagok hidrofilitásának, azok hidofil tényezőinek meghatározására irányult. A vizsgálatok kimutatták, hogy mindkét ásványi töltőanyag hidrofób tulajdonságú. Jó alkalmazhatóságukat jelzi, hogy az egyes frakciók hidrophil tényezőinek értékei – két kivételtől eltekintve – az optimum tartományba estek. A szemcseméret hatását a finom rész aránya erősen befolyásolta, ugyanis azok jelenléte a

hidrofil tényező értékét csökkentette, míg a nagyobb szemcsék előfordulása nagyobb hidrofilítást eredményezett (4. ábra).



4. ábra. A töltőanyagok hidrofil tényezői

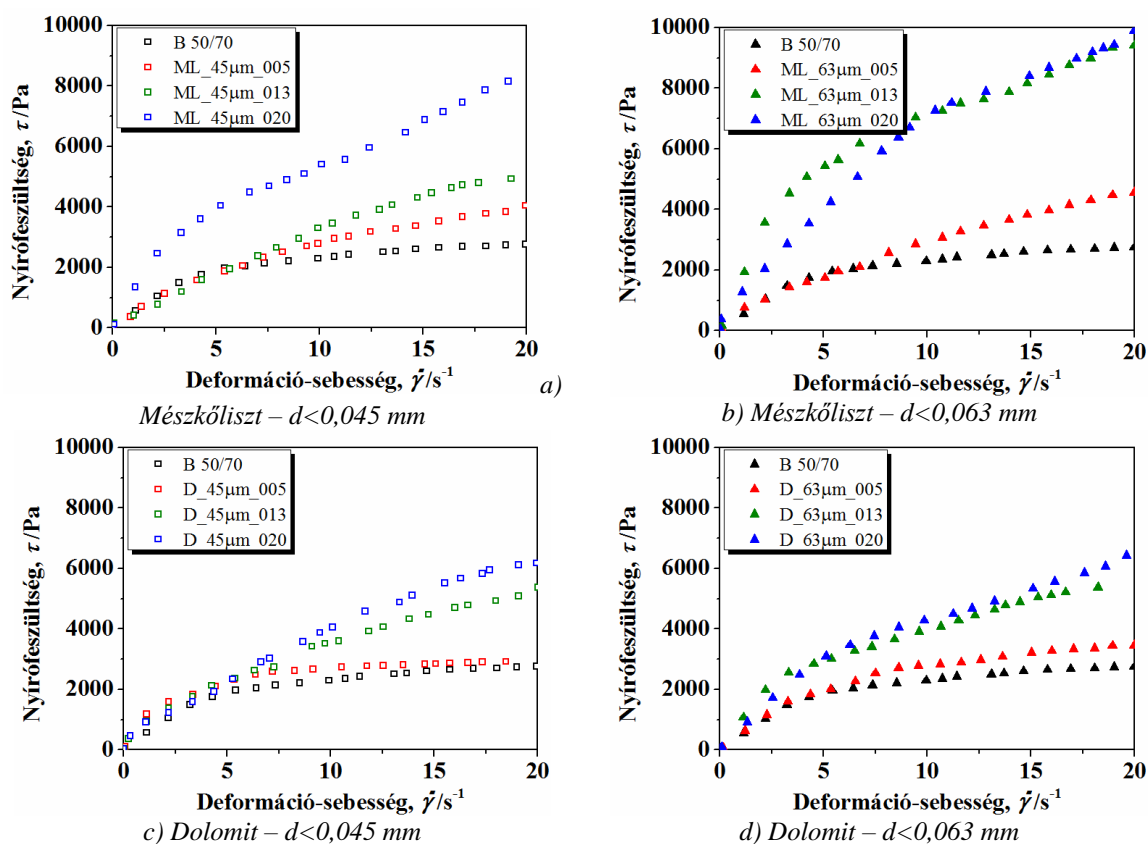
A töltőanyagok felhasználásával olyan aszfalthabarcok keverékeit készítettem, amelyekben egyidejűleg tanulmányozható az ásványi anyagok típusának, szemcseméretének és mennyiségének (*töltőanyag/habarc* térfogatarányának) hatásmechanizmusa. A habarcson reológiai vizsgálatokat végeztem el, amelyekkel jellemezhetőek az aszfaltburkolatok nyári viselkedése. Az alkalmazott mérés technikai módszerekkel céltom a nyomvályúsodás, mint jellegzetes burkolati hibajelenség okainak feltárása volt.



5. ábra. Aszfalthabarcok összesített kúszás-visszaalakulás diagramjai ( $T=60$  °C)

A statikus kúszás–visszaalakulási tulajdonságok elemzése során a négyparaméteres *Burgers-modellel* sikerült leírnom a habarcok viselkedését, a modell paramétereit pedig számszerűleg is meghatároztam. Az eredmények (5. ábra) tekintetében azt is megállapítottam, hogy a habarcokban jelen lévő durva szemcsék minden esetben növelik a keverékek rugalmasságát, csökkentve így a terhelés hatására kialakuló deformáció, illetve a visszaalakulás során maradó deformáció mértékét. Feltártam azt is, hogy a mészköliszt felhasználása során az anyagrendszerben minden esetben kisebb deformációk alakultak ki, amely arra utal, hogy ez az ásványi anyag erősebb kapcsolatot képes létrehozni a kötőanyaggal.

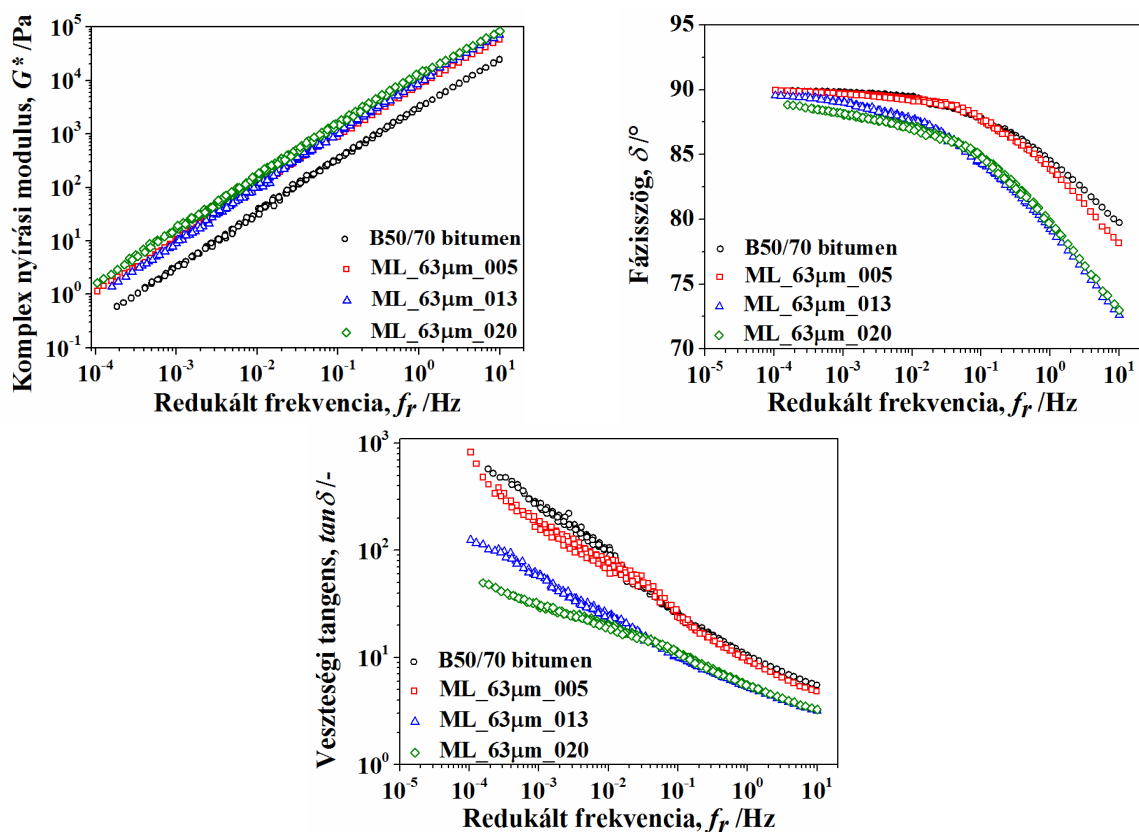
Az aszfaltkeverékek beépítése és a burkolatok nyári üzemszerű használata során fellépő folyási jelenségek tanulmányozása érdekében meghatároztam a habarcok valódi folyás-, és viszkozitásgörbéit. Mivel a keverékek folyáshatárral is rendelkeznek, ezért megállapítottam, hogy a keverékek viszkoelasztikus jellege mellett bizonyos mértékű plaszticitás is jelen van az anyagrendszerben. Ennek figyelembe vételével a vizsgált hőmérsékleti tartományokban két reológiai modellel jellemeztem a keverékeket. Bizonyítottam, hogy az alacsonyabb vizsgálati hőmérsékleteken a habarcok pszeudoplasztikus anyagként viselkedtek, és a *Herschel-Bulkley-féle* modellel voltak leírhatóak. Azt is megállapítottam, hogy a magasabb vizsgálati hőmérsékleteken az anyagok *Bingham-féle* anyagként viselkedtek.



6. ábra. Aszfalthabarcok összesített valódi folyásgörbéi ( $T=60^\circ C$ )

A mérési eredményekkel alátámasztottam, hogy a töltőanyagok mennyiségének és szemcseméretének növelése a pszeudoplasztikus jelleget erősíti, ugyanakkor a legmagasabb vizsgálati hőmérsékleten – ami az aszfaltburkolatok beépítési hőmérséklete is egyben – a habarcok kivétel nélkül *Bingham-anyag*ként jellemezhetőek.

Dinamikai vizsgálatok segítségével feltártam az aszfalthabarcok hőmérséklettől és terheléstől való függését, majd a vizsgálati eredmények ismeretében megszerkesztettem azok mestergörbéit, melyekkel az aszfalthabarcokban felhasznált töltőanyagok merevítő hatását tanulmányoztam. A szemcseméret és mennyiség növelése esetén dominánsabbak lesznek a rugalmas tulajdonságok, amelynek következtében nő a merevítő hatás. Megállapítottam, hogy a mészkőliszt-bitumen közötti erős kölcsönhatás következtében a merevség minden esetben nagyobb mértékű, mint a dolomit alkalmazásakor.



7. ábra. Összesített mestergörbék (Mészköliszt,  $d < 0,063$  mm)

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 deformációval szembeni ellenállásuk növelhető, végső soron pedig csökkenthető a nyomvályúsodás kialakulásának lehetősége.



**AZ ÉRTEKEZÉS TÉZISEI, ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK**

1. Megállapítottam, hogy a légszáraz állapotú mészköliszt (*Mexikóvölgy*) és dolomit (*Pilisvörösvár*) ásványi töltőanyagok hidrofilitása a töltőanyag szemcsék méretétől és azok mennyiségétől függő anyagtulajdonság. Kimutattam, hogy minél nagyobb a finom szemcsék mennyisége az anyagalmazban, annál kisebb a töltőanyagok hidrofil tényezője, azaz annál inkább hidrofób tulajdonságúak.
2. Kimutattam, hogy a B50/70 típusú bitumen (*Százhalombatta, MOL*) és a különböző szemcseméretű és térfogatarányú (*Töltőanyag/Habarc arány, a továbbiakban T/H arány*) mészköliszt és dolomit felhasználásával készített aszfalthabarcok  $T=60\text{ °C}$ -on,  $\tau=1\text{ Pa}$  konstans nyírófeszültség hatására  $t_1=60\text{ sec}$  terhelési idő és  $t_2=180\text{ sec}$  visszaalakulási idő alkalmazása esetén viszkoelasztikus anyagrendszerként viselkednek, és a terhelés hatására kialakuló deformációik jól leírhatóak a négyparaméteres *Burgers-modellel*. Számszerűleg meghatároztam az aszfalthabarc-keverékek kúszási és visszaalakulási szakaszaira illeszthető reológiai anyagmodell paramétereit.
3. Az B50/70 típusú bitumen, a mészköliszt és a dolomit felhasználásával készített aszfalthabarcok kúszás–visszaalakulás vizsgálatával kimutattam, hogy a deformációval szembeni ellenállás, a visszaalakult hányad és maradó alakváltozás mértéke a bitumen rugalmasságától, a töltőanyagok szemcseméretétől és a T/H aránytól egyaránt függő anyagjellemzők.
  - a. Kísérleti úton bizonyítottam, hogy – az ásványi anyag típusától függetlenül – az aszfalthabarcok teljes deformációját a  $d<0,063\text{ mm}$ -es frakció (*a továbbiakban: durva frakció*) lényegesen nagyobb mértékben csökkenti, mint a  $d<0,045\text{ mm}$ -es frakció (*a továbbiakban: finom frakció*). A habarcok teljes deformációjának legnagyobb mértékű csökkenését a  $d<0,063\text{ mm}$  frakciójú mészköliszt felhasználásával értem el.
  - b. Mérésekkel igazoltam, hogy a finom frakció térfogatarányának növelése egységnyi térfogatban csökkenti a szabad bitumen mennyiségét, melynek következtében egy olyan erősebb kölcsönhatás alakul ki a szemcsék és a bitumen között, amely erősíti az aszfalthabarcok rugalmas tulajdonságát, ezáltal megnövelve az aszfalthabarcok visszaalakult hányadát.

- c. Megállapítottam, hogy a durva frakciójú töltőanyagok felhasználásával készített aszfalthabarcok T/H arányának növelése esetén egységnyi térfogatban csökken a bitumen mennyisége, így nagymértékben visszaszorul annak rugalmas jellege is. Emiatt a habarcok visszaalakulását már nem a bitumen rugalmassága, hanem a szemcsék egymással kialakított kölcsönhatása fogja befolyásolni, amelynek következtében csökken a visszaalakulás mértéke.
4. A  $T=60^{\circ}\text{C}$  és  $T=135^{\circ}\text{C}$  között,  $15^{\circ}\text{C}$ -os lépcsőkben (a továbbiakban: vizsgálati hőmérsékletek) és különböző deformáció-sebesség tartományokban ( $\dot{\gamma}=0-200\text{s}^{-1}$ ) elvégzett rotációs nyíróvizsgálatokkal kísérleti úton bizonyítottam, hogy a vizsgált aszfalthabarcok plasztikus folyáshatárral rendelkező viszkoelasztikus anyagrendszerek. Meghatároztam a habarcok valódi folyásgörbéit, valamint kiszámítottam azok viszkozitásgörbéit, melyek alátámasztják, hogy reológiai szempontból az aszfalthabarcok a hőmérséklet és deformáció-sebesség függvényében a *Herschel–Bulkley*-, valamint a *Bingham*-anyagmodellel írhatóak le.
- a. Mérésekkel igazoltam, hogy az aszfalthabarcok  $\tau_0$  folyáshatára adott hőmérsékleten a T/H arány növelésével tendenciózusan növekszik, a hőmérséklet emelkedésének hatására pedig csökken. A mészkőliszttel készített aszfalthabarcok folyáshatárai minden esetben magasabbak, mint a pilisvörösvári dolomit felhasználása esetén.
- b. T/H =0,05 arány esetén és alacsony vizsgálati hőmérsékleten ( $T=60^{\circ}\text{C}$  és  $T=75^{\circ}\text{C}$ ) szemcsemérettől függetlenül az aszfalthabarcok pszeudoplasztikus viselkedésűek, és a *Herschel–Bulkley*-modellel írhatóak le. A hőmérséklet és a deformáció-sebesség növelése esetén a habarcok *Bingham*-anyagként jellemezhetőek.
- c. A töltőanyagok szemcseméretének, valamint a T/H arány növelése a habarcok pszeudoplasztikus jellegét erősíti.  $T=135^{\circ}\text{C}$ -on a habarcok minden esetben *Bingham*-anyagként viselkednek.
- d. A viszkozitásgörbék meghatározásával bizonyítottam, hogy a mészkőliszt és a dolomit felhasználása minden esetben növeli az aszfalthabarcok dinamikai viszkozitását, azonban nem akkora mértékben, hogy az nehezítené a felhasználásukkal készített aszfaltkeverékek beépítését.

5. Dinamikus frekvenciafüggő vizsgálatok segítségével a vizsgálati hőmérsékleteken feltártam az aszfalthabarcok viszkoelasztikus anyagjellemzőit, melyek ismeretében  $T_0=60^\circ\text{C}$ -on megszerkesztettem azok paramétereinek mestergörbéit.
- A vizsgálati hőmérsékleteken statikus kúszásvizsgálattal megállapítottam az aszfalthabarcok nullviszkozitását, melyek alapján meghatároztam azok  $a_T$  eltolási tényezőit. Az eltolási tényezők segítségével kiszámítottam a WLF-egyenlet aszfalthabarcokra jellemző  $C_1$  és  $C_2$  anyagállandóit.
  - Kísérleti úton feltártam az aszfalthabarcok lineárisan viszkoelasztikus tartományát (*LVE*), majd ezen a tartományon belül maradva a vizsgálati hőmérsékleteken,  $f=0,1$  Hz és  $10$  Hz közötti frekvenciatartományban meghatároztam a habarcok viszkoelasztikus anyagjellemzőit ( $G'$ , *tárolási modulusz*;  $G''$ , *veszteségi modulusz*;  $G^*$ , *komplex nyírési modulusz*,  $\delta$ , *fázisszög és tan $\delta$ , veszteségi tangens*).
  - A viszkoelasztikus paraméterek és az eltolási tényezők ismeretében  $T_0=60^\circ\text{C}$ -on megszerkesztettem a mészköliszt és a dolomit felhasználásával készített aszfalthabarcok mestergörbéit.
  - A modulusz-, fázisszög- és veszteségi tangens mestergörbékkel bebizonyítottam, hogy a töltőanyagok szemcseméretének és mennyiségének növelése esetén a habarcok rugalmas tulajdonságai lesznek dominánsabbak, amelynek következtében nő azok merevítő hatása is. Az eredményekkel alátámasztottam, hogy a mészköliszt-bitumen közötti erős kölcsönhatás következtében a merevség minden esetben nagyobb mértékű, mint a dolomit felhasználásakor.

## AZ EREDMÉNYEK HASZNOSÍTHATÓSÁGA

Kutatási eredményeim egyaránt hasznosíthatóak mind oktatási, kutatási, mind pedig ipari felhasználás céljából. A disszertációban részletesen bemutatott mérés-technikai módszerek és kiértékelési metódusok a szilikástechnológus képzés gyakorlati segédleteinek alapjaiul szolgálhatnak, elősegítve a hallgatók elméleti és gyakorlati képzését. Az alkalmazott reológiai vizsgálati módszerek jelenleg is mind a B.Sc., mind pedig az M.Sc. képzésben részt vevő hallgatók gyakorlati oktatását segíti.

Az aszfalthabarcokon, mint „polimer-kerámia” kompozit anyagrendszereken elvégzett vizsgálatok eredményei alapján szerzett ismeretek hozzájárulnak a Miskolci Egyetem Kerámia- és Polimermérnöki Intézete által oktatott szakirányos hallgatók képzéséhez is.

A hazai ásványkincsek megfelelő arányú felhasználásával olyan burkolatok tervezhetőek, amelyeknek magas üzemi hőmérsékleteken csökkenthető nyomvályúsodási hajlama, növelhető merevsége, a jobb bitumen–töltőanyag kölcsönhatás miatt pedig nagyobb szilárdság és élettartam érhető el.

## MELLÉKLET

1. táblázat. A reológiai vizsgálatokhoz használt aszfalthabarc keverékek jelölése és összetétele

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

## A TÉMÁBAN MEGJELENT LEGFONTOSABB PUBLIKÁCIÓK

1. **R. Géber**, L. A. Gömze: *Characterization of mineral materials as asphalt fillers*; Materials Science, Testing and Informatics V., Trans Tech Publication, pp. 471–476. (2010)
2. **R. Géber**, L. A. Gömze: *Investigation of hydrophilic and hydrophobic properties of different mineral fillers for asphalt mixtures*; Proceedings of the 11<sup>th</sup> ECERS Conference, Kraków, p. 945–950. (2009)
3. L. A. Gömze, **R. Géber**, L. N. Gömze: *Investigation of rheo-mechanical properties of asphalt mixtures as function of temperatures and pressures*; Proceedings of the 11<sup>th</sup> ECERS Conference, Kraków, p. 1122–1126. (2009)
4. **R. Géber**, L. A. Gömze: *Examination of the "Pilisvörösvár" dolomite filler as aggregate material for asphalts*; MicroCAD International Scientific Conference, Kiadvány, p. 25–30. (2009)
5. L. A. Gömze, **R. Géber**, J. Csányi Tamásné: *The effect of temperature and composition to the rheological properties of asphalt mixtures*; Materials Science Forum, Vol. 589. pp 85–91. (2008)

6. **R. Géber, L. A. Gömze:** *Utilization of mineral asphalt fillers in the hungarian road construction*; 2<sup>nd</sup> International Congress on Ceramics (*CD Proceedings*), Verona (2008)
7. **Géber R.:** *Ásványbányában keletkező sajátfiller újrahaznosítási lehetőségeinek vizsgálata útépítési alanyként*; *Építőanyag*, 60. évfolyam, 1. szám, p. 19-23. (2008)
8. **R. Géber, L. A. Gömze:** *Comparison examination of andesite fillers used in road construction*; *MicroCAD International Scientific Conference*, Kiadvány, p. 29–34. (2008)
9. **Géber R.:** *Aszfalt fillerek kiválasztása hidrofíl tulajdonságaik alapján*; *Építőanyag*, 59. évfolyam 3. szám, p.73-77. (2007).

## A TÉMÁBAN ELHANGZOTT ELŐADÁSOK

1. **R. Géber, L. A. Gömze:** *Examination of the "Pilisvörösvár" dolomite filler as aggregate material for asphalts*, *MicroCAD 2009 International Scientific Conference* (2009)
2. **Géber R.:** *Comparison examinations of mineral fillers used as base materials in road construction*, PhD hallgatók Anyagtudományi Napja IX., Veszprém (2009)
3. **Géber R.:** *A hőmérséklet és a mechanikai igénybevétel hatása az aszfaltkeverékek reológiai tulajdonságaira*, PhD hallgatók Anyagtudományi Napja VIII., Veszprém (2008)
4. **Géber R., Gömze A. L.:** *Comparison examination of andesite fillers used in road construction*, *MicroCAD 2008 International Scientific Conference* (2008)
5. **Géber R., Gömze A. L.:** *Útépítésben használt andezit fillerek mikroszerkezeti és élettartam vizsgálatai*, X. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia, Nagyszeben (2008)
6. **R. Géber, L. A. Gömze:** *Utilization of mineral asphalt fillers in the hungarian road construction*, 2<sup>nd</sup> International Congress on Ceramics, Verona (2008)
7. **Gömze A. L., Géber R.:** *A hőmérséklet és az anyagösszetétel hatása aszfalt útburkolatok reológiai tulajdonságaira*; IX. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia. Buziásfürdő, Románia (2007)
8. **Gömze A. L., Géber R.:** *A mechanikai feszültségek terhelés utáni relaxációja az aszfalt útburkolatok anyagában*; IX. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia. Buziásfürdő, Románia (2007)
9. **R. Géber:** *Investigation of mineral fillers for the utilization opportunities in the road construction*, *The Seventh Students' Meeting*, Novi Sad (2007)
10. **Géber R.:** *Aszfaltkeverékekben felhasznált ásványi töltőanyagok kiválasztása hidrofíl tulajdonságok összehasonlítása alapján*, PhD Hallgatók Anyagtudományi Napja VII., Veszprém (2007)
11. **Géber R.:** *Ásványi töltőanyagok kiválasztása és felhasználása aszfaltkeverékekben*, *Doktoranduszok Fóruma*, Miskolc (2007)