



# Útügyi lapok

# 8

*Cikk*

## Tömörégi fok átszámítása az egyszerűsített- és módosított Proctor-vizsgálatok között

Szerző(k) **Subert István**

*Kivonat*

*A BC dinamikus tömörésgmérés K+F háttér tanulmányai keretében kidolgoztunk egy olyan módszert, mellyel a B&C dinamikus SP-LFWD mérőberendezéssel mért módosított Proctor tömörégi fokból az egyszerűsített Proctor szerinti tömörégi fok is mérhető. Ennek egyik lehetősége az átszámítás, a másik a kevesebb ejtésszám. A két módszer vizsgálata szerint előnyösebb annak választása, hogy a hagyományosan, a módosított Proctor szerinti munkavégzéssel meghatározott mérési eredményt átszámítjuk az egyszerűsített Proctorra, a  $\beta$  tényező alkalmazásával. A transzponálás mindig csak a  $T_{rd-m}\%$ ,  $w_{opt-m}$  értékénél a  $T_{rd-s}\%$ ,  $w_{opt-s}$  értékére történhet és az egyszerűsített Proctor helyszíni relatív tömörségét már a  $T_{rw-s}$*

*egyszerűsített Proctor nedvességkorrekciós együtthatójának figyelembe vételével kell számítani, a méréskor tapasztalt helyszíni víztartalomra.*

## 1. Bevezető, előzmények

A tömörség a legfontosabb minőségi jellemző a teherbírás mellett a mélyépítésben. A tömörség esetében hagyományosan a mért helyi nedves sűrűségből a víztartalom ismeretében számítjuk a száraz sűrűséget, majd ezt viszonyítjuk egy kiválasztott viszonyítási sűrűséghez, százalékban megadva.

A viszonyítási sűrűség meghatározására ( $\rho_{dmax}$ ) Magyarországon a módosított Proctor vizsgálat, de például Németországban több előírásban az egyszerűsített Proctor vizsgálat szerepel. Az alkalmazott tömörségmérések általában közvetett módon, a sűrűség mérésén alapulnak, mint amilyen a homok-kitöltéses, a víztérfogat-méréses, vagy az izotópos sűrűségmérés. Újabban más viszonyítási sűrűségek is ismeretesek és szabványosak lettek, mint a vibrosajtolásos, vibrokalapácsos, vagy vibroasztalos szabványos európai vizsgálati módszerek. Ezek összefüggése a módosított, vagy egyszerűsített Proctor vizsgálatokkal még nem ismeretes, de modellhatásuk jelentősen eltér a laboratóriumi döngölős tömörítéstől.

A dinamikus tömörségmérés elmélete nem a viszonyítási sűrűséget használja fel, hanem a Proctor-görbe normalizált ( $\rho_{dmax}$ -szal elosztott) alakját alkalmazza, mint nedvesség korrekciós együtthatót. Az anyag (talaj) vízérzékenységi jellemzőjét a görbület tükrözi (nem a  $\rho_{dmax}$ ), ez a dinamikus tömörségmérés egyik gyakorlati előnye.

A dinamikus tömörségmérés 10-18 ejtés süllyedési amplitúdójával jellemzett, azaz a térfogatváltozás mérésén alapuló vizsgálati módszer, melynél a Proctor-tömörítési munkának megfelelő ütéssorozattal hajtjuk végre - az adott helyszíni víztartalom mellett - a tömörítést. A dinamikus tömörségi fok ( $T_{rd}\%$ ) a helyszíni relatív tömörség ( $T_{rE}$ ) és a nedvességkorrekciós tényező ( $T_{rw}$ ) szorzata, mely az adott nedvességtartalmú réteg helyszíni relatív tömörségi fokát az optimális víztartalom mellett létrehozható legnagyobb tömörségre átszámítva adja meg, így azonos a tömörségi fok az egyéb módon mért tömörségi fokkal.

Magyarországon a hatályos ÚT 2-1.222 „Utak és autópályák létesítésének általános geotechnikai szabályai” Műszaki előírás 4.5. pontja szabályozza a földművek építésének minőség-ellenőrzését. Az alkalmazható tömörségmérési módszerek lehetnek (4.5.1.2.pont), a kiszűrő-hengeres, üregkitöltéses, izotópos, a B&C dinamikus ejtősúlyos, penetrométeres, a statikus tárcsás dinamikus modulus, FDVK vagy CCC teljes felületű gyorsulásmérős módszerek. Ezek közül összefüggések alapján lehet következtetni a tömörségi fokra. A viszonyítási sűrűséget alkalmazzuk a kiszűrőhengeres, üregkitöltéses, vagy az izotópos módszerrel meghatározott terepi száraz sűrűségek értékeléséhez.

Magyarországon a töltéstest tömörségi követelményeinek értékeléséhez az ÚT 2-1.222 szerint viszonyítási sűrűség az MSZ-EN 13286-2 szerinti, módosított Proctor vizsgálattal meghatározott legnagyobb száraz térfogatsűrűség. Ha a tervező előírja, lehetséges a viszonyítási sűrűség meghatározása az MSZ EN 13 286-3 és MSZ EN 13 286-4, MSZ EN 13 286-5 szerinti dinamikus módszerekkel, de ehhez azonban a követelményeket (határértékeket) külön kellene meghatározni.

Fentiekből következik, hogy az MSZ 15846 (illetve a CWA15846 és az ÚT 2-2.124 ÚME) szerinti B&C dinamikus tömörség- és teherbírás vizsgálat az egyetlen, mely nem viszonyítással ad tömörségi fok eredményt. Ilyen számítás a többi módszerrel nem hajtható végre.

Jelen cikk bemutatja a B&C SP-LFWD (kistárcsás dinamikus tömörség- és teherbírás mérő) berendezéssel mért eredmények átszámításának módját, lehetőségeit, a Németországban alkalmazott egyszerűsített Proctor-vizsgálatnak megfelelő tömörségi fok értékeléshez, mely több tenderben, mint minősítési követelmény szerepel.

## 2. Tömöríthetőségi vizsgálatok

### 2.1. Módosított Proctor-vizsgálat

A módosított Proctor-vizsgálat (EN 13286-2 7.4. pont) lényege, hogy egy 10 cm átmérőjű, 12 cm (+5 cm feltét) magasságú hengerbe 5 rétegben 25-25 ütéssel talajmintát tömörítünk, 4,5 kg tömegű, 45 cm magasságból leejtett, 50 mm fejtármérőjű döngölőrúddal. A tömörítés után a feltét-gyűrűt levéve a felületet késsel lehúzzuk, majd a minta ismert térfogatából és tömegéből a nedves térfogatsűrűséget ( $\rho_n$ ) meghatározzuk. A tömörített anyagból vett minták kiszáritása után meghatározzuk a víztartalmat, majd számítjuk a tömörítéssel készített minta száraz térfogatsűrűségét:

$$\rho_d = \frac{1}{1 + \frac{w\%}{100}} * \rho_n$$

ahol:

$\rho_n$  - testsűrűség (Mg/m<sup>3</sup> vagy g/cm<sup>3</sup>);

$w\%$  - minta víztartalma (%);

$\rho_d$  - száraz sűrűség (Mg/m<sup>3</sup> vagy g/cm<sup>3</sup>);

Ezt a műveletet legalább három-öt különböző víztartalmú mintával megismételve, a kapott száraz térfogatsűrűség – víztartalom pontokat ábrázoljuk, ez a Proctor-görbe. Ennek maximuma a legnagyobb száraz térfogatsűrűség, melyhez az optimális

tömörítési víztartalom tartozik. Javasolt számítani a telítési vonalakat is, hogy a helyszínen mért víztartalmat, a réteg telítettségét és ezzel a tömöríthetőségét e szempontból is értékelni lehessen. A módosított Proctor görbe maximuma és az ehhez tartozó optimális víztartalom ( $w_{opt-m}$ ,  $\rho_{dmax-n}$ ) általában a talaj (szemcsés anyag) laboratóriumi alkalmassági vizsgálatának is része.

A Proctor munkavégzés mennyiségének számításakor a döngölő felületét kell(ene) figyelembe venni. A döngölés száma a kokilla területe és a döngölő területének hányadosa  $F1/F2=4$  miatt átlagosan 5 réteg x 5 ütés)/4=125/4=31,25 átlagos tömörítő ütésszám /cilinder a Proctor-kokilla felületére vetítve. A munkavégzés értéke a fenti adatokkal számolva módosított a Proctor-vizsgálatnál:

$$W_{mPr} = 4,5 * 0,45 * 9,81 * 31,25 = 621J$$

## 2.2. Egyszerűsített Proctor-vizsgálat

Az egyszerűsített Proctor-vizsgálat során (EN 13286-2, 7.3.pont) 10 cm átmérőjű, 12 cm magasságú hengerbe 3 rétegben 25-25 ütéssel tömörítjük a talajmintát 2,5 kg tömegű, 30,5 cm magasságból leejtett, 50 mm fejméretű döngölővel. A feltétgyűrűt levéve, a felületet késsel lehúzzuk, majd a minta ismert térfogatából és tömegéből a nedves térfogatsűrűséget meghatározzuk. A talajminta kiszáritása után számított víztartalom ismeretében meghatározzuk az egyszerűsített (standard) Proctor száraz térfogatsűrűségeket (ugyanúgy, mint a módosított Proctor-vizsgálatnál), legyen ez most jelölésében  $w_{opt-s}$ ,  $\rho_{dmax-s}$ . A döngölés száma átlagosan a kokilla-terület/döngölő terület=4 miatt  $75/4=18,75$  tömörítő ütés/cilinder. A munkavégzés az egyszerűsített Proctor vizsgálatnál tehát (ha a döngölt felületet vesszük figyelembe):

$$w_{sPr} = 2,5 * 0,305 * 9,81 * 18,75 = 140J$$

A módosított és az egyszerűsített Proctor-vizsgálat legnagyobb száraz térfogatsűrűségének aránya változó 1,03-1,15 közötti érték, a tömörítési munkavégzés aránya pedig 4,4 azaz a módosított Proctor lényegesen nagyobb a tömörítési munkavégzést alkalmaz!

## 2.3. Egyéb tömöríthetőségi vizsgálatok

Újabban már nem csak a döngölős Proctor-vizsgálatok, hanem más, vibrációs tömörítési modellt alkalmazó vizsgálati módszerek alkalmazása is megengedett Európában a viszonyítási sűrűség meghatározására. Ezek előnyei jórészt a döngölés során létrejövő szemcseaprózódás elkerülésében jelentkeznek, másrészt a talajtömörítés valós modellhatáshoz (hengerek, béka) közelebb állnak.

Ilyen vizsgálati lehetőségek: EN 13286-3 Kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú keverékek. 3. rész: A laboratóriumi viszonyítási térfogatsűrűség és a víztartalom vizsgálati módszerei. Vibrosajtolás szabályozott paraméterekkel, EN

13286-4 Kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú keverékek. 4. rész: A laboratóriumi viszonyítási térfogatsűrűség és a víztartalom vizsgálati módszerei. Vibrokalapács, és EN 13286-5 Kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú keverékek. 5. rész: A laboratóriumi viszonyítási térfogatsűrűség és a víztartalom vizsgálati módszerei. Vibroasztal.

### 3. Választott kiindulási adatok

Tanulmányunkhoz egy korábban már vizsgált iszapos homokliszt talaj vizsgálati eredményeit választottuk ki, melyre mind a módosított, mind az egyszerűsített Proctor vizsgálat egy időben készült el a Széchenyi István Egyetem Geotechnikai laboratóriumában – így megbízhatósága nem megkérdőjelezhető (1. ábra).

A módosított Proctor-vizsgálat eredményei:  $w_{opt-m} = 11,0\%$ ,  
 $\rho_{dmax-m} = 1,93g/cm^3$

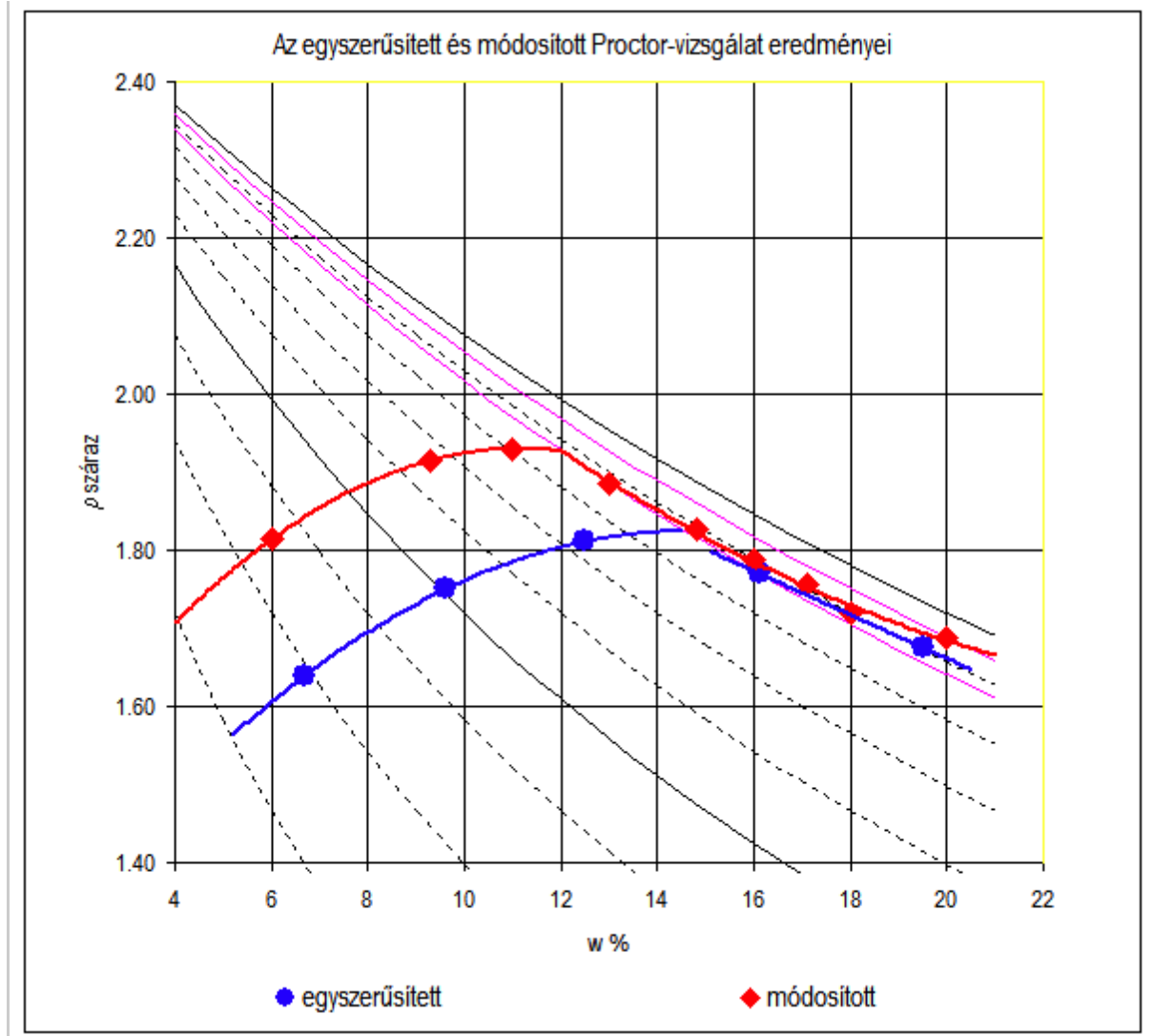
$w_m$ [%]	6,0	9,3	13,0	14,8	17,1
$\rho_{dmax-m}$ [g/cm <sup>3</sup> ]	1,814	1,912	1,885	1,803	1,722
$T_{rg-m}$ [%]	94,0	99,1	97,7	93,4	89,2
$T_{rw-m}$	0,940	0,990	0,977	0,934	0,892

Az egyszerűsített Proctor-vizsgálat eredményei:  $w_{opt-s} = 13,5\%$ ,  
 $\rho_{dmax-s} = 1,82g/cm^3$

$w_s$ [%]	6,7	9,6	12,5	16,1	19,5
$\rho_s$ [g/cm <sup>3</sup> ]	1,640	1,726	1,811	1,773	1,670
$T_{rg-s}$ [%]	90,1	94,8	99,5	97,4	91,8
$T_{rw-s}$	0,901	0,948	0,995	0,974	0,918

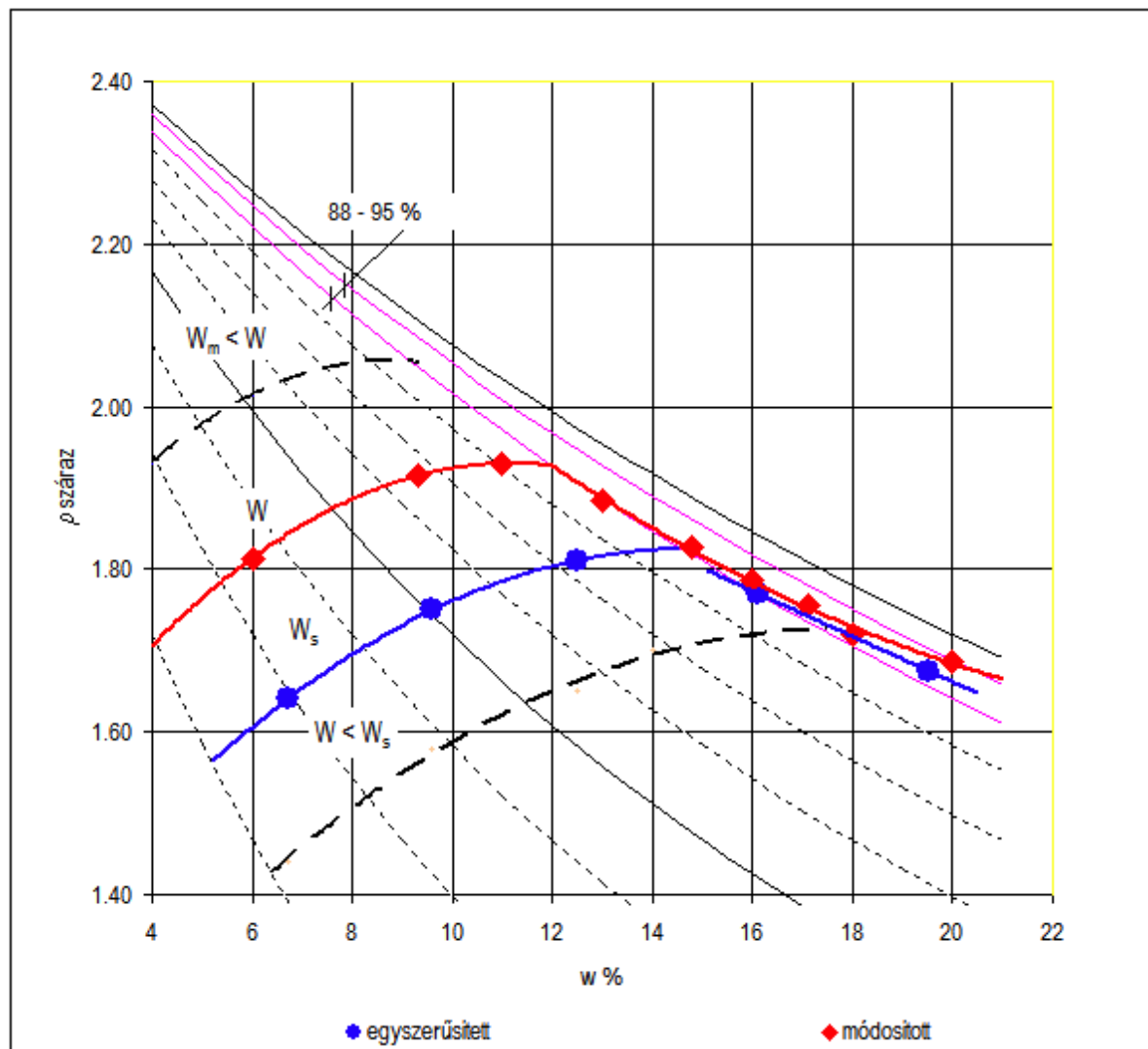
#### 1. ábra

Az egyszerűsített és módosított Proctor vizsgálatok

**2. ábra**

*Az egyszerűsített és módosított Proctor vizsgálati eredményei*

A munkavégzés nagyságának hatása jól látható a Proctor-görbék elhelyezkedéséből. A száraz ágak közel párhuzamosak, a nedves ágak mindig a telítési vonalba illeszkedők kell legyenek. Az ábrából következik, hogy az intenzívebb tömörítés esetén az ehhez szükséges (azaz optimális) víztartalom mindig csökken.



3. ábra

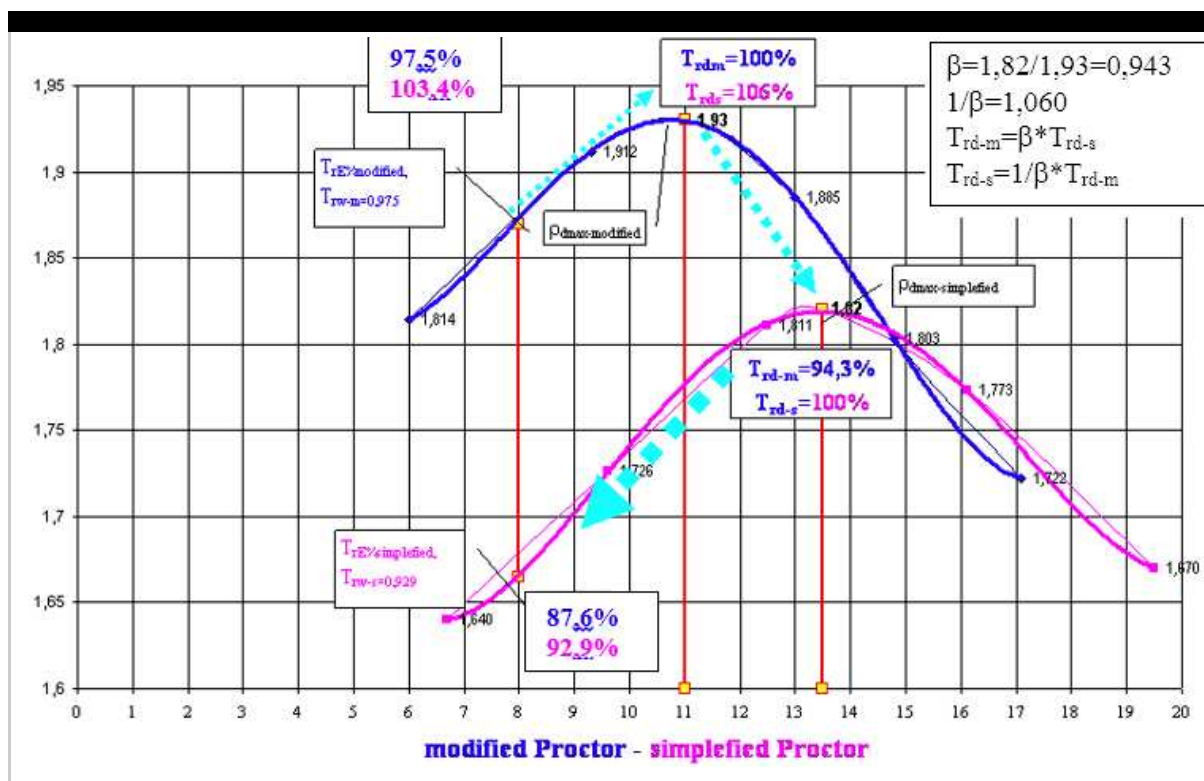
Optimális víztartalom és tömörítési munkavégzés összefüggése

A víztartalom növelésével, a nedves ágon jól láthatóan egyre kisebb tömörség érhető el. A 3. ábra szerinti jelleg Dr. Kézdi Árpád Professor szerint elemzett és leírt anyagviselkedés, melyből az is következik, hogy a jelenlegi két szint (egyszerűsített – módosított), bármikor tovább lenne bővíthető, annak csak a tömörítő gépek technikai fejlődése szab határt. Ha tehát a laboratóriumi tömöríthetőségi vizsgálatnál nagyobb munkavégzéssel tömörítünk a hengerrel, akkor a laboratóriumban megállapított

optimális víztartalomnál kisebb lesz a valós helyszíni optimális víztartalom. A jelenleg alkalmazott, egyszerűsítettnek, vagy módosítottnak nevezett tömöríthetőségi munkavégzés tehát tulajdonképpen egy választás, vagy megállapodás kérdése.

## 4. Átszámítás az egyszerűsített és módosított Proctor szerinti tömörítési fokok között

Az SP-LFWD dinamikus tömörítés- és teherbírás mérő berendezés a módosított Proctornak megfelelő munkavégzést alkalmaz, ezért az egyszerűsített Proctor-vizsgálatot alkalmazó országokban való alkalmazása ennek átszámítás nélkül korlátozott lenne.



4. ábra

Módosított és egyszerűsített Proctor átszámítása

Nincs azonban akadálya annak, hogy ezt a számítást elvégezzük, így a B&C berendezés alkalmazását is lehetővé tegyük. Az adott talaj, szemcsés réteg anyagából az alkalmassági vizsgálat során minkét Proctor vizsgálatot elvégezték. A szokásos jellemzőket és a nedvességhorrekciós görbét ebből mindkettőre meghatározzuk. Az ábrákon és képletekben az egyszerűsített Proctor jellemzőknél „s” (simplified), míg a módosítottnál „m” (modified) indexet alkalmaztuk. Az átszámítási szorzót a két Proctor vizsgálatból kapott legnagyobb száraz sűrűségek aránya adja:



$$\beta = \frac{\rho_{dmax-s}}{\rho_{dmax-m}}$$

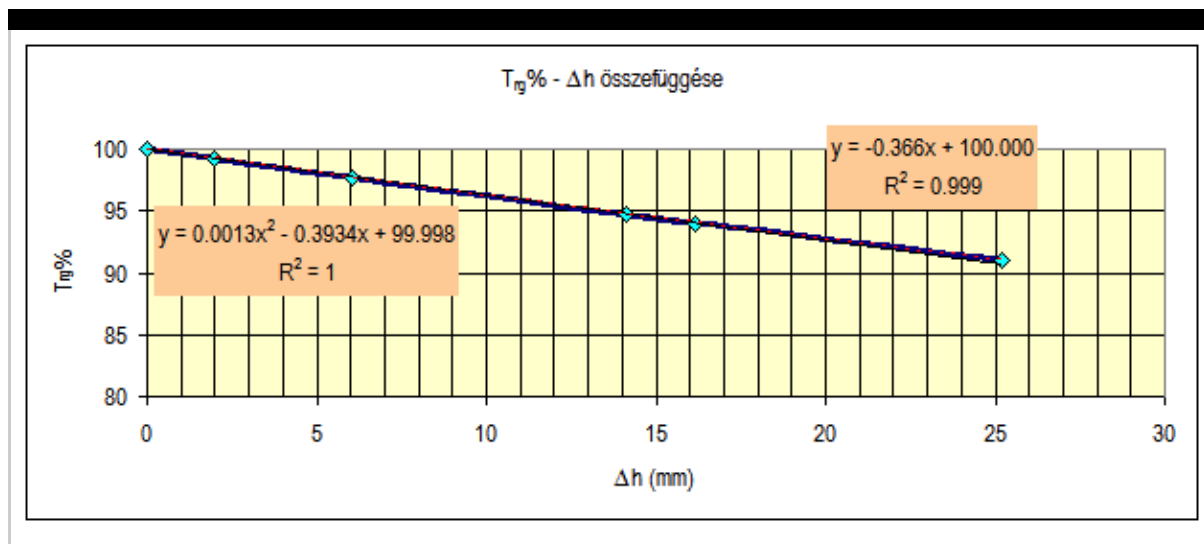
Az egyszerűsített Proctor munkavégzésének megfelelő tömörégi fok átszámításához (4. ábra), a módosított Proctor munkavégzéssel mért helyszíni relatív tömörségből számítjuk a módosított tömörégi fokot, majd a  $\beta$  tényezővel az egyszerűsített tömörégi fokra transzformáljuk azt. (Ezt oda-vissza is számíthatjuk, az ábrán külön színekkel jelöltük).

A példa szerint egyszerűsített Proctor szerinti 100% tömörség csak 94,3%-ot jelent a módosított Proctor szerinti skálán. Mivel a hengerlési munka megfelelőségének elbírálására a  $T_{rE}\%$  helyszíni relatív tömörégi fokot alkalmazzuk, azt is számítani kell. Ezt az egyszerűsített Proctor görbéből,  $T_{rw-s}$  nedvesség-korrektíós együtthatóval vesszük figyelembe.

#### 4.1. Alakváltozás – tömörégi fok összefüggés az egyszerűsített Proctor vizsgálatnál

A dinamikus tömörésmérés elmélete a Proctor vizsgálatból elméleti úton levezethető. A  $G_{szaraz} = constans$  modellből számítjuk a tömörégi fok és az alakváltozás  $T_{rd}\% - \Delta h$  összefüggését, a meredekséget jellemző  $\Phi$  értékeit, mind a módosított ( $\Phi_m$ ), mind az egyszerűsített ( $\Phi_s$ ) Proctor-vizsgálat adataiból. Azt tapasztaltuk, hogy a  $\Phi$  értéke független attól, hogy módosított, vagy az egyszerűsített vizsgálatból számítjuk.

- a módosított Proctor-vizsgálat esetén:  $\Phi_m = 0,366$  adódott (5. ábra).



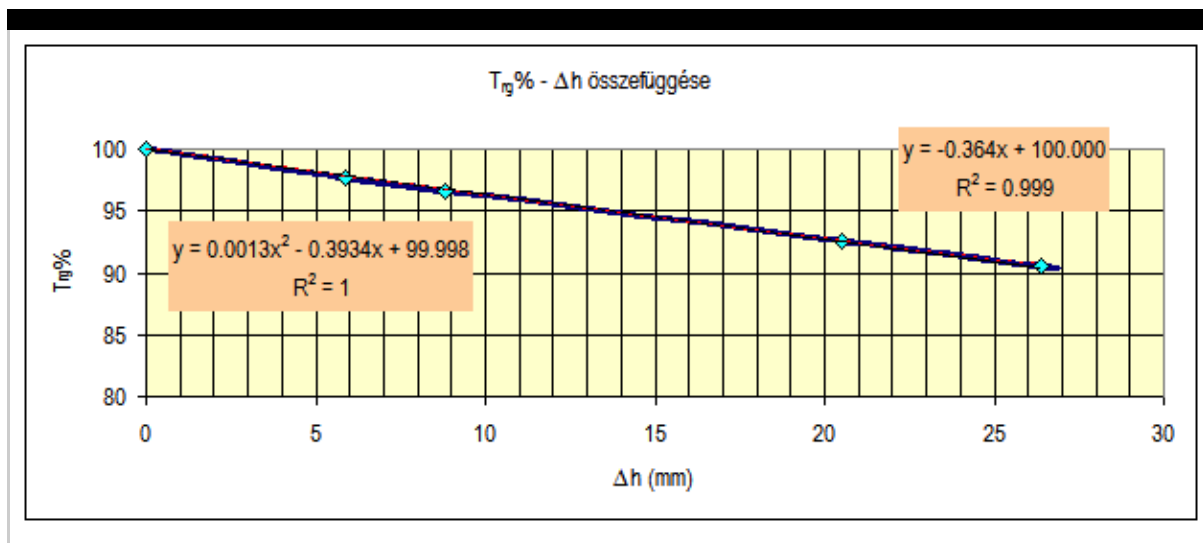
5. ábra

A tömörégi fok és az összenyomódás összefüggése a módosított Proctor esetén

- az egyszerűsített Proctor-vizsgálat esetében  $\Phi_s = 0,364$  adódott (6. ábra).

A módosított és egyszerűsített Proctor  $T_{rd}\% - \Delta h$  egyenese az azonos  $\Phi_m$  érték

miatt párhuzamosak egymással és egymásba átszámíthatók.

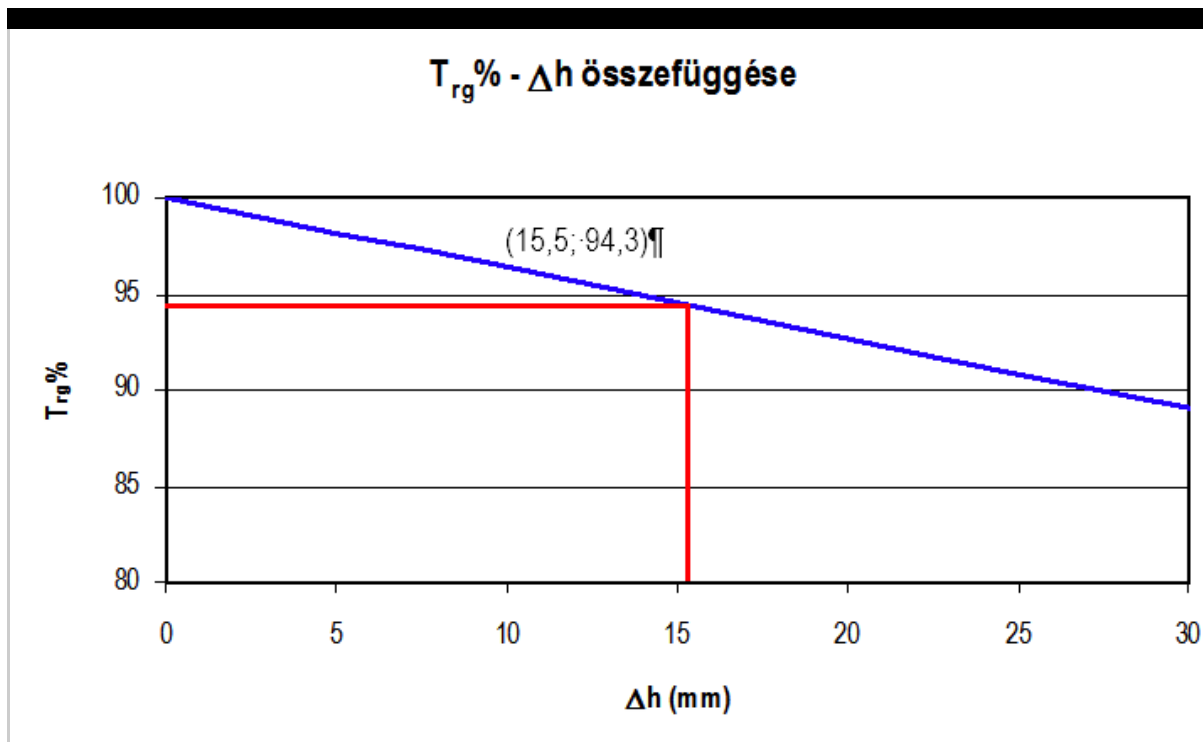


6. ábra

A tömörégi fok és az összenyomódás összefüggése az egyszerűsített Proctor esetén

A tömörégi fok és az összenyomódás értékéből átlagolt összefüggés:

$$T_{rE}\% = -0,366 * \Delta h + 100$$



7. ábra

A tömörégi fok és az összenyomódás átlagos összefüggése

Az egyszerűsített Proctor-vizsgálatnál, a legnagyobb száraz sűrűségénél ( $T_{rd-s}\% = 100\%$ ,  $T_{rw-s} = 1$ ,  $w_{opt-s} = 13,5\%$ ) a módosított Proctor szerinti tömörégi fokban kifejezve  $T_{rd-m}\% = \beta * 100$ , azaz 94,3%. A  $G_{szaraz} = constans$  modellből meghatározott összefüggés szerint az ehhez tartó alakváltozás különbség számítható:

$$\Delta h = 1/\Phi * \Delta T_{rd}\% = 1/0,366 * 5,7 = 15,5mm$$

Megjegyzés: ez azt jelenti, hogy ha az egyszerűsített tömörégi fok 100%, akkor a módosított Proctor szerinti 100%-os tömörséghez a 25-30cm vastag rétegen még 15,5mm tömörödési alakváltozás szükséges, azaz az egyszerűsített Proctor tömörégi fok tovább tömöríthető. Emiatt a  $\beta$  szorzó kifejezhető a módosított Proctor így számított tömörégi fokából is (ha az egyszerűsített Proctor szerinti tömörégi fok 100%):

$$\beta = \frac{T_{rg-m}\%}{100\%}$$

## 4.2. Mintapélda

### 4.2.1. Helyszíni mérés eredménye

A jelen mintapélda szerint a helyszínen BC-vel mért relatív helyszíni dinamikus tömörégi fok (adott terepi víztartalom mellett) értéke  $T_{rE-m}\% = 96,6\%$  iszapos homokon (siSa),  $w_t=9,6\%$  terepi víztartalom mellett, mely a Proctor görbe szerint  $T_{rw-m} = 0,996$  nedvességkorrekciós tényezőt jelent.

### 4.2.2. Módosított Proctornak megfelelő tömörégi fok számítása

Mérési eredmény a dinamikus tömörégi fokhoz a  $T_{rd-m}\% = T_{rE-m}\% * T_{rw-m}$  alap képlet alapján:

$$T_{rd-m}\% = 96,6\% * 0,996 = 96,2\%$$

### 4.2.3. Egyszerűsített Proctornak megfelelő tömörégi fok számítása

Ekkor a  $T_{rd-s}\% = 1/\beta * T_{rd-m} = 1/0,943 * 96,2\% = 102,0\%$ , az egyszerűsített Proctornal számított tömörégi fok. Az egyszerűsített Proctor optimális víztartalma  $w_{opt-s} = 13,5\%$ . A természetes víztartalom ugyanaz  $w_t = 9,6\%$ , mely most  $T_{rw-s} = 0,948$  nedvességkorrekciós tényezőt jelent.

Tudjuk, hogy a 100%-nak megfelelő módosított Proctor tömörítési munkához tartozó egyszerűsített Proctor-görbe legnagyobb lehetséges tömörégi fok 100%, a módosított Proctor szerinti értelmezésben 94,3%, az ennél nagyobb tömörégi fok érték a

módosított Proctor szerinti skálán emiatt 100%-nál nagyobb egyszerűsített tömörégi fokot is eredményezhet. Ezért a német előírásokban előfordulhat a 100% feletti tömörégi fok előírása.

#### 4.2.4. Egyszerűsített Proctornak megfelelő helyszíni relatív tömörégi fok számítása

Az egyszerűsített Proctorról számított tömörégből számíthatjuk az annak megfelelő helyszíni relatív egyszerűsített tömörégi fokot (On Site Simplified Relative Compaction Rate = OSSRCR), de természetesen a saját, egyszerűsített Proctorból meghatározott  $T_{rw-s}$ -s nedvességkorrekciós együtthatóval:

$$T_{rE-s} = \frac{T_{rd-s}}{T_{rw-s}}$$

A hengerlési munka megfelelőségét jellemző  $T_{rE-s}$  helyszíni relatív egyszerűsített tömörégi fok a mért  $w_t = 9,6\%$ -nál az egyszerűsített Proctorból meghatározott  $T_{rw-s}$  görbe alapján  $T_{rw-s} = 0,948$ , azaz

$$T_{rE-s} = \frac{102,0}{0,948} = 107,6\%$$

azaz az adott víztartalomnál alkalmazott helyszíni relatív egyszerűsített tömörégi fok  $T_{rE-s} = 108\%$  az egyszerűsített Proctornak megfelelő munkavégzéssel értelmezett esetben.

## 5. Helyszíni relatív tömörégi fok számítása különböző munkavégzéssel

A helyszínen, dinamikus módszerrel a **módosított Proctor munkavégzésnek megfelelő** helyszíni relatív tömöréget az adott természetes víztartalom mellett úgy határoztuk meg, hogy 10-18 ejtéssel tömörödési görbét hozunk létre, majd abból deformációs mutatót képezünk. A helyszíni mérést jellemző maradó alakváltozásból számított tömöréget, helyszíni relatív tömörégnek nevezzük és az adott víztartalom mellett elérhető tömöréget jellemző, legjobb esetben 100% érték.

A relatív tömörégi fok a következő képlettel határozható meg:

$$T_{rE-m} = 100 - \Phi * D_{m-m}$$

ahol:

$D_{m-m}$  - a módosított Proctor munkavégzéssel számított deformációs együttható

$\Phi$  - a meredeksége a Gsz=const modellből számított  $\Delta V_{mm} - Tr\%$  összefüggésnek ( $\Phi = 0,365 \pm 0,025$ )

A módosított Proctor szerinti munkavégzéskor a  $D_m$  értékét az alábbi súlyozott átlaggal, a summa maradó alakváltozásból számítjuk. A teljes alakváltozás  $h_i$  a rugalmas és maradó alakváltozások összege. Így a süllyedés negatív növekménye a következő módon számítható:

$$s_i = \frac{(h_i - h_{i+1})}{1} * i \dots$$

ahol  $h_i - h_{i+1} \geq 0$ , ha  $h_i - h_{i+1} < 0$ , akkor  $s_i = 0$

A rugalmas alakváltozás tehát kiesik a számításból. A süllyedés növekménye  $s_i$  az egyes ütéseknel egy numerikus derivált. Ezért ez a lépés értelmezhető úgy, hogy minden ejtésnél numerikus derivált. Az ejtésszám alapján visszafelé becsüljük az addigi teljes süllyedést. Ezt a súlyozott átlagot a deformációs együtthatónak ( $Dm - m$ ) nevezzük, a következő, általánosított módon számítható

$$D_{m-m, mm} = \left[ \sum_{i=1}^{i=6} d_i \cdot \sum_1^i SUM \Delta s_i \right] \cdot \frac{1}{17}$$

ahol

$$SUM \Delta s_i = \Delta s_1 + \Delta s_2 + \dots + \Delta s_i$$

ahol a véglegesnek tekinthető alakváltozás rész

$$\Delta s_1 + \Delta s_2 + \dots + \Delta s_i = \sum_{i=1}^{i=17} \Delta s_i, \text{ és } d_i \text{ az ejtés száma } (i = 1 - 18).$$

A  $h_i$  az ejtésekkel létrejött rugalmas és maradó (teljes) alakváltozás,  $i = 1..18$ .

$$h_1 \geq h_2 \geq h_3 \dots h_{17} \geq h_{18}$$

Ha a  $SUM \Delta s_i = S_i$  jelöljük, akkor

$$S_1 = 1 * (h_1 - h_2)$$

$$S_2 = 2 * (h_1 - h_2) + (h_2 - h_3)$$

$$S_3 = 3 * (h_1 - h_2) + (h_2 - h_3) + (h_3 - h_4)$$

...

$$S_{16} = 16 * (h_1 - h_2) + (h_2 - h_3) + \dots + \dots + (h_{16} - h_{17})$$

$$S_{17} = 17 * (h_1 - h_2) + (h_2 - h_3) + \dots + \dots + (h_{17} - h_{18})$$

**Az egyszerűsített Proctor munkavégzésnek** megfelelő helyszíni relatív tömörséget az előbb bemutatott átszámítási módszeren kívül úgy is meghatározhatnánk, hogy csak az annak megfelelő munkavégzést (ejtésszámot alkalmazzuk). A süllyedési amplitúdókból ekkor csak 6 ütéssel kellene a tömörödési görbét létrehozni, deformációs mutatót ebből számíthatjuk. A helyszíni „egyszerűsített Proctor-állapotot” létrehozó maradó alakváltozás görbét, a helyszíni relatív egyszerűsített tömörségnek nevezzük és az adott helyszíni víztartalom mellett elérhető legnagyobb tömörséget jellemző érték. Jelentős *hátránya e módszernek, hogy ez esetben 100% feletti egyszerűsített Proctor tömörséget nem lehet mérni*, ezért az előző, átszámításos módszer alkalmazása lehetséges. Az elmélet azonban az egyszerűsített Proctornak megfelelő helyszíni relatív tömörségi fok számítására is adaptálható:

$$T_{rE-s} = 100 - \Phi * D_{m-s}$$

ahol  $D_{m-s}$  a deformációs együttható. A teljes alakváltozás (mint előbb) itt is  $h_i$  a rugalmas és maradó alakváltozások összege. Így a süllyedés növekménye a következő módon számítható

$$s_i = \frac{(h_i - h_{i+1})}{1} * i \dots$$

ahol  $h_i - h_{i+1} \geq 0$ , ha  $h_i - h_{i+1} < 0$ , akkor  $s_i = 0$

A rugalmas részt tehát kiküszöböltük a számításokban. A fenti súlyozott átlagot egyszerűsített Proctorhoz tartozó deformációs együtthatónak ( $D_{m-s}$ ) nevezzük, a következő módon számítható

$$D_{m-s, mm} = \left[ \sum_{i=1}^{i=6} d_i \cdot \sum_1^i SUM \Delta s_i \right] \cdot \frac{1}{17}$$

A  $\Phi_s$  értéke empirikus módon meghatározott tényező, az egyszerűsített Proctor-vizsgálat Gsz=constans modellből számított  $\Delta V_{mm} ? T_{rp} \%$  egyenes lineáris együtthatója.

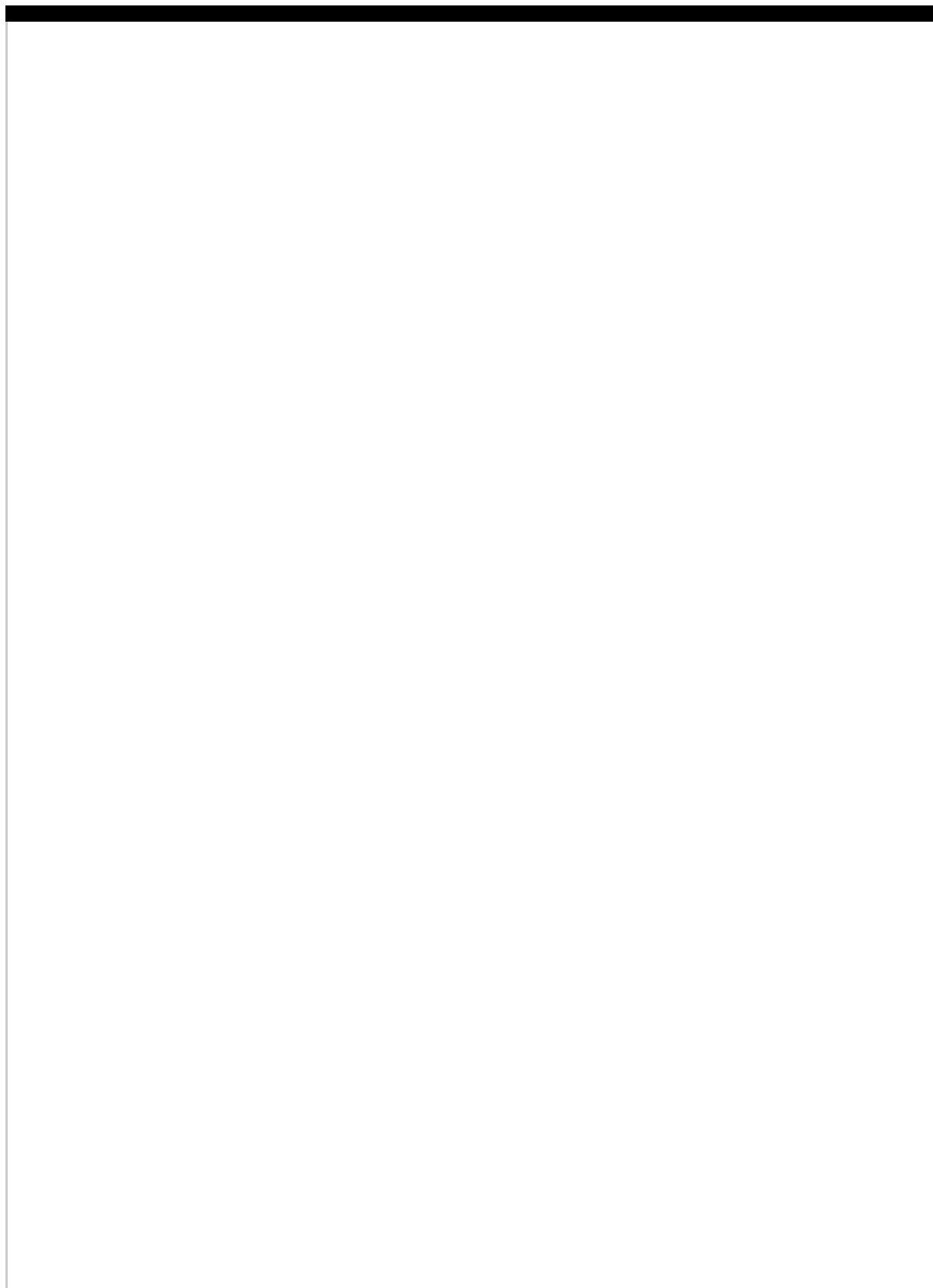
A  $h_i$  az ejtésekéből létrejött rugalmas és maradó (teljes) alakváltozás,  $i = 1 \dots 6$ .

$$h_1 \geq h_2 \geq h_3 \dots h_{17} \geq h_{18}$$

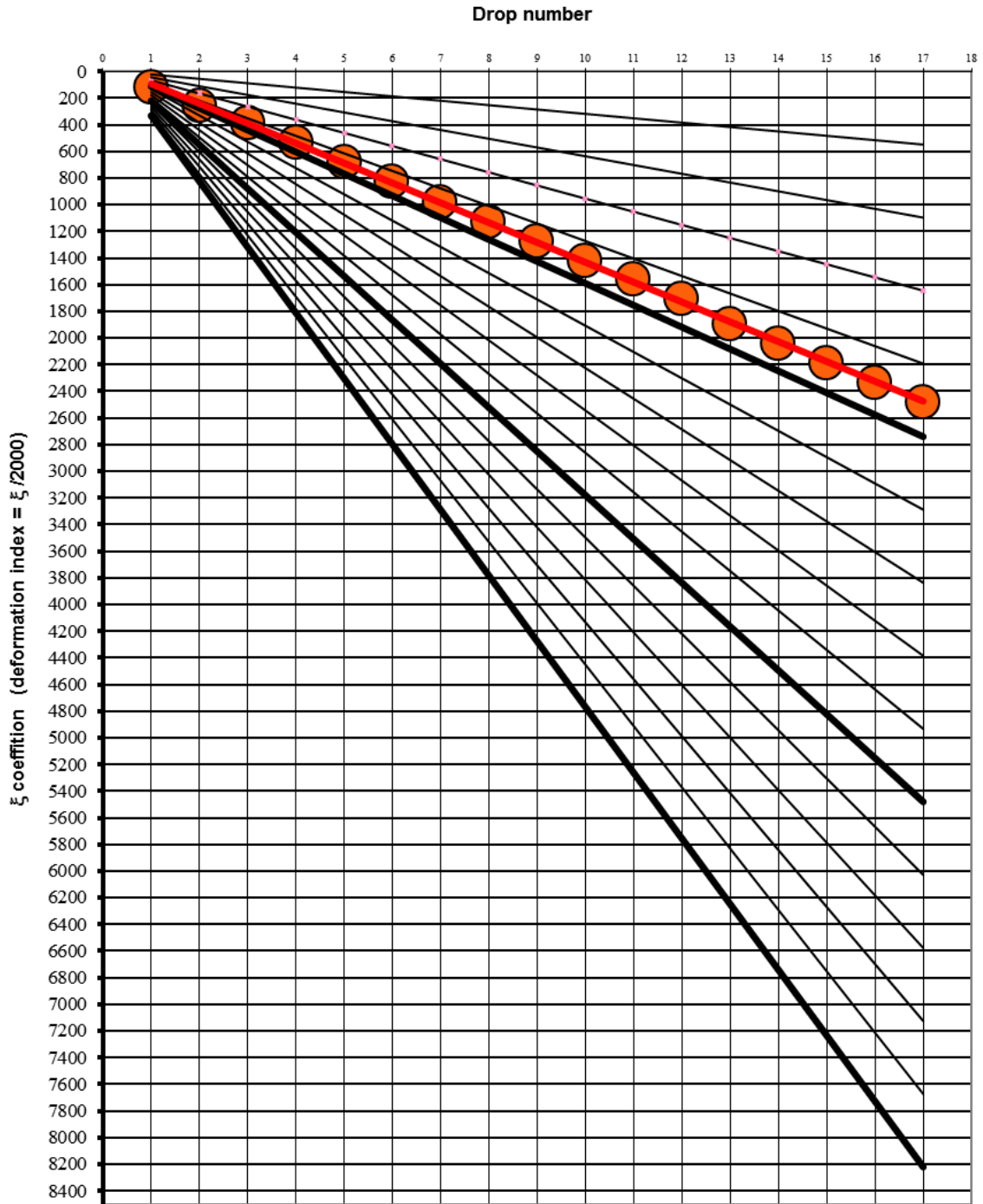
A dinamikus tömörségmérés elmélete tehát ugyanúgy alkalmas az egyszerűsített, mint a módosított Proctor munkavégzésnek megfelelő tömörségi fok számítására.

Azzal, hogy számos előírás az egyszerűsített Proctor alkalmazási területén nagyobb mint 100%, értelemszerűen és célszerűen az általános módon kell mérni a módosított Proctor szerinti munkavégzéssel, majd ezt átszámítani az egyszerűsítettre. Ily módon a 100% feletti tömörégi fokok is meghatározhatók. Ezek legnagyobb értéke legföljebb  $100 * (1/\beta)$  lehet.

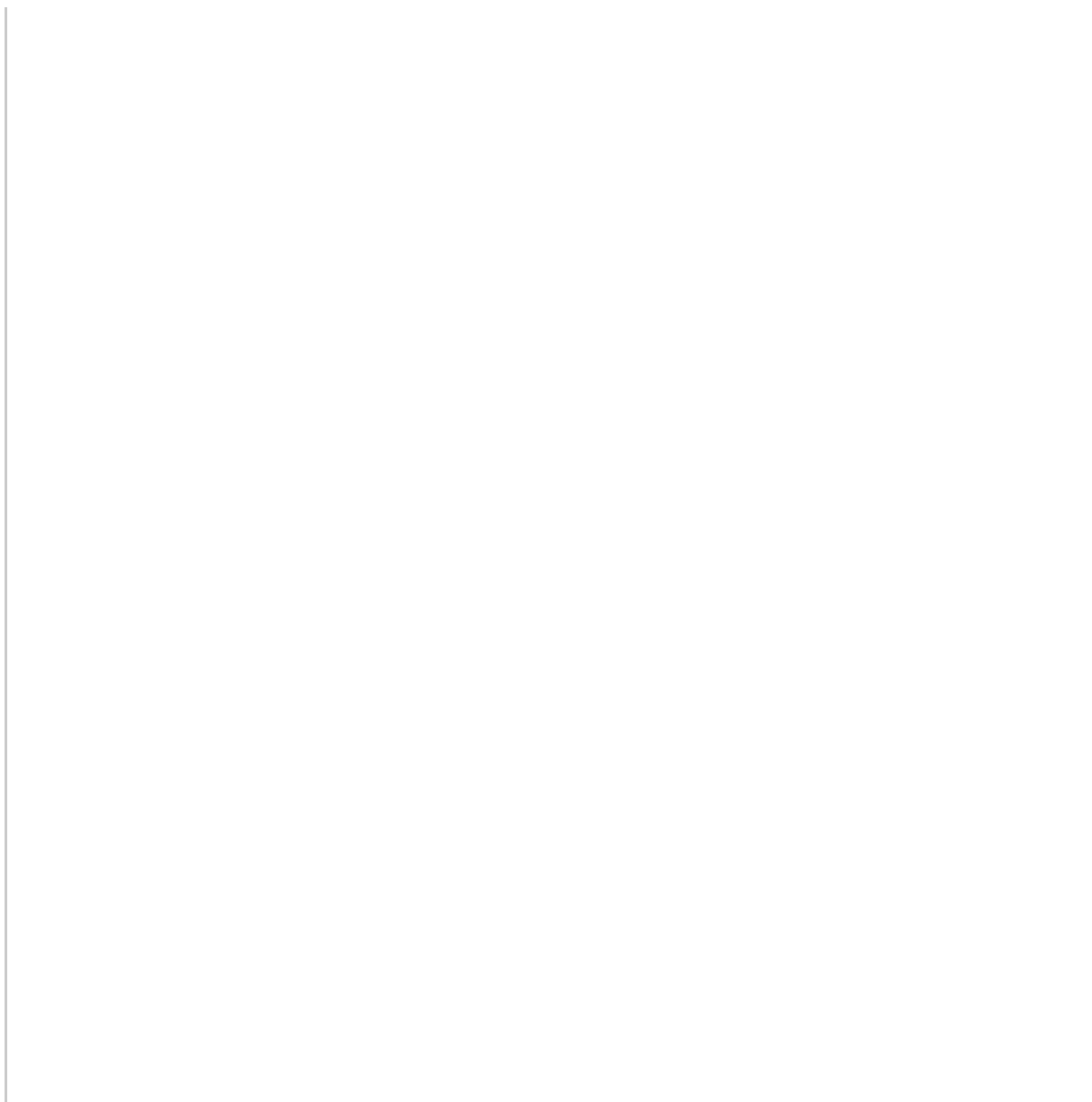
A  $\xi = 2000/D_m$  bevezetésével a méréseket grafikusán is fel lehet dolgozni (8. ábra)



**$T_{RE}\%$  Calculation of B&C On-site Relative Dynamic Compaction-Rate ( $T_{RE}\%=85\%-100\%$ )**





**8. ábra***Helyszíni relatív tömörégi fok grafikus feldolgozása*

## 6. Összefoglalás

A tömörség a legfontosabb minőségi jellemző a mélyépítésben a teherbírás mellett. A tömörségméréseknél viszonyítási sűrűségként a módosított Proctor vizsgálattal meghatározott legnagyobb száraz sűrűséget ( $\rho_{dmax}$ ) használjuk, de Németországban még ma is alkalmazzák az egyszerűsített Proctorhoz történő viszonyítást. A módosított és az egyszerűsített Proctor legnagyobb száraz térfogatsűrűségének aránya jellemzően 1,03-1,15 közötti, a tömörítési munkavégzés aránya 4,4.

A különböző nagyságú munkavégzések jellegzetességei a Proctor-görbékből jól követhetők. A száraz ágak közel párhuzamosak, a nedves ágak a telítési vonalba illeszkedők. Egy kiválasztott munkavégzésnél intenzívebb tömörítés esetén tehát a szükséges víztartalom csökken, illetve a nedves ágon láthatóan a kisebb tömörítési munkával az optimális víztartalom növekedése törvényszerű, de kisebb tömöriséget

eredményez.

Kidolgoztuk azt a módszert, mellyel a B&C dinamikus SP-LFWD mérőberendezéssel az egyszerűsített Proctor szerinti helyszíni relatív tömörégi fok is mérhető. Ennek egyik lehetősége az átszámítás, a másik a kevesebb ejtésszám. A két módszer vizsgálata szerint előnyösebb annak választása, hogy a hagyományosan, a módosított Proctor szerinti munkavégzéssel meghatározott mérési eredményt átszámítjuk az egyszerűsített Proctorra, a  $\beta$  tényező alkalmazásával. A transzponálás mindig csak a  $T_{rd-m}\%$ ,  $w_{opt-m}$  értékénél a  $T_{rd-s}\%$ ,  $w_{opt-s}$  értékére történhet és az egyszerűsített Proctor helyszíni relatív tömörégét már a  $T_{rw-s}$  egyszerűsített Proctor nedvességkorrekciós együtthatójának figyelembe vételével kell számítani, a méréskor tapasztalt helyszíni víztartalomra.

A B&C dinamikus tömörég- és teherbírásmérő berendezés alkalmassá tehető mindkét tömörégi fok szerinti eredmény megadására. A szükséges ejtés-számok azonban arra figyelmeztetnek, hogy az egyszerűsített Proctor és a módosított Proctor szerinti munkavégzés közötti különbség igen nagy. A korszerű tömörítő gépek, hengerek teljesítményeit figyelembe véve a kivitelezés várható fejlődési iránya a magasabb tömörítési munkavégzés felé mutat.

## 7. Irodalomjegyzék

MSZ15846 Dinamikus tömörég- és teherbírásmérés SP-LFWD mérőeszközzel / Measuring Method for Dynamic Compactness & Bearing Capacity with SP-LFWD

CWA 15846 Measuring Method for Dynamic Compactness & Bearing Capacity with SP-LFWD

EN 13 286-2 Kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú keverékek 2. Vizsgálati módszerek a laboratóriumi viszonyítási térfogatsűrűség és víztartalom meghatározására. Proctor-tömörítés (Mixtures without binding material and with hydraulic binding material 2. Test methods for the determination of the laboratory reference volume density and water content. Proctor-compaction)

EN 13 286-3 Kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú keverékek 3. A laboratóriumi viszonyítási térfogatsűrűség és víztartalom vizsgálati módszerei. Vibrosajtolás szabályozott paraméterekkel

EN 13 286-4 Kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú keverékek 4. A laboratóriumi viszonyítási térfogatsűrűség és víztartalom vizsgálati módszerei. Vibrokalapács

EN 13 286-5 Kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú keverékek 5. A laboratóriumi viszonyítási térfogatsűrűség és víztartalom vizsgálati módszerei. Vibroasztal

MSZ 15320 Földművek tömörségének meghatározása radioizotópos módszerrel  
(Determination of the compactness of earthworks by radioisotopic method)

ÚT 2-2.124 Dinamikus tömörség- és teherbírásmérés kistárcsás könnyűejtősúlyos berendezéssel (Dynamic compactness and bearing capacity measurement with small-plate light falling deflectometer)

Dr Anna Petkovsek (2006): Report on usage of Andreas dynamic load bearing capacity and compactness deflectometer University of Ljubljana Katedra za mehaniko tal z laboratorijem. 2006 Ljubljana

Panarat (2006): Comparison of B&C LFWD and Sand Filling Method – Ramkhamhaeng University, Thailand

D. Adam – F. Kopf : Operational devices for compaction optimization and quality control (Continuous Compaction Control & Light Falling Weight Device)

Prof Dr Kézdi (Kalher) Árpád Talajmechanika I-II. TK. 1972. Budapest (Soil Mechanics Part I)

Prof Dr Nemesdy Ervin: Utak és Autópályák Pályaszerkezete TK 1971 Budapest Pavements of Road & Motorways

Prof Dr Nemesdy Ervin: Utak és autópályák tervezési alapjai TK 1974 Budapest

Dr Boromisza Tibor Talajmechanika, Alapozás I Szakközépiskolai Tankönyv

Dr Boromisza Tibor, Bertz Gy - Ébényi M.: Építőanyagok. TK 1974 az építőipari, az út- és vasútépítési , a vízügyi szakközépiskolák számára

Dr. Pusztai József – Dr. Imre Emőke – Dr. Lőrincz János – Subert István – Trang Quoc Phong: Nagyfelületű, dinamikus tömörségmérés kifejlesztése helyazonosítással és a tömörítőhengerek süllyedésének folyamatos helyszíni mérésével (Development of large-area, dynamic compactness measurement by site identification and the continuous on-site measurement of the settlement of compacting rollers). COLAS Report. 2007.

Dr Szendefy János – Vámos Máté: Egyszerűsített Proctor vizsgálati eredmények összehasonlítása, Műszaki Ellenőr 2014 nov-dec.

Subert I.: Egyszerűsített Proctor vizsgálati eredmények összehasonlítása - Hozzászólás Dr Szendefy János – Vámos Máté cikkéhez. Műszaki Ellenőr 39.sz. p.:42-55

Fáy M. – Király Á. – Subert I.: Egy földmű-tömörégi anomália feltárása és megoldása (Presentation and solution of an anomaly of earthwork density). Mélyépítéstudományi Szemle, 2006.

Fáy M. – Király Á. – Subert I.: Közúti forgalom igénybevételének modellezése új, dinamikus tömörség- és teherbírásméréssel (Modelling of the straining of public road

traffic by the new, dynamic compactness and bearing capacity measurement). Városi Közlekedés, 2006.

Király Á. – Subert I.: Földmunkák minősítő vizsgálatainak hatékonysági kérdései Magyarországon (Efficiency issues of qualification tests used for earthworks, in Hungary)

Subert: ER-TRG01 Ellenőrzési rendszer próbatömörítések végrehajtására és értékelésére az M7 Zamárdi–Balatonszárszó szakaszán (Control system for the implementation and the evaluation of test compactness on the road section of M7 between Zamárdi and Balatonszárszó). Mérnöki Eljárási Utasítás. p. 10.

Subert I. – Phong T.Q.: Az izotópos és dinamikus tömörégi fok szórásanalízise 2007–2008. (Analysis of Standard deviation of the isotopic and the dynamic compactness rate)

Subert I. – Phong T.Q.: Proctor-vizsgálatok új értelmezési lehetőségei (Options for new interpretations of Proctor-tests). Mélyépítéstudományi Szemle, 2007.

Subert I. – Phong T.Q.: Sűrűségkorrekció alkalmazása dinamikus ejtősúlyos berendezéseknél, 2008. Andreas Kft [www.andreas.hu](http://www.andreas.hu)

Subert I.: A dinamikus tömörég- és teherbírásmérés újabb paramétereit és a modulusok átszámíthatósági kérdései (Recent parameters of dynamic compactness and bearing capacity measurement and recalculation issues of modulus). Közúti és Mélyépítési Szemle, 55. évf. 2005. 1. sz. p. 5.

Subert I.: B&C – egy hasznos társ (B&C – a useful partner). Magyar Építő Fórum, 2004/25. szám p. 36.

Subert I.: B&C dinamikus tömörésgmérés (B&C dynamic compactness measurement). Mélyépítés, 2004 október–december pp. 38–39.

Subert I.: Dinamikus tömörésgmérés a hazai autópályákon és városi helyreállításokon (Dynamic compactness measurement on Hungarian highways and urban reconstructions). Geotechnika Konferencia, Ráckeve. (2006. október 17–18.)

Subert I.: Dinamikus tömörésgmérés aktuális kérdései. A dinamikus tömörésgmérés újabb tapasztalatai (Recent issues of dynamic compactness measurement. New experiences of the dynamic compactness measurement). Geotechnika Konferencia, Ráckeve (2005. október 18–20.)

Subert I.: Új, környezetkímélő, gazdaságos mérőeszközök a közlekedésépítésben (New, environmental-friendly, economical measuring instruments in traffic building). Geotechnika Konferencia, Ráckeve (2004. október 26–27.)

Subert: Method for measuring Compactness-rate with New Dynamic LFWD. XIII. Danube–European Conference on Geotechnical Engineering Ljubljana, Slovenia, 2006.



# Útügyi lapok

# 8

## Égetéses kötőanyag-tartalom az üzemi gyártásellenőrzésben

---

*Aszfaltkeverék gyártása során a gyártónak igazolni kell, hogy az előállított anyag megfelel az előírt követelményeknek. Az aszfalt egyik alapvető tulajdonsága a kötőanyag-tartalma, amely nagymértékben befolyásolja a keverék teljesítményét. A kötőanyag-tartalom meghatározása ezért a keverőtelepi minőség-ellenőrzés részét képezi. Ennek vizsgálata leggyakrabban oldószeres extrahálással történik.*

*Ugyanakkor a felhasznált vegyszerek káros hatásai, és költségei miatt érdemes volna áttérni egy kevésbé környezetszennyező és egészségre káros módszerre. Tanulmányomban egy ilyen alternatív módszert, az égetéses eljárást vizsgáltam laboratóriumban. Az eredmények azt mutatják, hogy az égetésből adódó kötőanyag-tartalmak megfelelnek az üzemi gyártásellenőrzésben megengedett eltéréseknek, és az oldott, valamint az égetett kötőanyag-tartalmak között az eltérés minimális. Az*

*égetés után a szemeloszlás is meghatározható, ugyanakkor a finom szemek arányának pontos megállapítására ezt nedves szitálással kell elvégezni.*

## 1. Bevezetés

Az útépitésben leggyakrabban használt anyag az aszfaltkeverék, amely bitumen, ásványi váz és levegő megfelelő arányú keveréke. A gyártási folyamat során szabványok írják elő az alapvető követelményeket, amelyeket a gyártónak be kell tartania, és tanúsítania kell, hogy az általa gyártott termék megfelel az előírt értékeknek. Az aszfaltkeverék egyik ilyen alapvető tulajdonsága a kötőanyag-tartalma, azaz a bitumentartalom. Ennek nagysága befolyásolja többek között az aszfalt merevségét, szilárdságát, tartósságát, fáradási élettartamát, bedolgozhatóságát, vízzel szembeni ellenállóságát, a szemcsés anyag kipergését, és a nyomvályúképződést. Ezért fontos, hogy a gyártott anyag kötőanyag-tartalma meghatározásra kerüljön bizonyos gyártott mennyiségenként, amelynek mértékét az MSZ EN 13108-21 "Aszfaltkeverékek. Anyagelőírások. 21. rész: Üzemi gyártásellenőrzés" szabvány írja elő. A vizsgálat oldószeres extrahálással történik, amely során egy automata analizátor vegyi anyagok felhasználásával az aszfaltkeverék kötőanyag-tartalmának kioldását végzi el. Ilyen vegyi anyag például a triklór-etilén, vagy a tetraklór-etilén. Az aszfaltkeverék tömegveszteségéből számolható a kötőanyag-tartalom, a visszamaradt ásványi váz pedig alkalmas a szemeloszlás meghatározására.

Az eljárás hátránya, hogy az oldószer drága, az analizátort egy elszívó berendezéssel ellátott zárt szobában kell működtetni, és az elszívott levegőre szigorú környezetvédelmi követelmények vonatkoznak, amelyek betartására kialakított elszívó berendezések, szénzsűrők üzemeltetése és karbantartása szintén költséges. Emellett a klórozott oldószerek rákkeltő hatása miatt az ECHA (European Chemical Agency) nevű szervezet korlátozza a vegyszerek alkalmazását Európában. Ezért szükség van egy alternatív módszer bevezetésére, amellyel csökken az oldószerekkel való rendszeres érintkezés, és egy gazdaságilag, műszakilag megfelelő eljárás kerül bevezetésre a mindennapi keverőtelepi üzemi gyártásellenőrzésbe. A tanulmány célja egy ilyen alternatív módszer, az égetéses eljárás bemutatása és az azzal végzett vizsgálatok ismertetése.

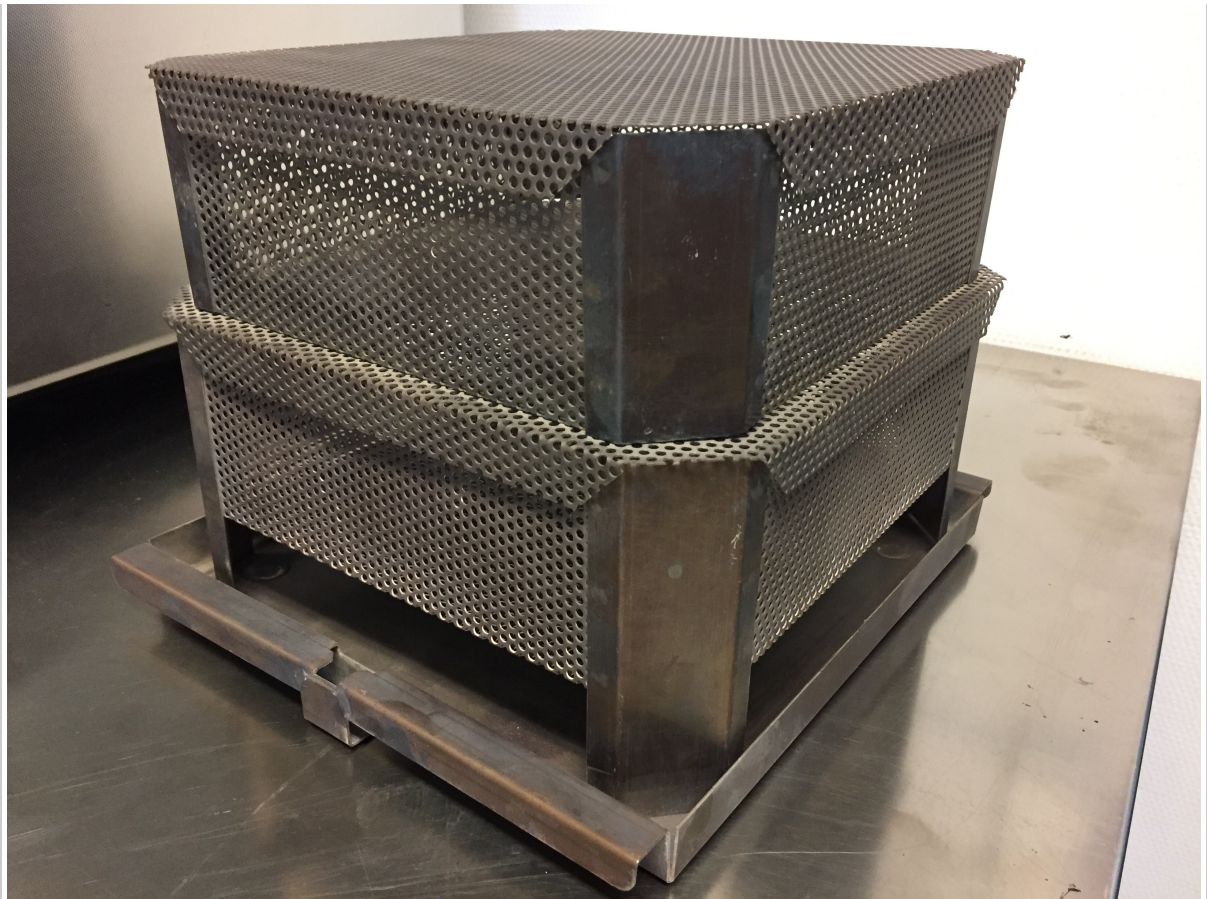
## 2. Irodalmi áttekintés

Míg az égetéses eljárás az Egyesült Államokban elterjedt vizsgálati módszer, Európában, néhány ország kivételével, főleg tanulmányokban foglalkoznak az eljárás megfelelőségének vizsgálatával. Dániában 2002-től van használatban az aszfaltkeverő telepeken. Francia tapasztalatok alapján az égetés  $\pm 0,2\%$ -os pontossággal visszaadja a kötőanyag-tartalmat (Michaut, 2016). Magyarországon két

diplomamunka (Horváth, 2014, Szvoboda, 2015), egy kutatási jelentés (Devecseri 2009) és három körmérés foglalkozott az égetéses eljárással, amelyek pozitív eredményeket mutattak. Számos nemzetközi tanulmány készült a vizsgálat részleteinek, befolyásoló tényezőinek vizsgálatára. Graham egy infravörös és egy hagyományos égető kemencével is elvégezte a vizsgálatot. Azt tapasztalta, hogy az infravörös kemencében a tömegveszteségek, így a kalibrációs értékek is kisebbek voltak (Graham, 2003). A hazai laboratóriumok hagyományos égető kemencét használnak. Az Egyesült Államokban elvégzett körvizsgálatban 12 laboratórium vett részt. A 192 mintából a legnagyobb eltérés a tényleges kötőanyag-tartalomtól 0,23% volt. Azt tapasztalták, hogy az égetésből adódó eredményeknél kisebb a szórás, mint a kioldásnál. (Viktoras et al. 2002). Kevin D.H. kutatásában keverőtelepi aszfaltkeverékeket égetéses kötőanyag-tartalmát vizsgálták. A kalibrációs értéket az ásványi váz tömegveszteségéből és a tényleges kötőanyag-tartalomtól való eltérésből számolták. Utóbbi használatánál tapasztalták a kisebb eltérést az előírt értéktől (Kevin, 1998).

A kalibrációs értékek közötti különbséggel jelen tanulmány is foglalkozik. A National Center for Asphalt Technology által kiadott jelentésben gazdasági elemzést végeztek el, amely szerint az első évben az égetés költsége 18 ezer dollár, míg az oldószeres eljárás költsége 48 ezer dollár, figyelembe véve a berendezés árát, az anyagárakat, a laboratórium kialakításához szükséges költségeket, és a fenntartási költségeket (NCAT, 1995).

Hazai becslések szerint az égetéses eljárás költsége az extrahálás költségének 40%-a, figyelembe véve a felhasznált oldószer árát, és a berendezések elektromos áram fogyasztását. (Szvoboda, 2016). Egy szír tanulmányban megállapították, hogy a mintakosár alsó és felső része között 60°C különbség van. Ebből kifolyólag jelen tanulmányban kizárólag a kosár alsó részén lettek elhelyezve a minták (1. ábra). Továbbá azt javasolták, hogy a nagy tömegveszteségű kőzeteket 430 °C-on égessék (Mohammed, 2008). Ezt az európai szabvány nem teszi lehetővé, hiszen a hőmérsékletet 480 °C alá nem lehet vinni, továbbá az a tapasztalat, hogy ennél kisebb hőmérsékleten a bitumen elégeése nem tökéletes. A különböző kutatásokban a kalibrációs faktor általában 0,4% alatt volt. Ennek az az oka, hogy leginkább gránit, mészkő, kavics alapú keverékeket vizsgáltak, bazalt és andezit kőzeteket kevésbé. Ezért ebben a tanulmányban különböző típusú kőzetek tömegvesztesége került vizsgálatra, így láthatóvá válik, hogy a kalibrációs érték nagysága nagymértékben eltérhet a különböző típusú kőzetekből gyártott aszfaltkeverékeknél.



**1. ábra**  
Égető kosár







**2. ábra**  
NCAT égető berendezés

### 3. Égetéses eljárás

A bitumen a kőolaj lepárlásából visszamaradt termoplasztikus, szerves kötőanyag, amely leginkább szén, kén, és nitrogén molekulákból áll. Az ötlet, hogy égetéssel határozzák meg a kötőanyag-tartalmat, a 70-es években merült fel először az Egyesült Államokban (Viktoras et al. 2002). A 90-es évek elején az NCAT (National Center for Asphalt Technology) egy vizsgálati módszert, és egy berendezést is kidolgozott (2. ábra), amellyel elvégezhető az eljárás (Brown et al. 1995). Jelenleg Európában az MSZ EN 12697-39:2012 "Aszfaltkeverékek. Meleg aszfaltkeverék vizsgálati módszerei. 39. rész: Égetéses kötőanyag-tartalom" szabvány foglalja keretbe az módszerrel szemben támasztott követelményeket. Az égetés lényege, hogy az aszfaltkeverék bitumentartalma 450-480°C-on elég, így a visszamaradt ásványi váz tömegéből számolhatjuk a tömegvesztést. Ez tartalmazza a kötőanyag-tartalmat, valamint egy többlet tömegvesztést. A magas hőmérséklet miatt az ásványi váz is veszíthet a tömegéből, ezért egy kalibrációs tényezőt kell számolni, amellyel az aszfalt égetéséből mért tömegvesztést korrigálva megkapjuk a kötőanyag-tartalmat. Ez a kalibrációs érték függ az ásványi anyag típusától, és az égetési hőmérséklettől, ezért minden aszfaltkeverék típusnál külön meg kell ezt határozni. A kalibrációs értéket a szabvány A melléklete alapján az alábbi módokon lehet meghatározni:

- Laboratóriumban összekevert aszfalt égetéséből adódó tömegvesztéséből kivonjuk a valós értéket.

Egy minta tömegvesztése:

$$C_{si} = \frac{W_s - W_a}{W_s} * 100$$

ahol:

$C_{si}$  - a mért tömegvesztés százalékban

$W_a$  - az égetés után visszamaradt ásványi anyag összes tömege grammban

$W_s$  - az aszfaltkeverék égetés előtti összes tömege grammban

Kalibrációs érték:

$$C_F = \frac{C_{S1} + C_{S2} + C_{S3}}{W_s} - B_{mix}$$

ahol:

$C_F$  - a kalibrációs érték százalékban

$CW_{si}$  - az i-edik minta mért tömegvesztesége százalékban

$B_{mix}$  - a keverékhez hozzáadott tervezett kötőanyag-tartalom százalékban

• Az aszfaltkeveréken elvégezzük a kioldást, és az égetésből adódó tömegveszteségből kivonjuk az oldott kötőanyag-tartalmat. A számolás megegyezik az előző szakaszban leírtakkal, de a  $B_{mix}$  értékére az oldott kötőanyag-tartalmat vegyük.

• Összeállítjuk az összemért ásványi vázat három mintán, és a tömegveszteségek átlaga adja a korrekciós értéket.

$$C_{FA} = \frac{C_{S1} + C_{S2} + C_{S3}}{3}$$

ahol:

$C_{FA}$  - az ásványi anyag kalibrációs értéke százalékban

$C_{Si}$  - az i-edik minta mért tömegvesztesége százalékban.

• Elégetjük a frakciókat külön-külön, majd a tömegveszteségüket súlyozottan átlagoljuk, annak alapján, hogy melyik milyen arányban van jelent az aszfaltkeverékben.

$$C_F = \frac{\sum (p_i * C_{FA,i})}{100} * \left(1 - \frac{B_A}{100}\right)$$

ahol:

$C_F$  - kalibrációs érték százalékban

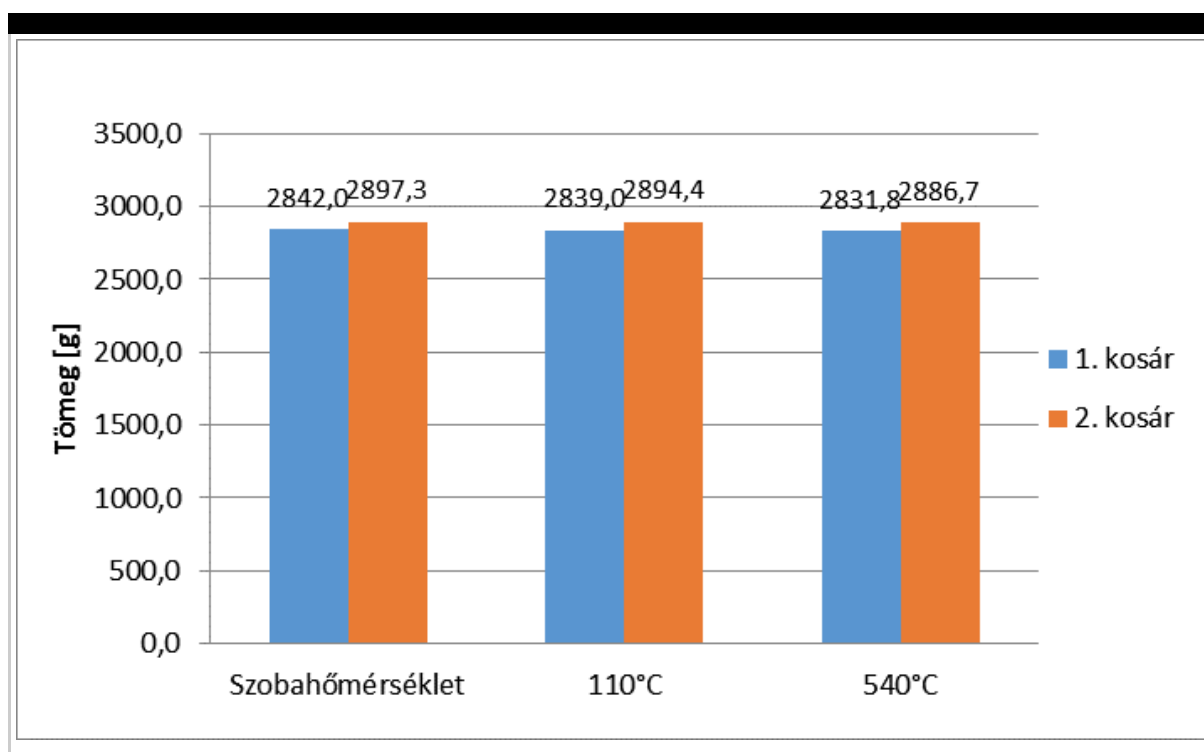
$p_i$  - az i-edik típusú ásványi anyag aránya a vizsgálandó aszfaltkeverékben, százalékban

$C_{FA,i}$  - az i-edik típusú ásványi anyagra meghatározott ásványi anyag kalibrációs értéke százalékban

$B_A$  - a vizsgálandó aszfaltkeverék névleges kötőanyag-tartalma százalékban

A beállított hőmérséklet fontos paraméter az égető berendezésben. A szabvány alapján a minimum beállítható érték 480°C. A hőmérséklet növelésével csökken a vizsgálat időtartama, és kevesebb pernye marad vissza. Ugyanakkor, ha a kalibrációs érték meghaladja a 0,7%-ot le kell csökkenteni a hőmérsékletet, mindaddig, amíg a korrekciós faktor 0,7% alá nem esik, de 480°C alá nem állíthatjuk a berendezést. Ez fontos szempont az üzemi gyártásellenőrzés során, hiszen ahol olyan közetet használnak, aminek magas a tömegvesztése, mint például a tállyai andezitnek, vagy az uzsai bazaltnak, figyelniük kell a szabványnak megfelelő hőmérséklet beállítására.

Az égetés során elsőként a mintakosarat kell kiszárítani. Ezt mi 110 °C-os szekrényben végezzük, legalább 10 perc időtartamig. Erre azért van szükség, mert a kosár tömege a hőmérséklet függvényében akár 10 grammot is változhat, ahogy az 3. ábrán is láthatjuk. Ennek oka lehet, a vizsgálatok során ráégett poros szemek tömegének ingadozása.



**3. ábra**

*Kosár tömege a hőmérséklet függvényében*

A szabvány előírja, hogy az aszfaltkeveréket, ha nem közvetlenül a keverőgépből vesszük, szintén szárító szekrényben kell tárolni, hogy a minta nedvességtartalmával ne kelljen számolni. Ásványi váz égetése esetén ugyancsak tömegállandóságig szárított mintán végezzük el a vizsgálatot. A manapság használatban lévő égető

kemencék belső mérleggel rendelkeznek, ugyanakkor ezeknek a pontossága kérdéses, így a tanulmányban a külső mérlegen kapott eredmények lettek figyelembe véve. A külső mérlegen bemérjük a kosár tömegét, majd a minta és a kosár együttes tömegét. Ezt követően berakjuk a kosarat az előmelegített égető kemencébe. A módszernek megadjuk a minta tömegét, így a százalékos tömegveszteséget is nyomon tudjuk követni a műszer által kiadott adatgyűjtőn. Az égetés addig tart, amíg a tömegveszteség nem állandósul, azaz három perc alatt az egymást követő tömegveszteségek megegyeznek a belső mérleg alapján. A szabvány alapján égetés után a mintát tartalmazó kosarat hőálló lapra téve hagyni kell szobahőmérsékletre lehűlni.

A tapasztalatok ugyanakkor azt mutatták, hogy a visszamaradt ásványi anyag megszívja magát a levegő nedvességtartalma miatt, így tömege nem határozható meg pontosan. A vizsgálat után ezért a mintát berakjuk 110 °C-os szárítószekrénybe fél órára. Így pontos eredményt kapunk, hiszen a mintát és a kosarat szárazon mérjük be egy adott hőmérsékleten, és ugyanazon a hőmérsékleten mérjük vissza. Mikor a kosár lehűlt 110 °C-ra, lemérjük a kosár és a minta együttes tömegét külső mérlegen, amelyből számolhatjuk a tömegveszteséget grammban, illetve százalékban. A szabvány 8. pontja alapján a számítás:

$$B = \frac{W_s - W_a}{W_s} * 100 - C_f$$

ahol:

$B$  - az aszfaltkeverék-minta korrigált kötőanyag-tartalma százalékban (%)

$W_s$  - az aszfaltkeverék égetés előtti összes száraztömege grammban (g)

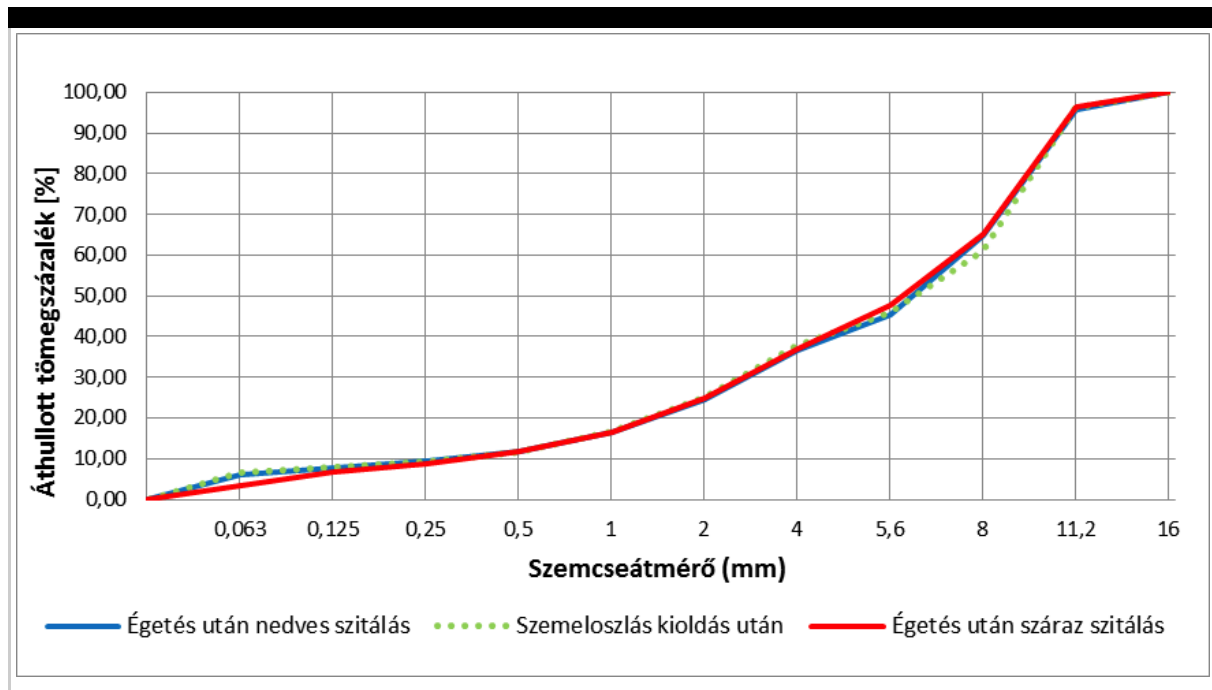
$W_a$  - az égetés után visszamaradt ásványi anyag összes tömege grammban (g)

$C_f$  - kalibrációs érték százalékban (%)

A kosár alapos kitisztítása után a visszamaradt ásványi váz alkalmas a szemeloszlás meghatározására. Az extrahálás és égetés után mért szemeloszlások összehasonlításából azt a következtetést lehetett levonni, hogy az égetés után mért szemeloszlások finom része alacsonyabb, mint az extrahálás után mért szemeloszlásoké. Ennek az az oka, hogy égetés után a finom részek rátapadnak a durvább szemekre, és ezt mechanikus úton, száraz szitálással nem lehet eltávolítani. Az égetés után visszamaradt ásványi anyagot ezért 0,063 mm-es szitán átmoszuk. Mosás után a szárítás gyorsítása érdekében a mintát nagyteljesítményű mikrohullámú sütőbe helyezük, ahol 5-7 perc után a minta kiszárad. Ezt követően érdemes szárítószekrénybe állandósítani a köváz tömegét, majd el lehet végezni a szitálást.

A 4. ábrán láthatjuk a két vizsgálat után meghatározott szemeloszlásokat. Égetés után száraz szitáláskor a finom szemcséknél eltérés tapasztalható, míg a nedves

szitálásból adódó görbe jól megközelíti az kioldás után visszamaradt ásványi váz szemeloszlását.

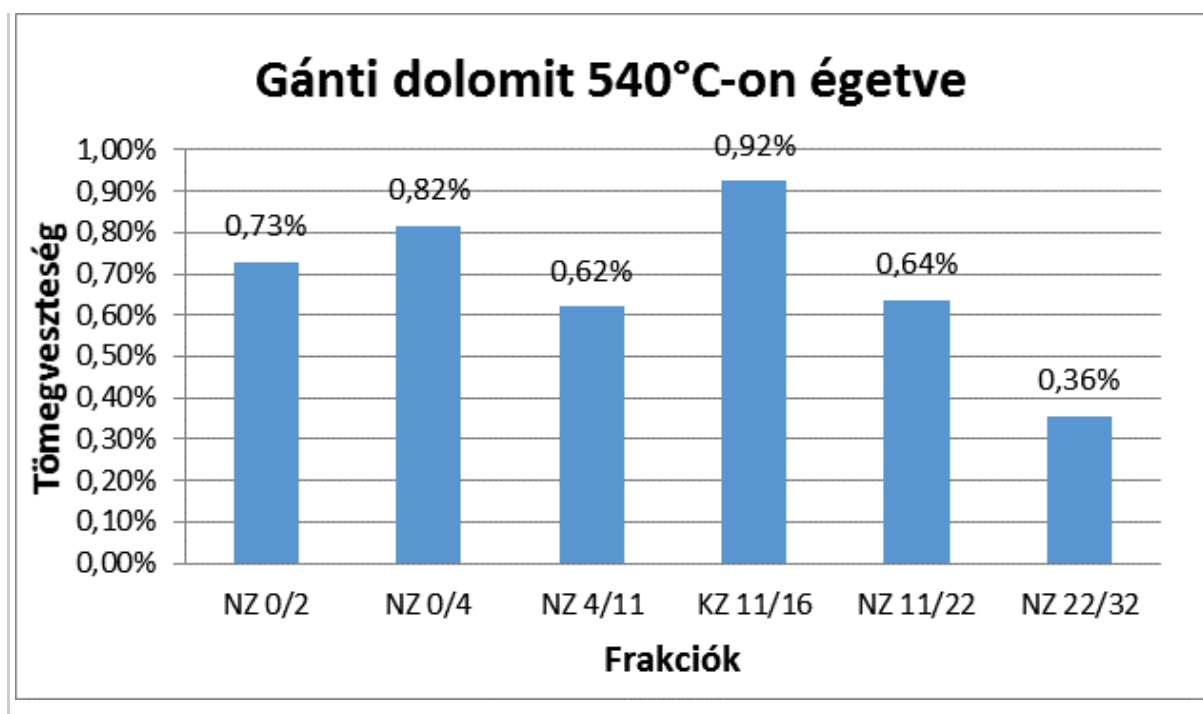


**4. ábra**  
Szemeloszlás égetés és kioldás után

## 4. Frakciók vizsgálata

Az ásványi váz tömegvesztésén alapuló kalibrációs érték meghatározásánál érdemes vizsgálni a kőzetek hőre való érzékenységét. Alapvetően megkülönböztetünk üledékes - mészkő, dolomit - kőzeteket, amely a természetes üledékgyűjtőkben lerakódott üledékből képződő kőzet, és vulkanikus eredetű kiömlési magmás kőzetet - bazalt, andezit - amely többkomponensű kőzetolvadékokból keletkezik (Török, 2007).

Ebben a vizsgálati részben három keverőtelep által felhasznált kőanyagfrakciók kerültek elégetésre, annak érdekében, hogy a tömegvesztések a gyártásellenőrzés során felhasználhatóak legyenek a kalibrációhoz. Az égetési hőmérsékleteket az alapján választottuk meg, hogy a keverőtelepi laboratóriumok milyen hőfokon égetik az aszfaltkeveréket. Az „A” keverőtelepen alkalmazott kőzeteket (gánti dolomit, nógrádkövesi andezit) 540°C-on, a „B” keverőtelepen használt kőzeteket (tályai andezit, mexikóbányai mészkő) 490°C-on, a „C” keverőtelep kőzeteinek (uzsai bazalt) tömegvesztését 480°C-on vizsgáltuk. Az alábbi ábrákon láthatóak a tömegvesztések az egyes kőzettípusoknál. Egy frakció esetén 3 párhuzamos vizsgálat átlaga látható.

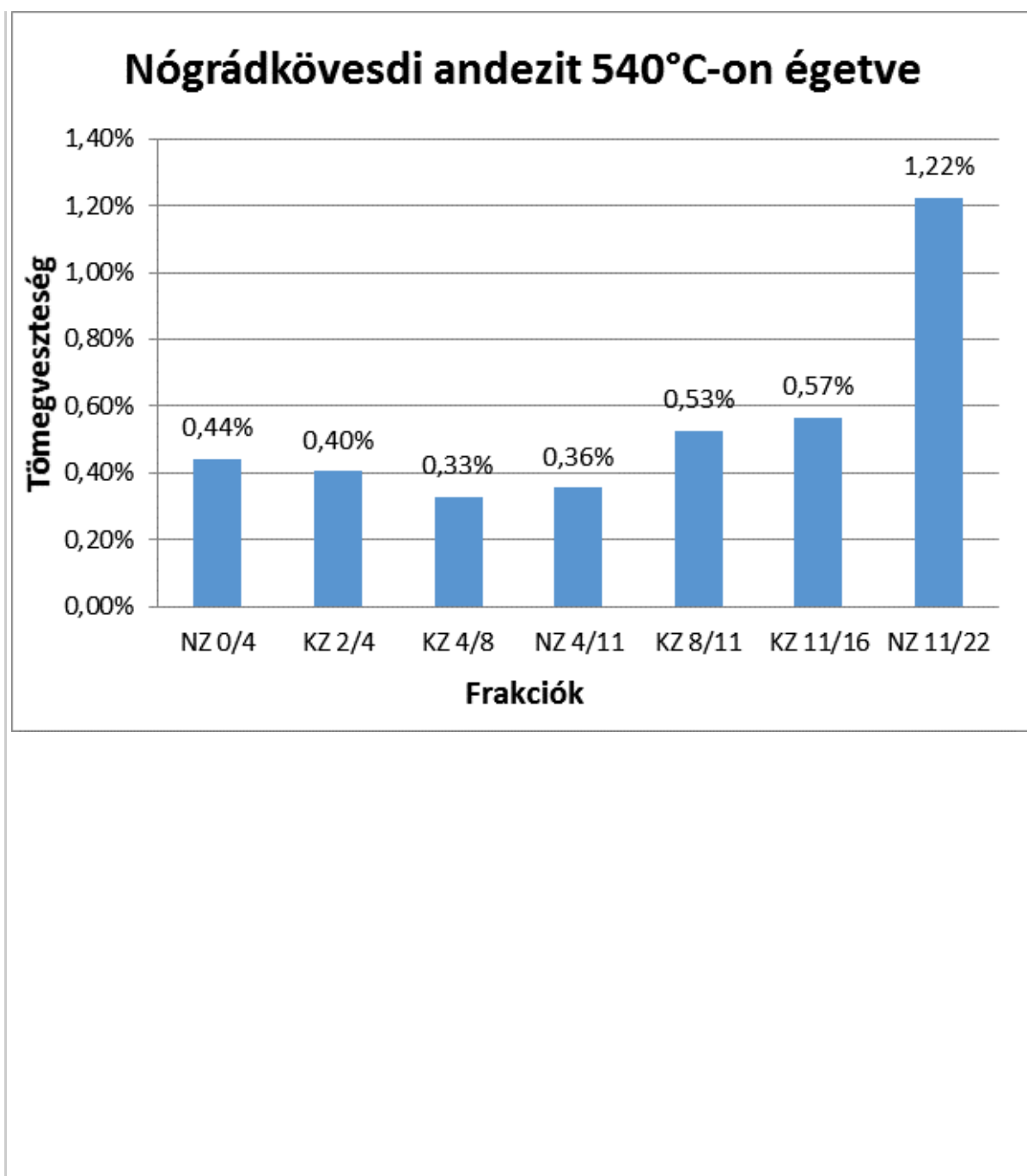


5. ábra

Gánti dolomit tömegvesztesége

A gánti dolomit üledékes kőzet. A frakciók mérete és tömegveszteségük között nincs összefüggés, a legnagyobb és a legkisebb érték közötti különbség 0,57%, a hat frakció szórása 0,20%.

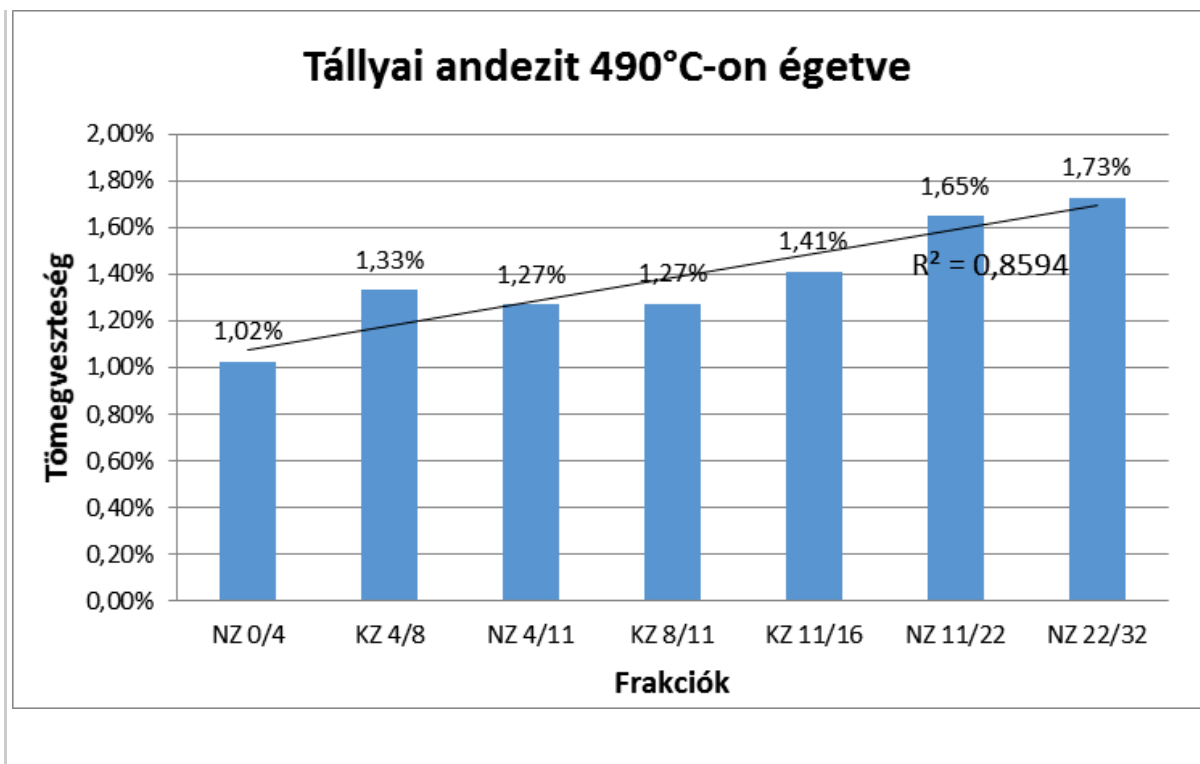
A nógrádkövesdi andezit kiömlési magmás kőzet. Azt tapasztalhatjuk a 6. ábra alapján, hogy 11/22-es frakció eltérése rendkívül nagy a többi frakció tömegveszteségéhez képest, ezt leszámítva az értékek 0,3-0,6% között mozognak. Az összes frakciónál mért tömegveszteségek szórása 0,32%, terjedelmük 0,89%. Figyelmelen kívül hagyva a 11/22-es frakció kiugró tömegveszteségét, a maradék 6 frakció terjedelme 0,24%, szórásuk 0,09%. A szemcsék mérete és tömegveszteségük között egyértelmű kapcsolat itt sem fedezhető fel, hiszen a 4/8-as frakcióig csökkenő, az ennél nagyobb frakcióknál növekvő tendencia figyelhető meg.

**6. ábra**

*Nógrádkövesdi andezit tömegvesztése*

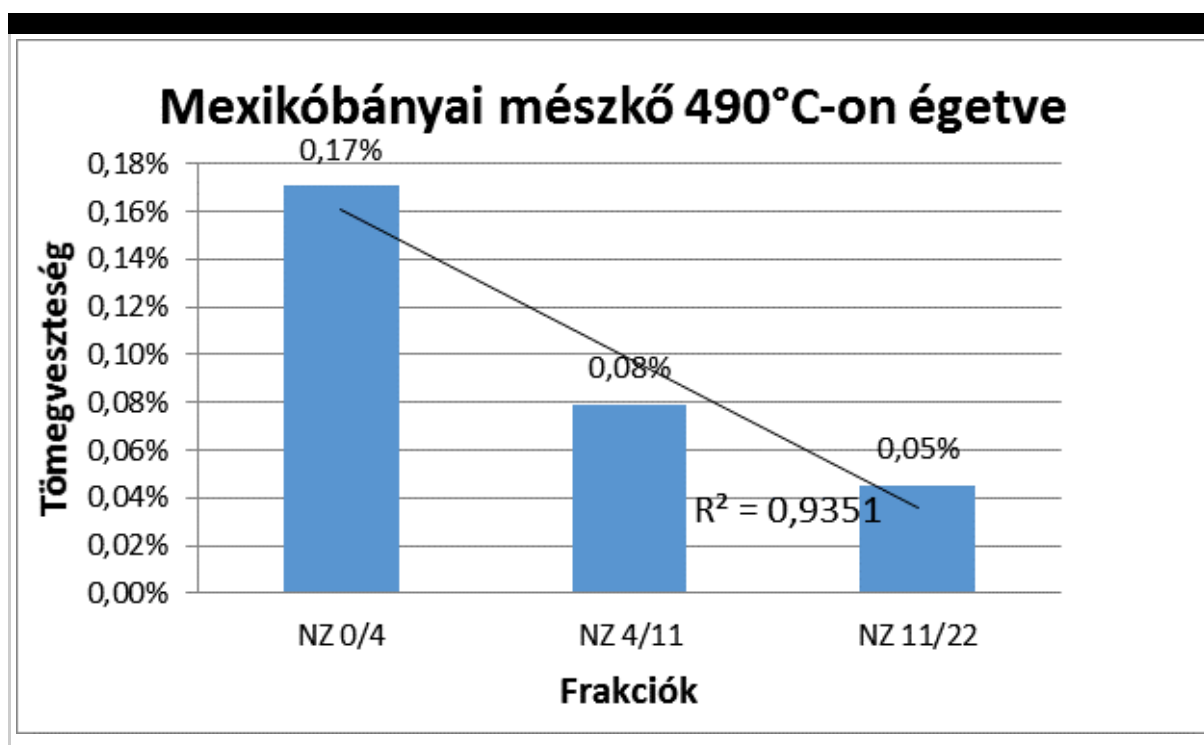
A tálypai andezit az ország keleti aszfaltkeverő telepein használatos magmás kőzet. Ahogy azt a 7. ábrán láthatjuk a 4/8-as frakció kivételével növekvő tendencia jellemző a tömegvesztésekben 0,86-os determinációs együtthatóval. Míg a nógrádkövesdi andezitnek egy frakciót leszámítva 0,6% alatt volt a tömegvesztése, ennél a kőzetnél az alacsonyabb égetési hőmérséklet ellenére 1%-nál magasabb tömegvesztés a jellemző. Az eredmények szórása 0,24%, terjedelmük 0,70%.



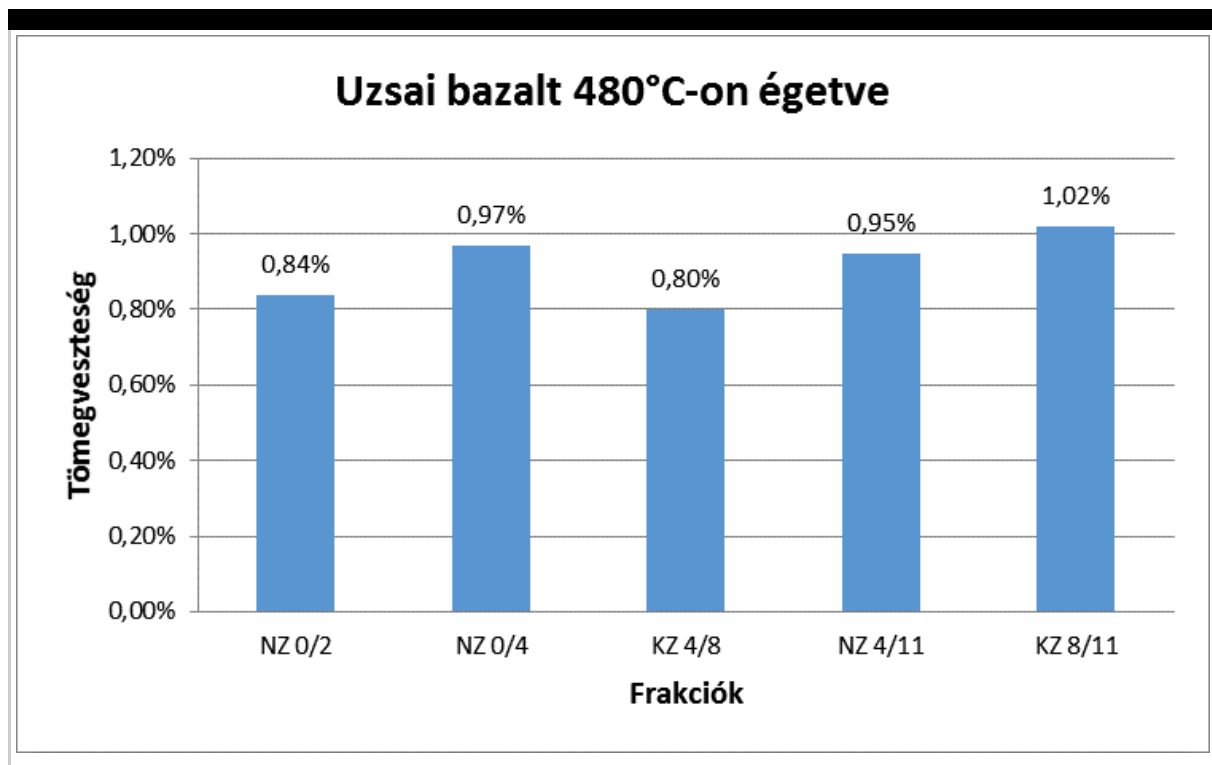


**7. ábra**  
Tályai andezit tömegvesztése

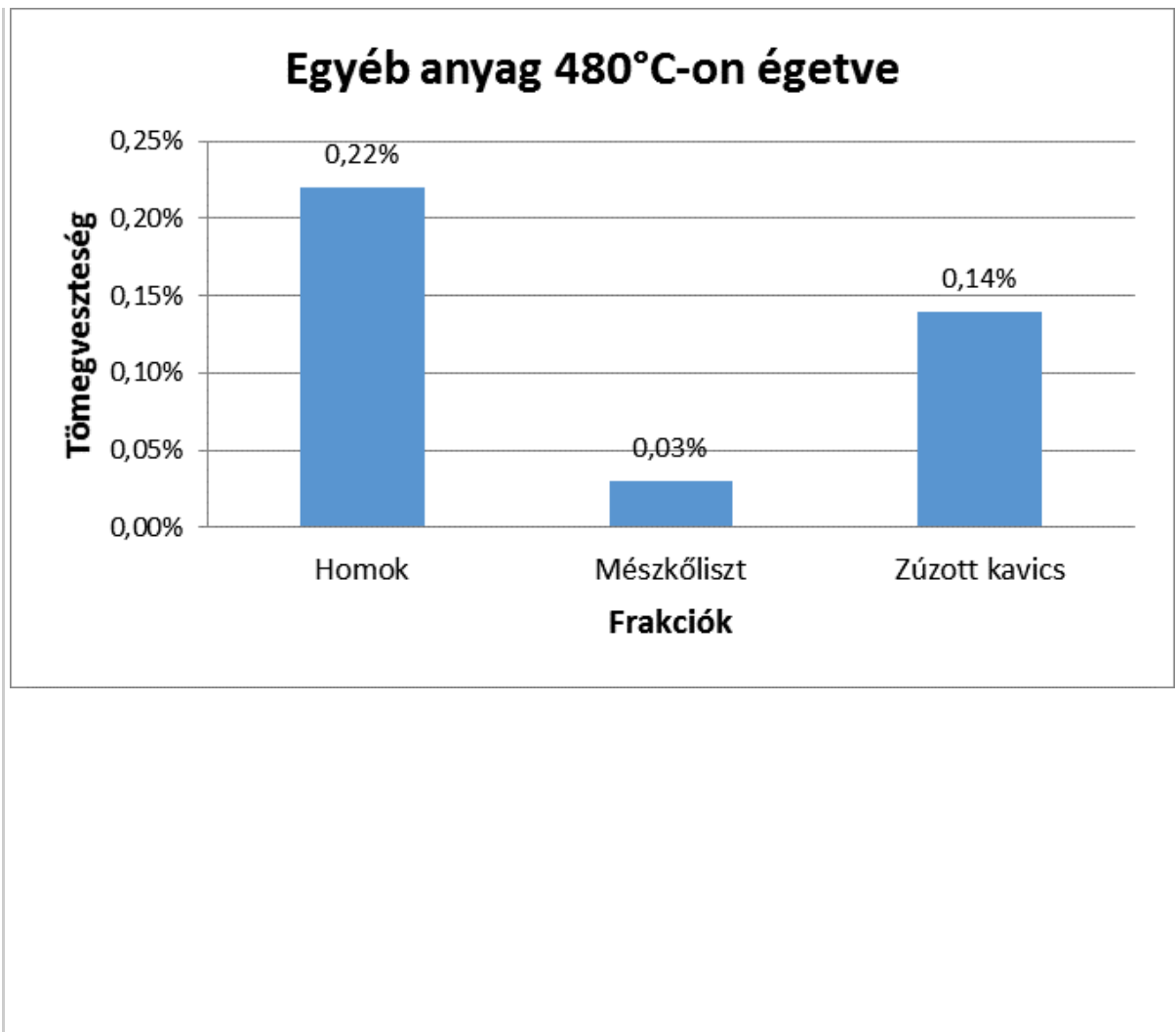
A mexikóbányai mészkő üledékes közet, amelyet szintén a keleti országrészben használnak. Csak 3 frakciót gyártanak belőle. Látható a 8. ábrán, hogy tömegvesztésük alacsony, a mért értékek szórása 0,06%, terjedelme 0,09%. A veszteség a kisebb frakciónál egyértelműen magasabb, mint nagyobb frakciók esetében.



Az uzsai bazalt magmás kőzet. Tömegveszteségük 0,80-1,02% között van, a frakciók szórása 0,09%. Összefüggés a szemcseméret és a tömegveszteség között ennél a kőzetenél is a 4/8-as és ennél nagyobb frakció esetén tapasztalható, a szemnagyság növekedésével a tömegveszteség is nő.

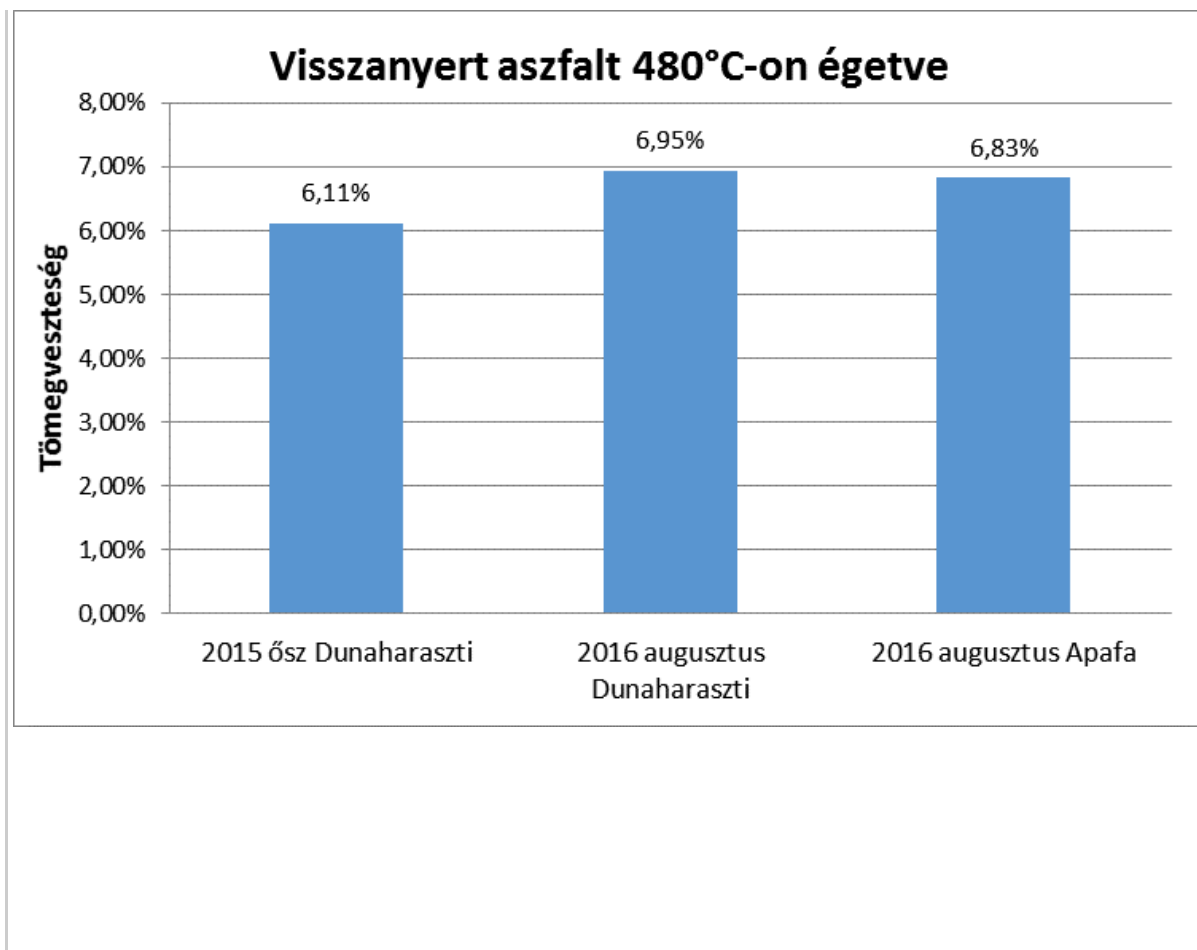
**9. ábra***Uzsai bazalt tömegvesztesége*

Az aszfalt töltőanyaga a mészkőliszt. Ennek tömegvesztesége gyakorlatilag elhanyagolható. Normál igénybevételi kategóriában használt aszfaltkeverékeknél zúzottkavicsot, és homokot is tartalmazhat az aszfaltkeverék. Ezeknek a tömegvesztesége, ahogyan a 10. ábrán látható, alacsony.



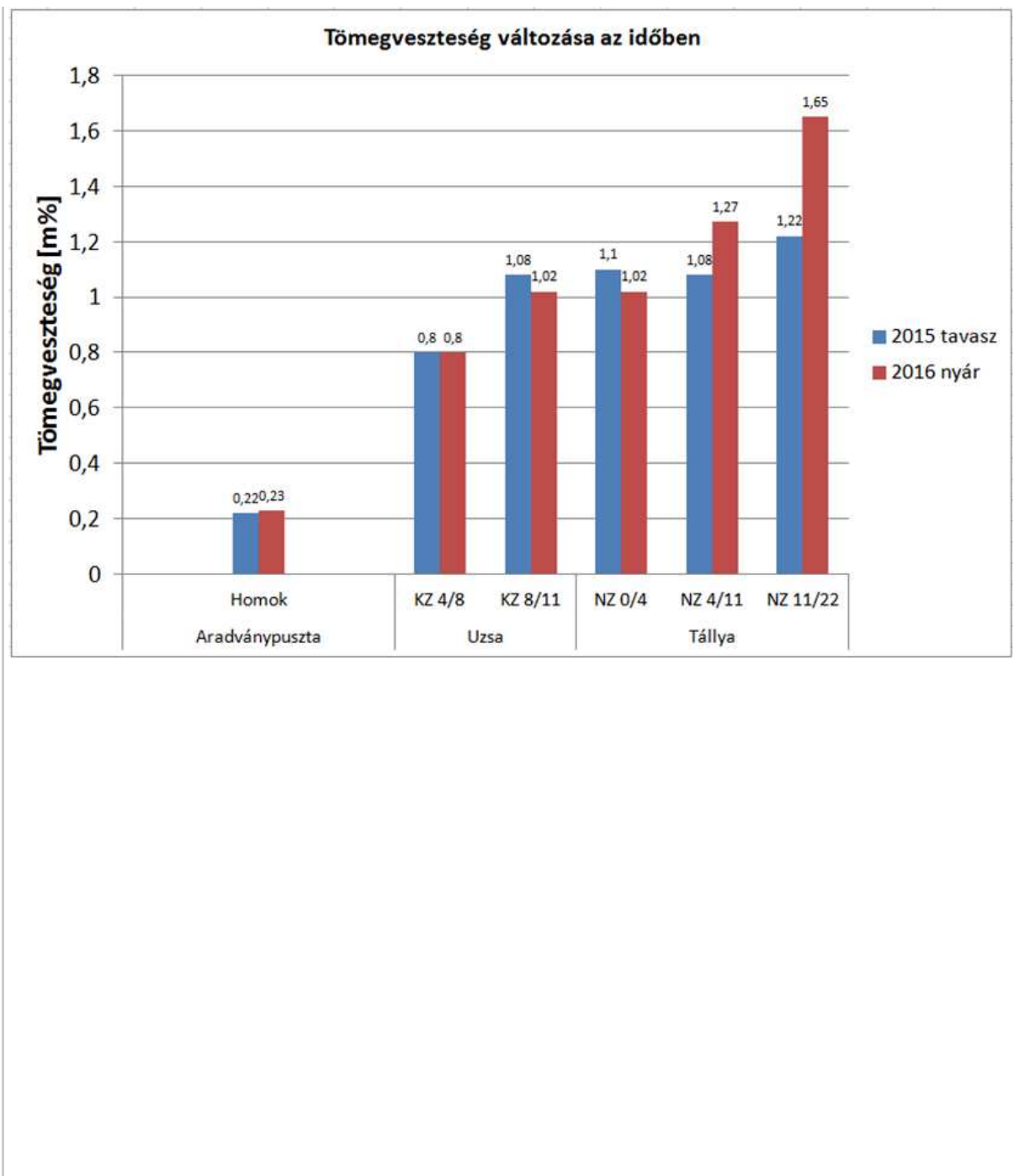
**10. ábra**  
Egyéb anyagok tömegvesztése

A környezettudatosság jegyében a visszanyert aszfaltok felhasználása a legtöbb keverőtelepen alapvető tevékenységgé vált. Főleg kisebb igénybevételre tervezett aszfaltkeverékeknél használatos, kopórétegbe maximum 10%, kötőrétegbe 20% adagolás engedélyezett. Ennek az anyagnak az ásványi váza ismeretlen, kötőanyag-tartalma általában 5-6% közé esik. Az aszfaltkeverék kötőanyag-tartalmának meghatározásához szükséges kalibrálási faktor megadásához a visszanyert aszfalt tömegvesztését is meghatározzuk égetéssel. A 11. ábra három, különböző időpontban, különböző keverőtelepekről származó martaszfalt tömegvesztését adja meg. Látható, hogy két eredmény között 0,84%-os az eltérés. A visszanyert aszfalt tömegvesztését ebből kifolyólag érdemes gyakrabban meghatározni.



**11. ábra**  
*Visszanyert aszfalt tömegvesztesége*

A kőzetek ásványi alkotói, egyéb geológiai jellemzői változhat annak függvényében, hogy a kőbánya melyik részéről származik. Ennek érdekében az 2016-ban kapott eredmények és a 2015-ös évben elvégzett vizsgálatok eredményeinek összehasonlítása látható a 12. ábrán.

**12. ábra**

*Tömegvesztés változása a 2015-ös és a 2016-os év eredményei alapján*

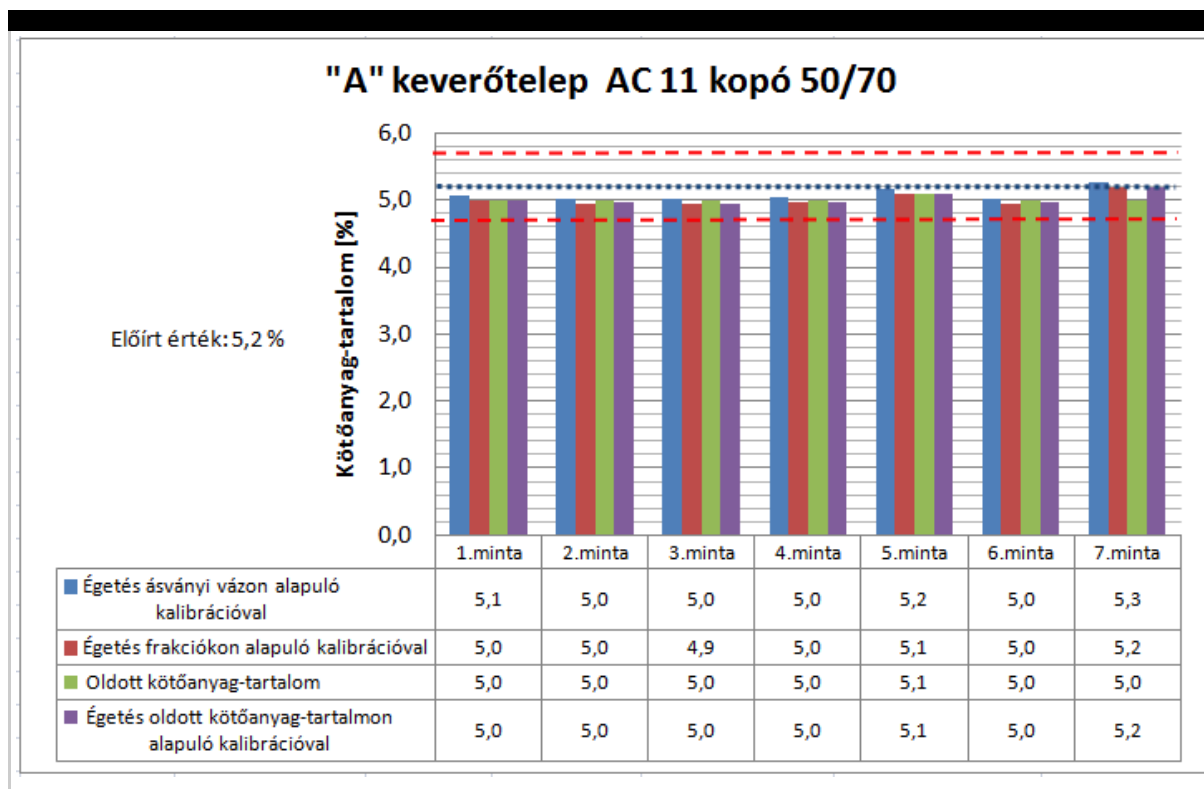
Azt tapasztalhatjuk, hogy az aradványpusztai homoknak, az uzsai bazaltnak, és a nógrádkövesdi andezitnek a tömegvesztésében kismértékű a változás, ugyanakkor a tállyai andezit 11/22-es frakciójánál 0,43%-os eltérés figyelhető meg a két eredmény között. Ebből arra a következtetésre juthatunk, hogy a kalibrációs faktort bizonyos időközönként újra meg kell határozni. Ennek gyakoriságát érdemes az egyes keverőtelepeknek kitapasztalnia a felhasznált közetek tömegvesztés-változásának függvényében, de javasolt évente legalább egyszer, a keverék gyártásának kezdetekor meghatározni.

## 5. Üzemi gyártásellenőrzés

Üzemi gyártásellenőrzés során a gyártó tanúsítja, hogy az általa gyártott termék megfelel az előírásoknak. Az MSZ EN 13108-21 szabvány által meghatározott mennyiségként a keverőtelepi laboratóriumok számos vizsgálatot elvégeznek, ezek között van a kötőanyag-tartalom, és a szemeloszlás meghatározása.

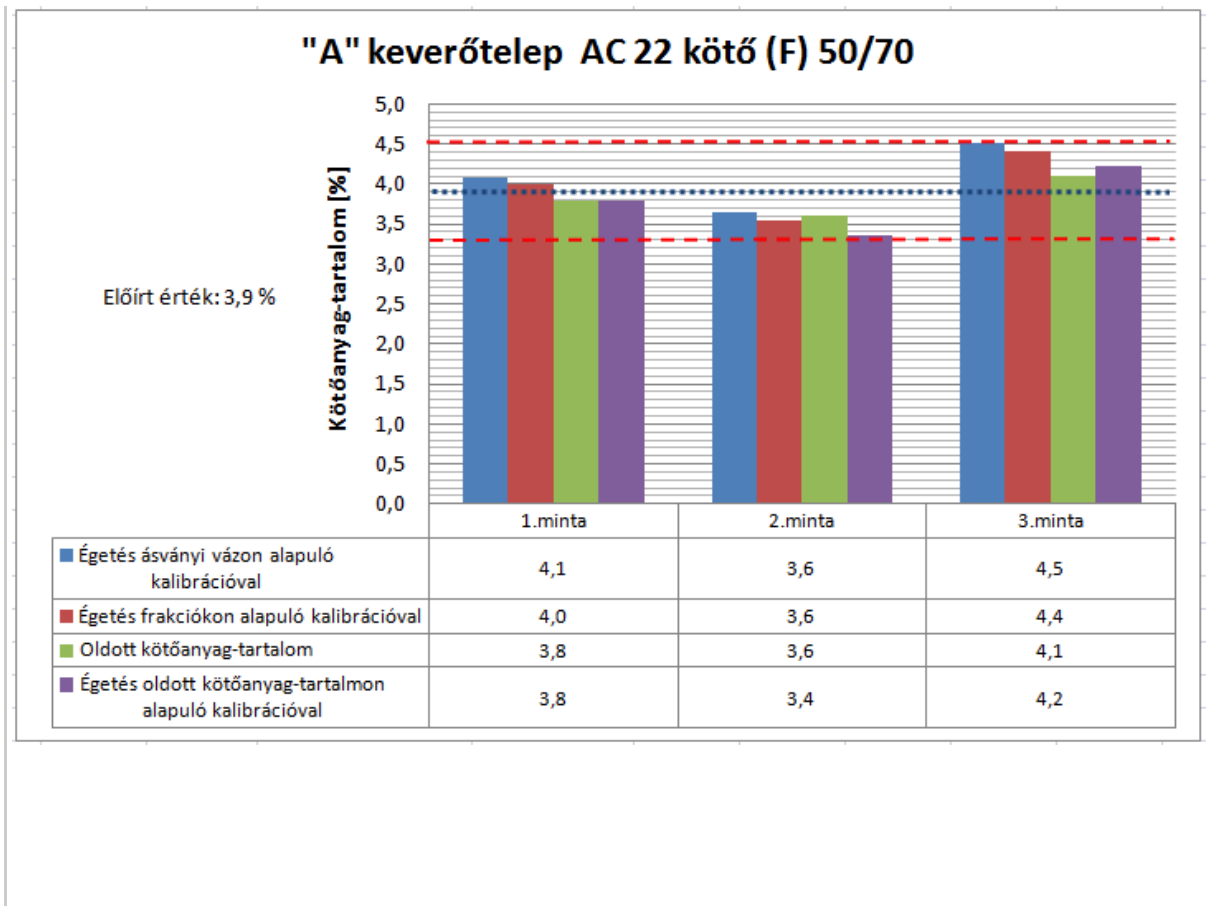
Egy hazai útépítő cég aszfalt keverőtelepei közül két helyen az oldószeres vizsgálat mellett az égetés is elkezdődött az 2016-os évtől, annak megállapítására, hogy az égetéses eljárást az üzemi gyártásellenőrzésben lehet-e használni. A két keverőtelep mellett a központi laboratórium is rendelkezik égető berendezéssel, a „C” keverőtelepről származó mintákat itt vizsgáltuk. Minden vizsgált mintán égetéssel és kioldással határoztuk meg a kötőanyag-tartalmat.

Az egyes keverőtelepi laboratóriumokban vizsgált aszfaltok égetéses és oldott kötőanyag-tartalma a 13-19. ábrákon látható. A frakciók tömegveszteségének mérését a Központi Laboratóriumban végeztük el, míg az ásványi vázat a keverőtelepeken állították össze, és égették el egy adott keverék esetén egyszer. Egy keveréknél két párhuzamos vizsgálatot végeztünk el.



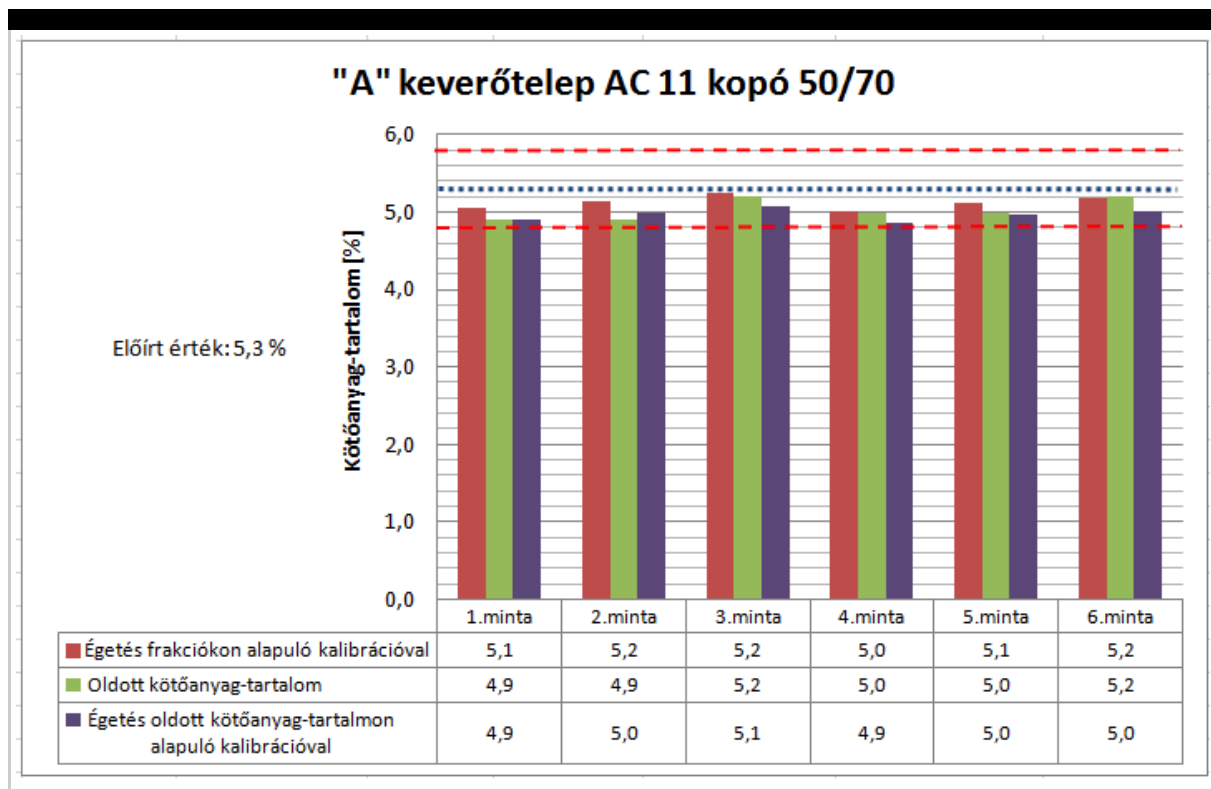
**13. ábra**

„A” keverőtelep AC 11 kopó 50/70



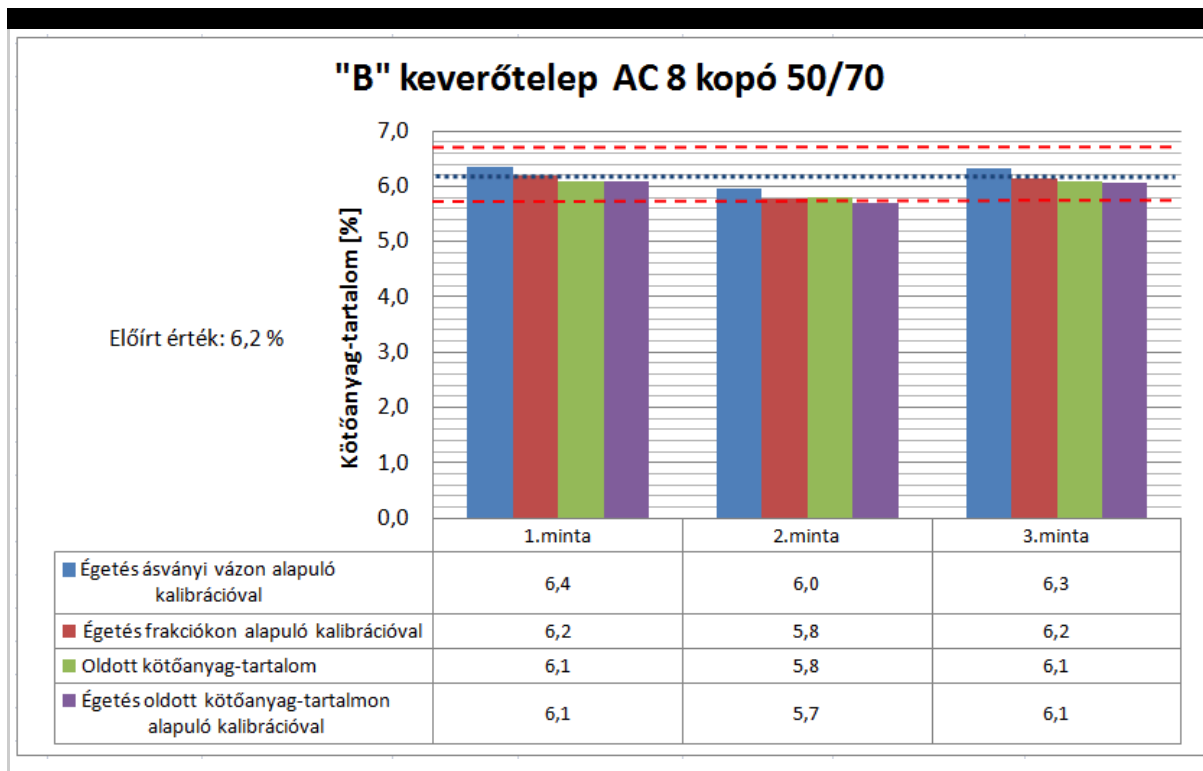
14. ábra

„A” keverőtelep AC 22 kötő (F) 50/70



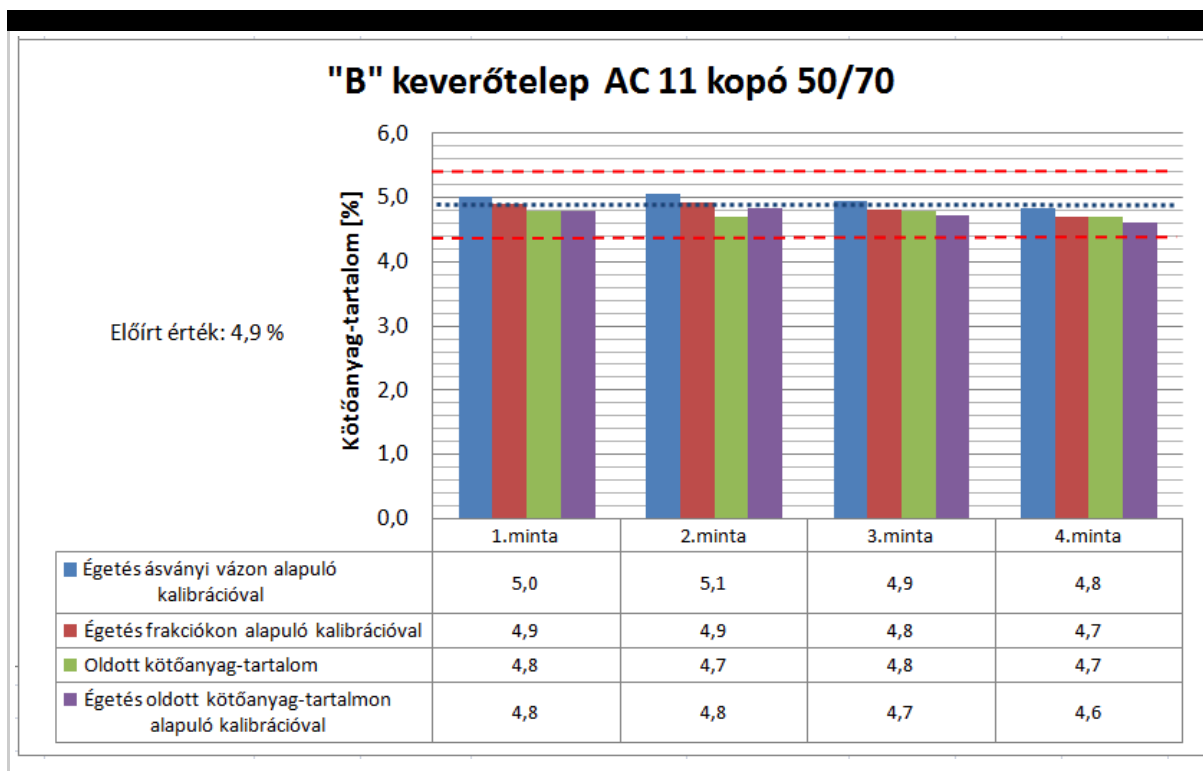
15. ábra

„A” keverőtelep AC 11 kopó 50/70



16. ábra

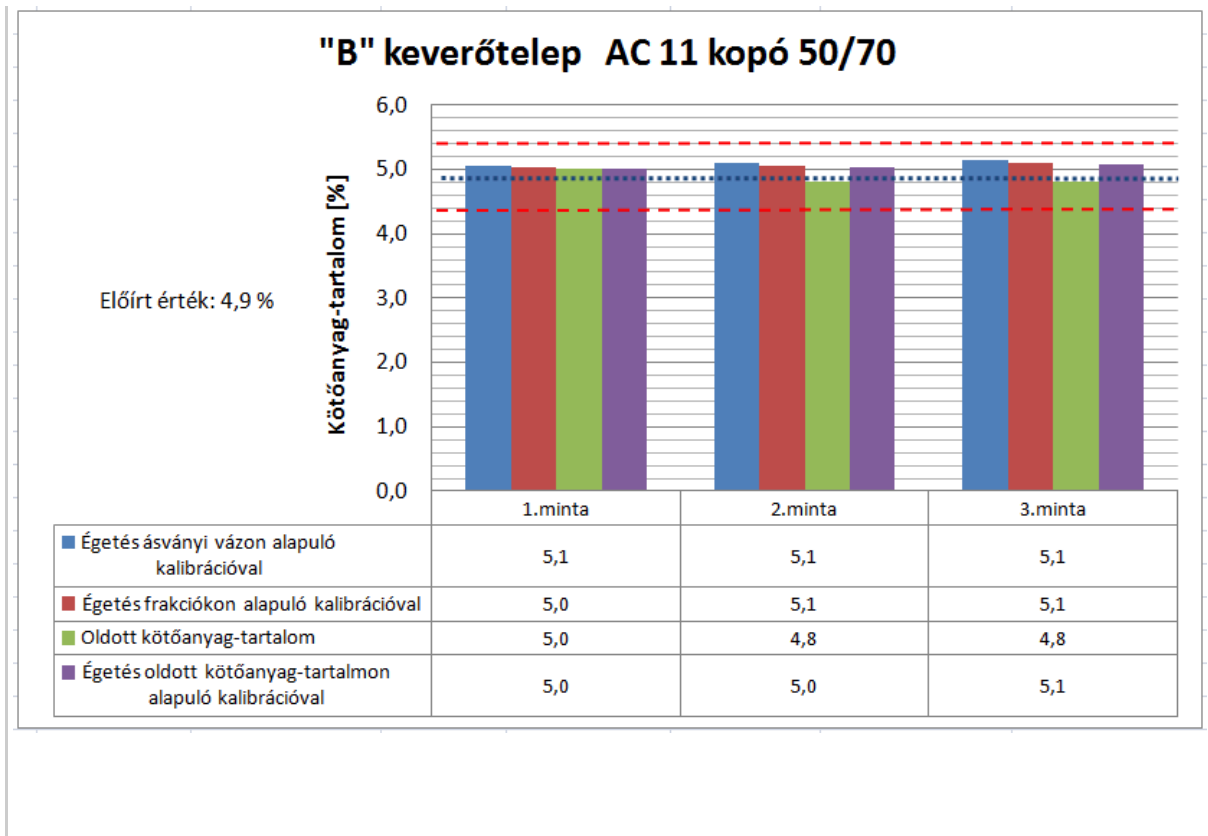
„B” keverőtelep AC 8 kopó 50/70



17. ábra

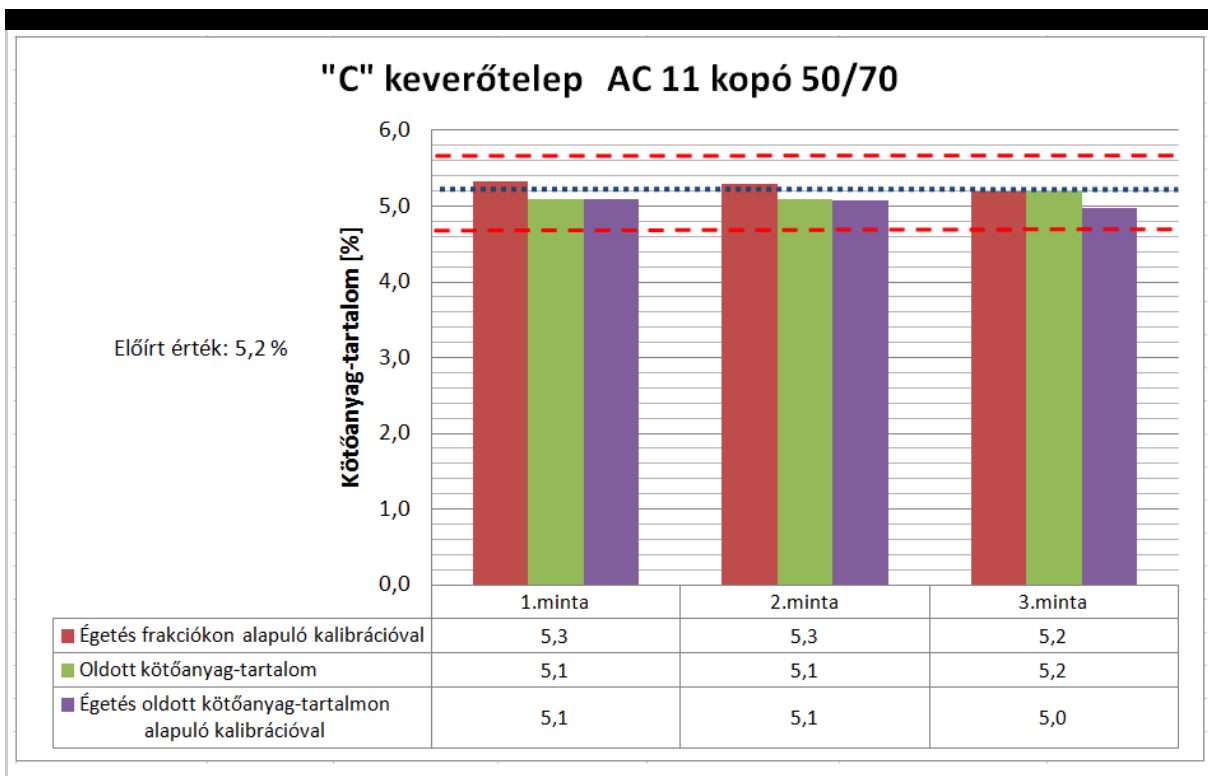
„B” keverőtelep AC 11 kopó 50/70





18. ábra

„B” keverőtelep AC 11 kopó 50/70



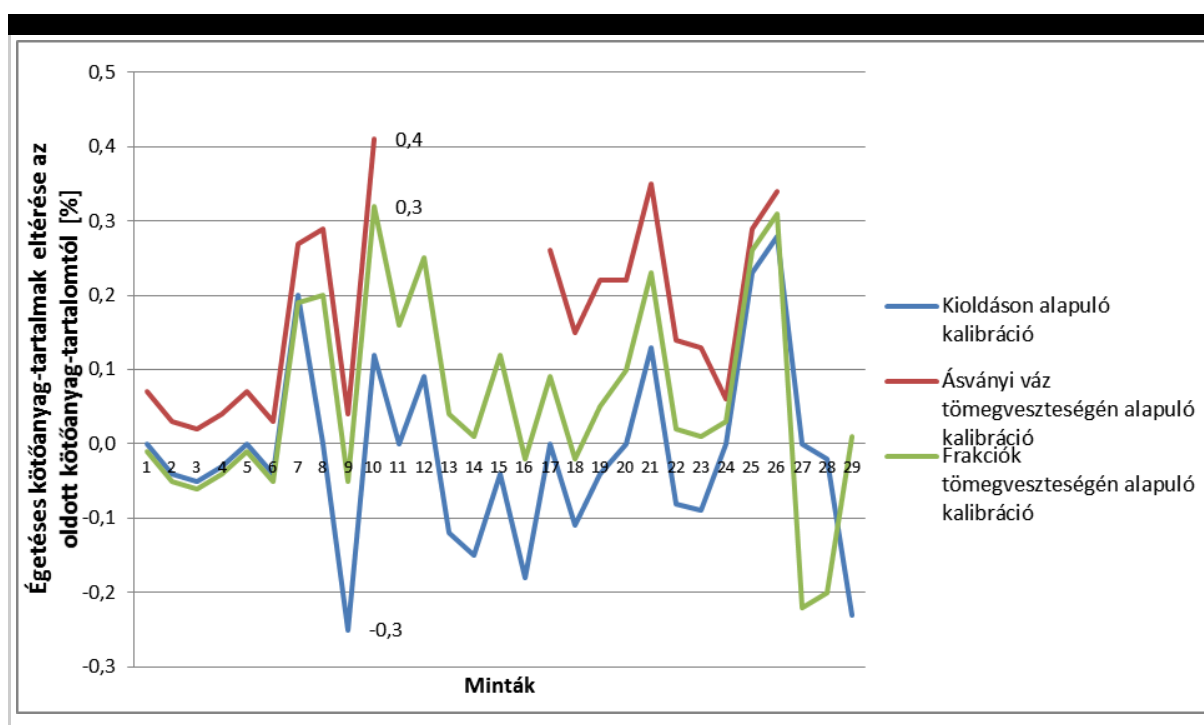
19. ábra

„C” keverőtelep AC 11 kopó 50/70

Az ábrákon kék vonallal az előírt érték, piros vonallal a megengedett eltérések a gyártás megfelelőségéhez látható. Ez az érték 11 mm-es maximális szemmagysáig  $\pm 0,5\%$ , 22 mm-es maximális szemmagyságnál  $\pm 0,6\%$ .

Látható, hogy mindegyik esetben a kötőanyag-tartalom a megfelelőségi tartományon belül esik, az „A” keverőtelep AC 22 kötő 50/70 3.mintájánál az ásványi vázon alapuló kalibrálással, és a „B” keverőtelep AC 8 kopó 50/70 2. mintájánál a kioldáson alapuló kalibrálással a határon van a kötőanyag-tartalom.

Az előírt értéktől való eltérés a gyártás megfelelőségét tükrözi. A keverék tényleges kötőanyag-tartalma ugyanakkor gyakran eltér a típusvizsgálatban előírt értéktől. Az égetés megfelelőségét így célszerűbb az oldott kötőanyag-tartalomhoz viszonyítani, és érdemes a két érték közötti kapcsolatot elemezni. A 20. ábrán a három kalibrálási módszer és az oldott kötőanyag-tartalom közötti eltérések kerültek feltüntetésre.



**20. ábra**

Oldott kötőanyag-tartalomtól való eltérések

A szabvány alapján lehetőség van a kalibrációs értéket az égetésből adódó tömegvesztés és az oldott kötőanyag-tartalom különbségéből számolni. A grafikonokon ezek az értékek is fel vannak tüntetve. A kalibráció az első mintánál kapott oldott kötőanyag-tartalom alapján történt.

Látható, hogy az ásványi váz tömegvesztésén alapuló kalibrációval rendre az oldott kötőanyag-tartalomnál nagyobb értékek adódtak. Abszolút értékben a maximális eltérés 0,4%, az átlagos eltérés 0,2%. A frakciók tömegvesztéséből számolt kalibrációval a legnagyobb eltérés az oldott kötőanyag-tartalomtól 0,3%, az átlagos eltérés 0,1%. Az kioldásból adódó kalibrálással a legnagyobb eltérés

abszolút értékben 0,3%, az átlagos eltérés 0,1%. Utóbbi két kalibrálás pontossága tehát megegyezik a vizsgált minták alapján.

## 6. Összefoglalás

Az aszfaltkeverékek kötőanyag-tartalmának meghatározása a mindennapi keverőtelepi vizsgálatok részét képezi. Az oldószeres extrahálás évtizedek óta az egyetlen lehetséges módszer e vizsgálat végrehajtásához, amely során egészségre káros, és drága, vegyszerek oldják le a bitument az ásványi vázról. Az utóbbi években a fenntartható fejlődés irányzata az aszfalttechnológiában is teret nyert, amely hatására az oldószerek használatát európai szinten korlátozzák.

Egy alternatív módszer, az égetéses kötőanyag-tartalom bevezethetőségének vizsgálata folyik 2014 óta, hogy igazolódjon a megfelelősége az üzemi gyártásellenőrzésre. Az eljárásról szóló követelményeket európai szabvány foglalja keretbe, ugyanakkor a legtöbb országban a használata még kezdeti stádiumban van. A kioldósos módszer teljes mértékben nem szüntethető meg a laboratóriumi gyakorlatban, ugyanis az ismeretlen eredetű fűrt minták kötőanyag-tartalma csak oldószeres analízissal kapható meg. Ugyanakkor a kötőanyag-tartalom vizsgálatok jelentős része a gyártott anyag ellenőrzése folyamán történik, így az égetéses eljárás nagy mennyiségű oldószer használatát váltaná ki.

Jelen tanulmányban a hazai kőzetek vizsgálata folyt, továbbá az üzemi gyártásellenőrzés során kapott oldott és égetett kötőanyag-tartalmak kerültek összehasonlításra. Azt tapasztalhattuk, hogy a különböző kőzetek tömegvesztesége 480°C és 540°C-os tartományban 0-1,73 % között van. Legkisebb tömegvesztesége a mészköveknek, dolomitoknak van, míg a legnagyobb a tállyai andezitnek. Egy kőzeten belül a frakciók szemnagysága és tömegvesztesége között egyértelmű kapcsolat nem fedezhető fel.

Üzemi gyártásellenőrzésben végzett mérések azt mutatják, hogy az égetés alkalmas a keverőtelepen végzett kötőanyag-tartalmak meghatározására. A kalibrációs faktor meghatározása három módon történt – oldott kötőanyag-tartalomból, ásványi frakciók tömegveszteségéből és az aszfaltkeverék összetétel szerinti súlyozásából, valamint a receptúra szerint összemért ásványi váz tömegveszteségéből.

Az átlagos eltérés az oldott kötőanyag-tartalomnál a legkisebb, míg az ásványi vázon alapuló kalibrációnál a legnagyobb. Mindhárom fajta kalibrációs faktorialapított szabványban előírt megengedett eltéréseknek.

Az utóbbi év pozitív eredményei hazai konferenciákon kerültek bemutatásra, továbbá körvizsgálatokon számos laboratórium részt vett, annak érdekében, hogy az égetés elfogadottá váljon a hazai útépitési gyakorlatban. Rendkívül nagy előrelépést jelent, hogy a hamarosan megjelenő Útügyi Műszaki Előírás engedélyezni fogja az égetéses kötőanyag-tartalom meghatározás használatát az üzemi gyártásellenőrzésben, és ezzel a keverőtelepi laboratóriumok nagyban hozzájárulnak

a környezetre és az emberre káros vegyszerek használatának lecsökkentéséhez. Javasolt további vizsgálatokat végezni a kőzetek összetételén, ásványi alkotóin, amelyek a tömegveszteségüket befolyásolják. Érdemes az egyes keverőtelepeknek kitapasztalnia, hogy a felhasznált kőzetek tömegvesztesége milyen mértékben, és milyen gyakran változik, és így a kalibrációs érték meghatározásának gyakoriságát meg tudják határozni.

## 7. Források

Candidate List of substances of very high concern for Authorisation: [weblap](#)

Látogatás ideje: 2016. október 16.

E. R Brown, N. E. Murphy, L. Yu, S. Mager, (1995) „Historical development of the asphalt content determination by the ignition method”. The 1995 meeting of the Association of Asphalt Paving Technologists pp. 2-3

Graham C. H. (2003) „Evaluation of infrared ignition furnace for determination of asphalt content”. Presentation and Publication for the 82nd Annual Meeting of the Transportation Research Board.

J. P. Michaut (2016) „New European Test Methods and Standardization” XVII. HAPA konferencia

Kevin D.H. (1998) „Effects of the Ignition Method on Aggregate Properties”. Annual Meeting of the Association of Asphalt Paving Technologists pp. 2

Mohammed Y. T. (2008) „Evaluation of Ignition Method for Determining Asphalt Content of Hot Mix Asphalt Mixtures”

MSZ EN 12697-39:2012 Aszfaltkeverékek. Meleg aszfaltkeverék vizsgálati módszerei. 39. rész: Égetéses kötőanyag-tartalom

MSZ EN 13108-21. Aszfaltkeverékek. Anyagelőírások. 21. rész: Üzemi gyártásellenőrzés

NCAT (1995) TR-NEWS 180

Szvoboda K. (2015) „Aszfaltkeverékek bitumentartalmának égetéses és oldószeres eljárással való meghatározásának összehasonlítása” BSc. diplomamunka

Szvoboda K. (2016) „Égetéses bitumentartalom az üzemi gyártásellenőrzésben” 41. Útügyi napok konferencia

Török Á. (2007) „Geológia mérnököknek” Egyetemi tankönyv. Műegyetemi Kiadó Budapest, ISBN 978-963-420-934-8

Viktoras V. Audrius V. Alfredas L. Donates C. (2002) „Evaluation of Asphalt Composition Laboratori Determination Methods”

*Megjelent itt*

## 8. szám

2016. ősz



---

### Szerző

#### Szvoboda Krisztián

Jelenleg a MSc hallgató a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki karán Út- és Vasútmérnöki szakirányon. A BSc képzést 2011-15 között végezte. Érdeklődési kör: aszfalttechnológia

---

### Témakörök

Kiemelt • Kötőanyagok • Témakörök

### Kulcsszavak

aszfalt • bitumen • égetés • kioldás • kötőanyag-tartalom • üzemi gyártásellenőrzés

### Befogadva

2016. december 2.

---

---

### Hozzászólás

Hozzászólás

\* Név

\* E-mail cím

Honlap

Hozzászólás elküldése

Bejegyzések

Galéria

Impresszum

Interjúk

Könyvajánló

Nemzetközi szemle

Szakolvasó

Témakörök

---

© Copyright **Útügyi Lapok** 2013 • *Minden jog fenntartva.*















Folyóirat

Bejegyzések

Szakolvasó

Impresszum

# Ütügyi lapok

8

## Az analitikus német útpályaszerkezet méretezési eljárás ismertetése

*Az aszfaltburkolatú útpályaszerkezet méretezés és megerősítés területén a jelenleg érvényes hazai méretezési elvek mára meglehetősen elavultak, a méretezési módszerek fejlődését szabályozásunk a vonatkozó útügyi műszaki előírás 2005-ös kiadása után már nem követte nyomon.*

*A magasabb teljesítőképességű aszfaltkeverékeknek, a jobb teherbírású alaprétegeknek a pályaszerkezet teljesítményére gyakorolt hatásának figyelembe vehetősége a méretezés során azonban a nemzetközi gyakorlatban is aktuális probléma. A cikk a német kollégák által az alternatív méretezés gyakorlati megvalósíthatóságára adott műszaki megoldást tekinti át.*

*Tekintettel arra, hogy a korabeli német szabályozás nemcsak a magyar típus-pályaszerkezetek elvi alapjainak kilencvenes évek környéki kidolgozására volt domináns hatással, hanem szakmánk azt követően is ezer szállal kapcsolódik Németországhoz, a német eljárás elméleti alapjainak megismerése a magyar mérnökök számára is értékes lehet.*

### 1. BEVEZETÉS

Annak indoklása nem szükséges, hogy a hiányzó úthálózati elemek kiépítésének folytatása, továbbá a meglévő hálózat megerősítése, illetve felújítása miért kiemelt nemzetgazdasági érdek, azonban a rendelkezésre álló források korlátozott volta indokolná, hogy ezen fejlesztések és beavatkozások tervezése a lehetséges legkorszerűbb módszerekkel, optimális költséggel történjen, elősegítve ezzel a hatékonyabb, alacsonyabb költségű és/vagy magasabb szolgáltatási színvonalú megoldások kidolgozhatóságát.

Sajnálatos azonban, hogy az útpályaszerkezet méretezés és megerősítés területén a kilencvenes évek elején lezajlott korszerűsítést követően érdemi fejlődés - mostanáig - nem történt. A magyar méretezési elvek mára meglehetősen elavultak, a technológia fejlődését a szabályozásunk csak kismértékben - szinte csak az európai jogharmonizációs nyomás miatt - követte nyomon. A magasabb teljesítőképességű aszfaltkeverékek, a jobb teherbírású alaprétegeknek a pályaszerkezet egészének teljesítményére gyakorolt hatása a méretezés során egzakttá műszaki módszerekkel, a jelenlegi keretek között nem mutatható ki, így független műszaki-gazdasági elemzések nem végezhetőek el. A szakmánkban már széles körben elterjedt anyagok és technológiák a jelenleg érvényes szabályozás keretén belül még nem kezelhetők, így például:

- a modifikált bitumenek, nagy modulusú aszfaltok, illetve az aszfaltgranulátum anyagi tulajdonságainak figyelembe vétele,
- az aszfaltrácsok, -hálók, illetve a remixált rétegek tekintetbe vétele a megerősítés során,
- helyi vagy alternatív anyagok felhasználhatósága,
- a széles határok között mozgó forgalmi terhelési osztályok helyett a valós forgalmi terhelés alkalmazása.

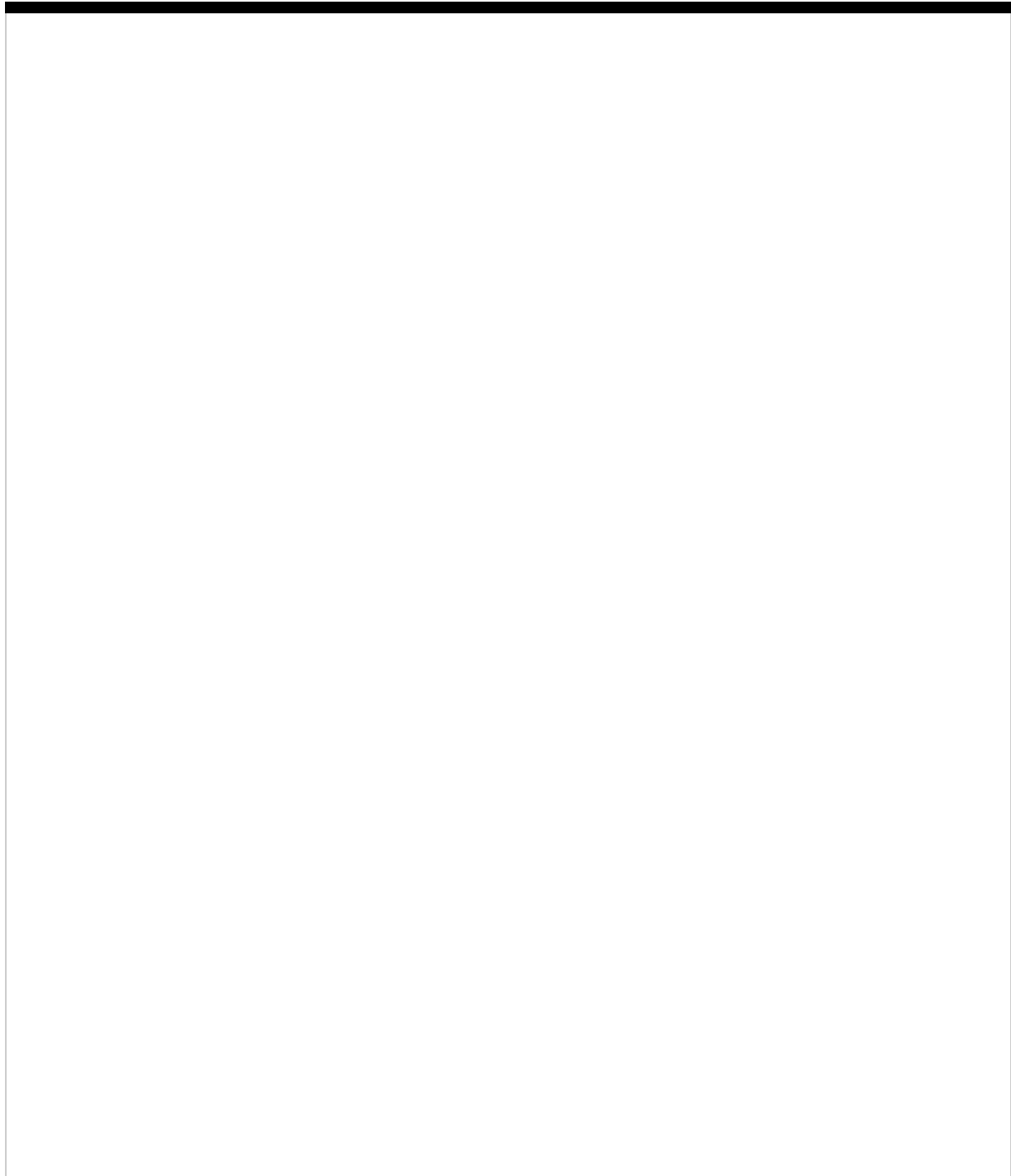
Visszatekintve az elmúlt negyedszázadra, akár az is állítható, hogy a tervezői mozgáster és kreativitás vonatkozásban a szakmában visszalépés történt az azt megelőző időszakhoz képest, hiszen amíg a 70-es, 80-as évben alkalmazott ún. egyenérték vastagságon alapuló méretezési elvek - lásd HUMU - bizonyos fokú mérnöki mozgásteret tettek lehetővé, addig

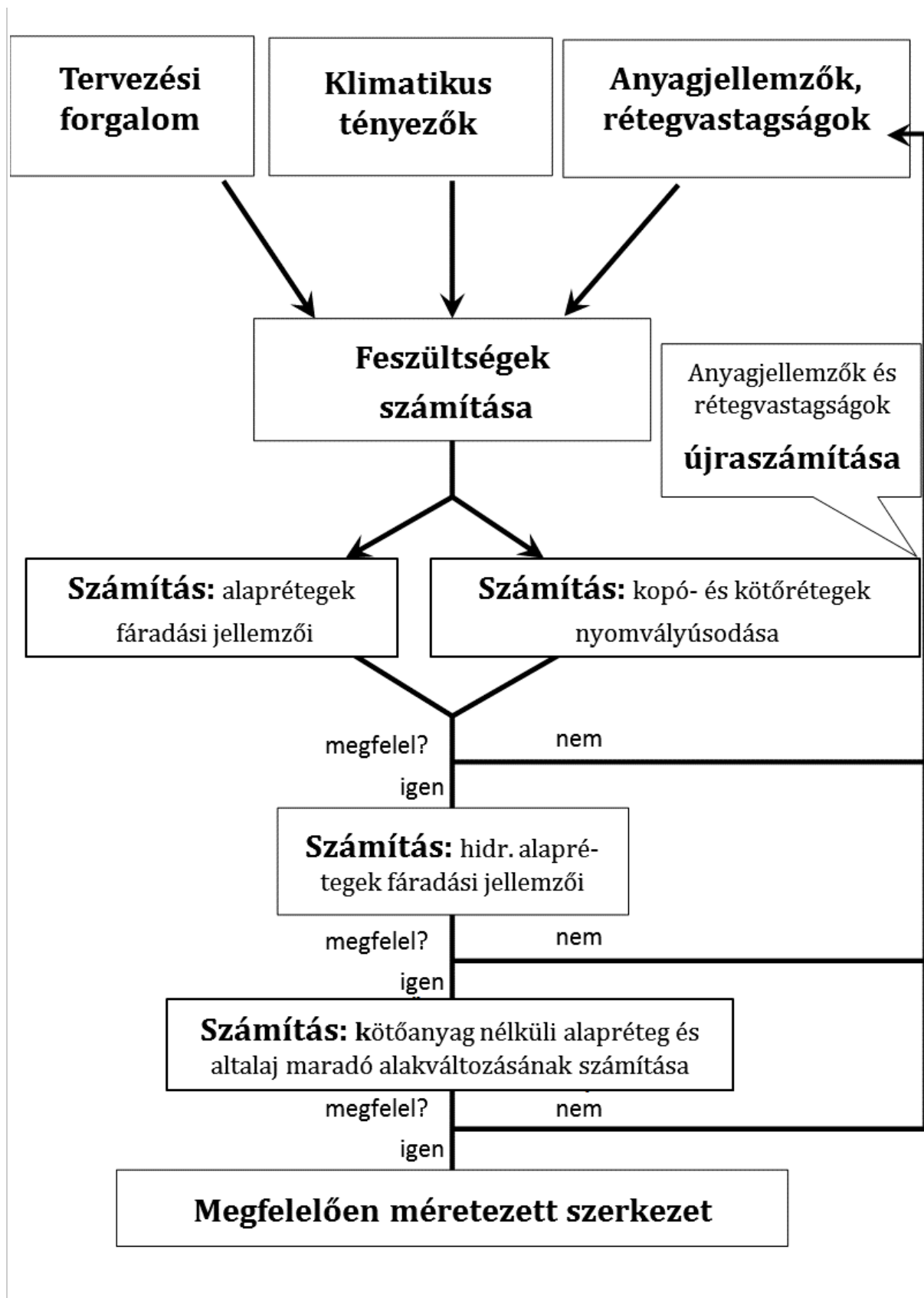
napjaink típus-pályaszerkezetei alapvetően korlátozzák azt, sőt a fentiek alapján nem túlzás azt állítani, hogy gátjai az innovatív fejlődésnek. A kialakult tervező gyakorlat szinte csak egy-két pályaszerkezet variációt használ, a helyi környezeti vagy földrajzi adottságokra illetve a későbbi kivitelezői műszaki képességre és kapacitásra tekintet nélkül. Ennek gazdaságtalan volta további magyarázatot nem igényel.

A fenti gondolatmenetben megfogalmazott problémákkal azonban nem vagyunk egyedül, a fejlett műszaki világ más országában is keresik a megnyugtató válaszokat ezekre a kérdésekre. Tekintettel arra, hogy a korabeli német szabályozás nemcsak a magyar típus-pályaszerkezetek elvi alapjainak kilencvenes évek környéki kidolgozására volt domináns hatással, hanem szakmánk azt követően is ezer szállal kapcsolódik Németországhoz, érdekes és értékes lehet megismerni a német kollégák által az alternatív méretezés gyakorlati megvalósíthatóságára adott első választ.

## 2. Az „RDO - ASPHALT 09” ISMERTETÉSE

Noha a német útpályaszerkezet méretezési gyakorlat („*Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen (RStO 12)*”) - a magyarhoz hasonlóan (ÚME, 2005) - típuspályaszerkezet kiválasztáson alapul, azonban az aktuális német szabályozásban megjelent új előírás („*Richtlinien für die rechnerische Dimensionierung des Oberbaus von Verkehrsflächen mit Asphaltdeckschicht (RDO - Asphalt 09)*”) jelentős forgalmi terhelés esetén, 100 millió egység tengely felett - egy meglehetősen komplex eljárás keretében - ún. analitikus méretezési eljárás lehetőségét teremti meg. Az aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek ezen egyedi méretezési folyamatát az 1. ábra mutatja be.





1. ábra

Az RDO – Asphalt 09 folyamat ábrája

A méretezés lépései az alábbiak szerint foglalhatóak össze:

- a forgalmi terhelésből és a klimatikus viszonyokból - hőmérsékleti gradiensek és azok előfordulási gyakorisága - származó bemenő paraméterek definiálása,
- a szerkezeti modell meghatározása a rétegrend, az anyagjellemzők és a rétegvastagságok kiindulási értékeinek meghatározásával, ahol a rétegvastagságok kiindulási értékeinek kiválasztása a német katalógusrendszer (RStO 12) szerint megfelelő forgalmi terhelésre ajánlott rétegvastagságok szerint javasolt,
- feszültségek, alakváltozások számítása a pályaszerkezet kritikus pontjaiban,
- az aszfaltrétegek, alaprétegek, földmű megfelelésének igazolása.

Ha a számítások valamelyik eredménye nem megfelelő, a kérdéses réteg(ek) vastagságának és anyagi jellemzőinek változtatása szükséges, figyelembe véve a fagyvédelem biztosításához szükséges összvastagságot is. Ezután a számításokat meg kell ismételni mindaddig, amíg minden ellenőrzés eredménye megfelelő nem lesz.

A pályaszerkezeti rétegek analitikus méretezéséhez aktuális forgalmi, környezeti és anyagi paraméterek meghatározása szükséges, továbbá a méretezés során az egyedileg meghatározott input paramétereket a számításhoz kell csatolni.

## 2.1. Fogalmi terhelés

A forgalmi terhelést nem a nemzetközi gyakorlatban, illetve hazánkban is jól ismert és általánosan használt 10 tonnás egység tengely terhelés dimenziójában kell megadni, hanem azt a járműtengelyek áthaladási számában kell meghatározni az adott súlyú tengelyek előfordulási gyakorisága alapján. A forgalmi terhelés figyelembe vétele ebben az esetben nem a 10 tonnás egység tengelyek összegeként, hanem 2 tonnás tengelyterhelési lépcsőnként meghatározott terhelési osztályok alapján történik. Az 1. táblázat a különböző funkciójú autópályák vonatkozásban mutatja ez egyes tengelyterhelési osztályok megoszlását.

	tengely terhelési osztályok (statikus) (tonna)										
	0 - 2	2 - 4	4 - 6	6 - 8	8 - 10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	>20
	adott tengelyterhelési osztály gyakoriság (%)										
autópálya távolsági forgalom <sup>1</sup>	2,8	21,5	26,5	30,7	11,7	4,9	1,7	0,3	0,01	0,0007	0,0001
autópálya vegyes forgalom <sup>1</sup>	3,5	24,9	27,5	26,3	11,1	4,7	1,7	0,3	0,03	0,003	
autópálya város közeli forgalom <sup>1</sup>	4,0	36,8	29,4	17,1	7,5	3,9	1,14	0,14	0,003		

**1. táblázat**  
Tengelyterhelési osztályok és a hozzájuk rendelt gyakoriságok

ahol:

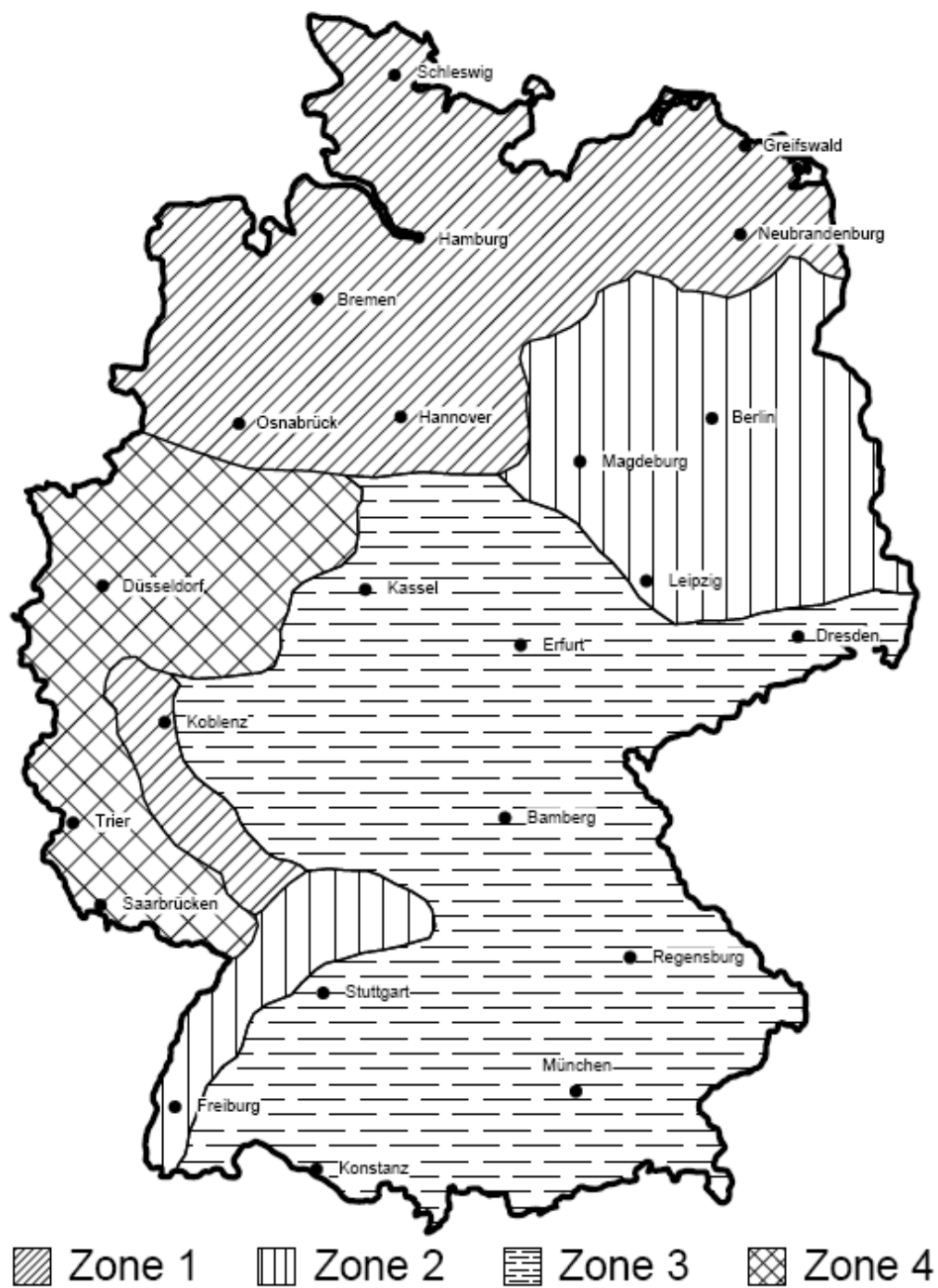
1) - a „Richtlinien zur Anlage von Landstraßen RAL” illetve a „Richtlinien zur Anlage von Autobahnen RAA” szerint

A forgalmi terhelés meghatározásához, ha lehetséges, tengelysúlymérési adatokat, egyéb esetekben fogalomszámlálási adatokat kell felhasználni. Ha a forgalmi terhelés rövid szakaszonként változik - pl. nagy csomópontsűrűség esetén - technológiailag elfogadható hosszúságú szakaszokat kell képezni, amelyeken belül a méretezés az előforduló legnagyobb forgalomra történik.

## 2.2. Klimatikus tényezők

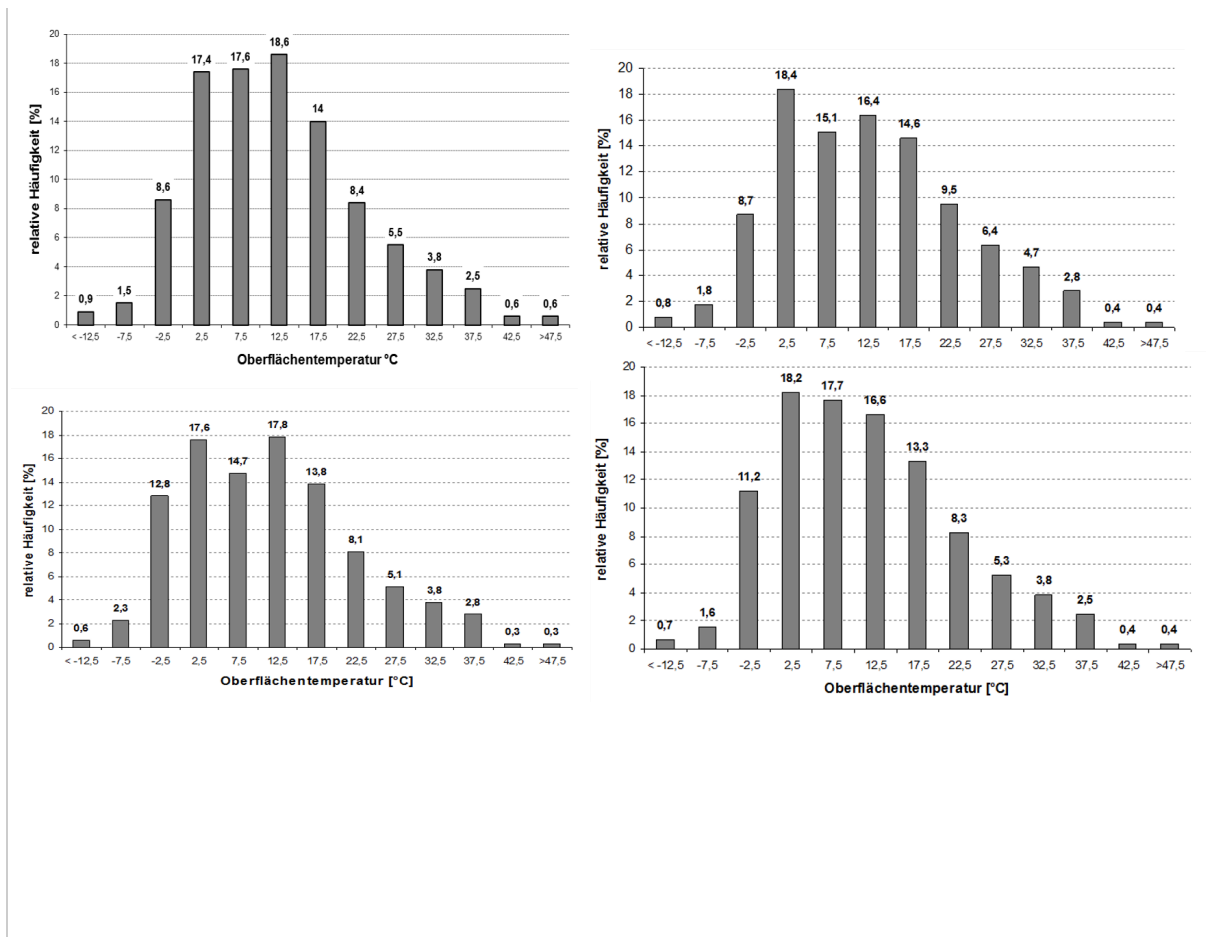
Az aszfalt útpályaszerkezetekben ébredő feszültségek és alakváltozások különösen nagy mértékben függenek a pályaszerkezet hőmérsékletétől, ennek köszönhetően a fáradás szempontjából történő méretezés a hőmérséklet-változás leírásának nehézségei miatt a nemzetközi gyakorlatban elsődlegesen az ún. ekvivalens hőmérsékleten történik (Pethő, 2008). A német eljárás e tekintetben is előremutató, a forgalmi terhelés újszerű figyelembe vétele mellett a másik jelentős eleme az aszfaltrétegek hőmérsékleti gradiensek beépítése az eljárásba. Németországban a burkolat felületi hőmérséklete jellemzően -15 és +50 °C között változik. Az eljárás során ez a hőmérsékleti intervallum 13 darab, egyenként 5°C-os osztályközzel kerül figyelembe vételre, majd rész-intervallumként kerül meghatározásra a hőmérsékletek alapján a pályaszerkezet teherbírása. Az eljárás ezen része Kayser munkáján alapul, aki doktori munkájában (Kayser, 2007) Németországot négy klimatikus zónára osztotta a 2. ábrán láthatóak szerint, majd zónánként megadta a burkolat felületi hőmérsékletének gyakorisági hisztogramjait (3. ábra).

## Temperaturzonenkarte



2. ábra

Klimatikus zónák Németországban



**3. ábra**  
Klimatikus zónához tartozó gyakorisági hisztogramok

Az így megkapható felületi hőmérsékletek alapján adott mélységben már a hőmérsékleti viszonyok is - korábbi német eredmények (Speth, 85; Hess, 98) alapján - prognosztizálhatók az alábbi képlet segítségével:

$$y = a * \ln(0,01 * x + 1,0) + T$$

ahol:

y - aszfalthőmérséklet „x” mélységben [°C]

x - mélység [mm]

T - felületi hőmérséklet [°C]

a - hőmérséklettől függő paraméter, az alábbi táblázat szerint [-]

Hőmérséklet	<-10	<-5	< 0	< 5	< 10	< 15	< 20	< 25	< 30	< 35	< 40	< 45	> 45
Paraméter	6,5	4,5	2,5	0,7	0,1	0,3	0,4	-1,6	-4,0	-6,2	-8,5	-10,5	-12,0

Az ekvivalens hőmérséklet alkalmazását az eljárás az egyes hőmérsékleti intervallumok előfordulási gyakoriságának figyelembe vételével kerüli ki és ennek köszönhetően az egyes hőmérsékleti rész-intervallumként a teherbírás számíthatóvá és kombinálhatóvá válik az egyes forgalmi terhelések előfordulási gyakoriságával.

**2.3. Anyagmodellek**

Az útpályaszerkezet viselkedésének leírására az eljárás lineárisan rugalmas modellt használ, amelyben az egyik legfontosabb paraméter az aszfaltrétegek hőmérsékletfüggő merevségének megadása. Az aszfaltrétegek merevségtételeinek figyelembe vétele szintén egy német doktori értekezés eredményein (Kiehne, 2007) alapul.



A normál és a modifikált bitumenekkel gyártott aszfaltkeverékek anyagi paramétereit nem lehet egy általános összefüggéssel leírni, azok meghatározását laboratóriumi vizsgálatokra alapozva javasolt megtenni. A méretezés során figyelembe vett anyagjellemzőket a kivitelezés során a burkolatból fűrt mintákon ellenőrizni, és a megfelelőséget igazolni kell.

A szabályozás tájékoztató jelleggel - kopó, kötő, alaprétegekre - az alábbi merevségértékeket javasolja figyelembe venni a méretezés során:

Hőmérséklet	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Merevség	26319	2664	22196	19172	16255	13443	10729	8111	5581	3425	2119	1332	850	550	360

2. táblázat

Tájékoztató kopóréteg merevségek

Hőmérséklet	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Merevség	30473	29449	27876	25502	22214	18913	15729	12655	9686	6817	4124	2402	1424	858	525

3. táblázat

Tájékoztató kötőréteg merevségek

Hőmérséklet	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Merevség	26720	24464	21103	17853	15109	12811	10725	8637	6481	4377	2592	1425	1011	1003	327

4. táblázat

Tájékoztató alapréteg merevségek

A méretezés során az aszfaltrétegeket jellemzően 1-6 cm vastagságú rész-rétegekre kell felosztani olyan módon, hogy a bontás lehetővé tegye a rétegek modulusának a hőmérsékleti gradiensek figyelembe vételével való számítását.

Az aszfaltrétegek esetében a fáradással szembeni ellenálló képességet a legmagasabb hajlítófeszültség helyén, azaz az aszfalt alapréteg alsó síkján kell ellenőrizni, az alábbi összefüggés segítségével:

$$zulN = \frac{SF}{F} * a * \epsilon^k$$

ahol:

$zulN$  - megengedett tengelyáthaladás [-]

$a$  - anyagparaméter fáradásvizsgálatból [-]

$\epsilon$  - számított megnyúlás [-]

$k$  - hőmérséklettől függő paraméter [-]

$SF$  - Shift-faktor [-]

$F$  - biztonsági tényező [-]

Az aszfaltrétegek méretezése során biztosítani kell, hogy a rétegekben ne alakuljanak ki fáradási hálós repedések a tervezési élettartam alatt. Ennek biztosítása arra a feltételezésre épül, miszerint amíg egy adott hajlítófeszültséghez tartozó teher ismétlési száma egy bizonyos (kritikus) szint alatt marad, az aszfaltrétegekben repedések nem keletkeznek, és amikor a teherismétlések száma meghaladja a kritikus értéket, azt követően alakulnak ki a repedések az aszfaltrétegekben.

Fontos megjegyezni, hogy a különböző megnyúlásokhoz különböző kritikus teherismétlési számok tartoznak és az egyes megnyúlásokat a különböző súlyú tengelyek különböző hőmérsékleten való áthaladásai okozzák. A német szabályozásban ez jellemzően a 11 darab teherosztály és a 13 hőmérsékleti rész-intervallum szorzataként **143 darab** különböző terhelési állapot figyelembevételét jelenti.

A módszer azzal a széles körben elfogadott felevéssel él, hogy a különböző terhelések által létrehozott megnyúlások a megengedett teherismétlési szám alapján a Miner-féle hipotézis szerint összegezhetőek. A terhelési állapotok vizsgálata során az aszfaltréteg alsó síkjában az adott forgalmi terhelés és a hőmérsékleti értékek alapján számított feszültségek okozta megnyúlások mellett, az 5°C alatti hőmérsékletek esetén a kriogén feszültségek hatása is tekintetbevétele került.

A különböző terhelési állapotokban várható (*vorhN*) teherisméltési szám meghatározása az egyes tengelysúly-osztályközök és a különböző hőmérsékleti intervallumok előfordulási gyakoriságának kombinációjából számítható. Az eredmény megfelelő, ha a tervezési élettartam alatt előforduló összes várható és megengedett teherisméltési számok (*zulN*) hányadosainak összege kisebb, mint 1, azaz:

$$\sum MINER = \sum_{i=1}^n \frac{vorhNi}{zulNi} \leq 1$$

ahol:

*vorhN* - a teherisméltések várható száma a tervezési élettartam alatt [-]

*zulN* - a megengedett teherisméltések száma a tervezési élettartam alatt [-]

*n* - figyelembe vett terhelési szintek [-]

### 3. MÉRETEZÉSI PÉLDA

A prognosztizált forgalmi terhelés pontos meghatározástól eltekintve, tételezzük fel, hogy egy 30 évre tervezett 6 sávós, több mint 3,75 m sávszélességű autópálya esetén a várható forgalomeloszlás az alábbi táblázat szerint alakul, azaz az 1. táblázatban szereplő gyakorisági értékeket felhasználva a 11 különböző terhelési osztályra (LK<sub>i</sub>) külön-külön becsülhető a várható tengely áthaladási szám az 5. táblázatban láthatóak szerint.

Tengelyterhelési osztály jele	LK1	LK2	LK3	LK4	LK5	LK6	LK7	LK8	LK9	LK10	LK11
Mértékadó terhelés (t)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
Prognosztizált tengely-áthaladás [Mio]	7921608	59886587	73884423	8697929	32648318	13696828	4614150	582209	35150	1953	279
<b>Mindösszesen : 278 969 154 tengelyáthaladás</b>											

**5. táblázat**

Prognosztizált tengely áthaladások

Felhasználva az 5. táblázatban szereplő forgalmi adatokat, ellenőrizzük le az alábbi autópálya pályaszerkezetét:

- 4 cm kopóréteg
- 8 cm kötőréteg
- 21 cm alapréteg
- 57 cm védőréteg ( $E_{v2} = 45MPa$ )
- Földműtűkör ( $E_{v2} = 45MPa$ )

A 2. ábra segítségével meghatározva a vonatkozó klimatikus zónát és használva az ehhez tartozó gyakorisági hisztogramot, meghatározható a burkolatfelület hőmérséklet eloszlása, majd modell építhető, amely során az aszfalt rétegeket további részrétegekre osztjuk fel és hőmérsékleti osztályonként adott mélységre vonatkoztatva - ha szükséges iterálva - meghatározzuk a rétegek prognosztizált merevségét.

Felületi hőmérséklet [°C]													
	-12,5	-7,5	-2,5	2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5
[mm]	Aszfaltrétegek merevsége [MPa] / alap és védő rétegek rétegmodulusa [MPa]												
10	23393	20540	17629	14817	12071	9401	6825	4415	2740	1725	1102	713	467
10	23089	20292	17497	14781	12066	9387	6807	4479	2837	1818	1182	776	512
10	22797	20067	17375	14748	12062	9373	6790	4539	2930	1908	1261	838	558
10	22517	19859	17264	14718	12058	9361	6774	4595	3019	1995	1338	900	604
10	27909	25964	23277	20377	17283	14110	11070	8581	6247	4036	2577	1646	1044
10	27740	25800	23164	20347	17279	14098	11054	8643	6396	4223	2738	1770	1132
10	27577	25643	23057	20318	17275	14086	11039	8700	6537	4407	2899	1896	1222
10	27418	25491	22958	20291	17271	14075	11025	8755	6669	4588	3059	2023	1314
10	27263	25345	22864	20265	17268	14065	11012	8806	6795	4767	3219	2152	1407

10	27112	25205	22774	20241	17265	14056	10999	8855	6914	4943	3379	2281	1501
10	26964	25068	22690	20218	17261	14046	10988	8901	7027	5114	3539	2412	1598
10	26820	24936	22610	20196	17258	14038	10976	8945	7135	5277	3699	2544	1695
20	19156	17117	15318	13653	11723	9585	7420	5977	4713	3484	2467	1646	1126
20	18809	16903	15213	13627	11719	9574	7405	6034	4850	3674	2681	1830	1223
20	18494	16708	15117	13603	11716	9565	7392	6087	4977	3853	2890	2020	1338
20	18206	16529	15028	13580	11713	9556	7380	6137	5096	4023	3092	2214	1470
20	17941	16364	14946	13559	11710	9547	7368	6183	5208	4185	3289	2409	1613
20	17697	16211	14870	13540	11708	9540	7357	6226	5313	4338	3478	2603	1765
20	17470	16069	14798	13522	11705	9532	7347	6266	5413	4484	3662	2796	1924
20	17258	15936	14730	13504	11703	9525	7338	6305	5507	4623	3839	2987	2088
20	17061	15811	14667	13488	11701	9519	7328	6341	5596	4757	4011	3175	2255
10	16921	15723	14622	13476	11699	9514	7322	6367	5661	4853	4135	3313	2382
10	16831	15666	14592	13468	11698	9511	7318	6384	5702	4915	4217	3404	2466
10	16744	15610	14564	13461	11697	9508	7314	6401	5743	4976	4297	3494	2551
570	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121
-/-	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45

6. táblázat

A merevségi értékek alakulása a pályaszerkezetben

Ebből a 13 különböző hőmérsékleti állapotból fejlesztett pályaszerkezet rétegmodelljeiből igénybevételi állapotokat számítottunk. Terhelésre ehhez a referencia tengelyterheléseket vesszünk mind a 11 tengelyterhelési osztályból. Így tehát a 13 réteg modellből és a 11 terhelési osztályból, tehát (13\*11=143) különböző igénybevételi állapotot kell vizsgálnunk. Az igénybevétel kiszámításához a többrétegű rugalmas lemezelméletet alkalmazzuk, ennek alkalmazásához rendszerint számítógépes program szükséges, amely minden kombinációhoz tartozó hőmérsékletből és terhelésből a kiválasztott pontokra megadja a számított feszültséget és nyúlást.

A 7. táblázat mutatja a vízszintes nyúlásokat az aszfalt alapréteg alsó síkján - hajlítási húzófeszültség - minden hőmérsékleti állapotra a referencia tengelyterhelést jelentő „LK5” tengelyterhelési osztály esetén. Hasonló módon adódnak az eredmények az 1-4. és 6-11. tengelyterhelési osztályok esetén is, melyeket külön nem foglaltunk táblázatba.

Hőmérséklet	-12,5	-7,5	-2,5	2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	
<b>Megnyúlás 330 mm mélységben</b>	2,77565E-05	2,99054E-05	3,23432E-05	3,52901E-05	4,02424E-05	4,81552E-05	6,02929E-05	7,06108E-05	8,21038E-05	9,84888E-05	1,18637E-04	1,4814E-04	1,9

7. t.

A terhelés hatására ébredő megnyúlások a pályaszerkezet alsó síkjában az LK5. terhelési osz

A +5 °C alatti hőmérséklet alatti esetekben minden 2. terhelésre a kriogén húzófeszültségek alapján számított kriogén szakító nyúlás értékét is figyelembe kell venni a forgalmi terhelésből meghatározott nyúlás mellett. A példában alkalmazott aszfalt alaprétegnek a felszínen lévő -12,5 °C-os értékéből kiindulva az alsó számban becsült -3,1 °C-os hőmérséklet esetén a kriogén nyúlás mértéke:

$$\epsilon_k = 0,03855\% = 3,855 * 10^{-5}$$

A -12,5 °C-os felszíni hőmérséklet és az 5-ös tengelyterhelési osztály (10 t) esetén a teljes nyúlás:

$$\epsilon = 2,77565 * 10^{-5} + 3,855 * 10^{-5} = 6,63 * 10^{-5} = 0,0663\%$$

Minden így, az aszfalt alapréteg alján kiszámított nyúláshoz az alábbiak szerint meghatározható megengedett tengelyáthaladás tartozik:

$$zulN_i = 1500/2,1 * 2,8283 * 0,0663^{-4,194} = 176998546$$

A várható teherismétlés szám az LK5-ös tengelyterhelési osztályban, a használati idő alatt a felszínen -12,5°C-os hőmérsékleti

állapot előfordulási gyakorisága alapján számítható. A fentiek szerint a 30 éves élettartamra meghatározott terhelés mértéke 278 969 154 tengelyáthaladás, használva a forgalmi terhelésre illetve burkolat hőmérsékletre meghatározott megfelelő gyakorisági hisztogramokat, kapjuk:

- LK5-ös tengelyterhelési osztály gyakorisági előfordulása 11,7032% ,
- -12,5 °C -os hőmérsékleti osztály előfordulása 0,6%.

Ebből adódik, hogy a várható terhelés:

$$vorhN_i = 278969154 * 0,117032 * 0,006 = 195890 \text{ tengely}$$

Mivel csak minden második tengelyáthaladást kell figyelembe venni a kriogén nyúláskor, ezért a számításban itt csak:

$$vorhN_i = 0,50 * 195890 \text{ tengelyáthaladást kell figyelembe venni.}$$

Ezen hőmérsékleti kombináció figyelembe vétele Miner hipotézise alapján az alábbiak szerint történik:

$$vorhN_i = 0,50 * 195890 / 176998546 = 5,53 * 10^{-4}$$

Mivel azonban csak minden második teherváltozáshoz rendeltük hozzá a kriogén szakító nyúlást, ezért az 5-ös (10 t) tengelyterhelési osztály referencia tengelyterhelési kombinációnak és a felszínen -12,5°C-os hőmérsékleti állapothoz még emellett szükséges meghatározni a Miner hipotézis szerint többletfárasztó hatást a kriogén nyúlás nélkül. A nyúlás ekkor csak a közlekedési teherből adódik (lásd. 7. táblázat):

$$\epsilon = 2,77565 * 10^{-5} = 0,0277565\%$$

Így a referencia tengelyterhelésből és a hőmérsékleti viszonyokból az aszfalt alapréteg alsó szálához rendelt megengedett tengelyáthaladás:

$$zulN_i = 1500 / 2,1 * 2,8283 * 0,0277565^{-4,194} = 68222222460 \text{ tengely}$$

Ebből az LK5-ös (10 t) tengelyterhelési osztályból a referencia tengelyterhelési kombináció és a felszínen -12,5°C-os hőmérsékleti viszonyban a kriogén nyúlás figyelmen kívül hagyásával egy fáradási állapotra vonatkozó hányadost tudunk számítani Miner hipotézise szerint:

$$\frac{vorN_i}{zulN_i} = 0,50 * 195890 / 68222222460 = 1,44 * 10^{-5}$$

Itt is csak  $195890 * 0,5$  teherváltozást kell a  $vorN$  számításához venni.

A -7,5°C-os felszíni hőmérsékletre a fenti eljárást követve a megengedhető tengelyáthaladás értéke az alábbiak szerint alakul:

$$zulN_i = 1500 / 2,1 * 2,8283 * 0,06^{-4,194} = 269048821 \text{ tengely áthaladás,}$$

ahol is a teljes megnyúlás a forgalmi terhelésből származó (0,0299%-os (7. táblázat alapján) illetve a kriogén feszültségekből levezetett (0,30%-os) értékek összegeként adódik.

A várható tengelyterhelés az LK5-ös tengelyterhelési osztály esetén, a használati időtartam alatti -7,5°C-os hőmérséklet előfordulási gyakoriságát figyelembe véve adódik:

$$vorN_i = 700851 \text{ tengely áthaladás}$$

Ebből az LK5-ös (10 t) tengelyterhelési osztályból a referencia tengelyterhelési kombináció és a felszínen -7,5°C-os hőmérsékleti viszonyban a kriogén nyúlást figyelembe véve megint csak minden 2. teherváltozásnál a Miner-féle részhányados:

$$vorN_i / zulN_i = 0,50 * 700851 / 269048821 = 1,302 * 10^{-3}$$

A továbbiakban - hasonlóan a fentiekhez - a kriogén feszültségek nélküli, pusztán a forgalmi terhelésből származó igénybevétel kiszámolása szükséges.

Ezt követően minden hányadost minden kombinációra - az LK1 - LK11-es tengelyterhelési osztály referencia tengelyterhelésére és a burkolat felszínén előforduló 13 hőmérsékleti tartományra (-12,5°C-tól +47,5°C-ig)– ki kell számítani és összegezni. Ezt az összegzést elvégezve kapjuk:

$$\sum_{MINER} = 0,91 < 1,0 \text{ vagyis a pályaszerkezet fáradási méretezésre megfelel.}$$

Amennyiben a fáradási kritérium nem teljesül, akkor a számításokat megváltoztatott paraméterekkel el kell végezni. Ehhez egy vagy több aszfaltréteg vastagságát javasolt megváltoztatni, vagy egy más anyagminőséget kell választani.

#### 4. AZ INFORMATIKAI HÁTÉRTÁMOGATÁS: PaDesTo

A számítások kézi elvégzése rendkívül összetett és bonyolult, ezért az eljárás végrehajtása során az erre a célra kifejlesztett program alkalmazása ajánlott. A Pavement Design Tool (PaDesTo) szoftver a német RDO Asphalt 09 analitikus pályaszerkezet-méretezési és megerősítés-méretezési előírás alapján készült. A szoftver a szabványban előírt analitikus számítások elvégzésére készült, a szabványban lévő állandók, paraméterek és anyagjellemzők beépített funkciókként a tervező

rendelkezésre állnak. Emellett a legtöbb input adat változtatható, megadható egyedileg is, illetve több csatlakozási pont található a programban a normál utakra vonatkozó RStO 01 és RStO 12 valamint az analitikus RDO Asphalt 09 szabvány között.

#### 4.1. Forgalmi terhelés

A méretezési forgalom számítása alapesetben a vonatkozó RDO előírás alapján történik, az előzőekben bemutatott módon. A program beépítve tartalmazza az 1-22 tonna közötti tengelysúly-eloszlást a szabványból, a tengelyenkénti abroncsszám, a kontakt felület és az abroncsnyomás értékeit. Ezeket a tervező egyszerűen hozzárendelheti az aktuális feladathoz. A tervezési forgalom meghatározható a hagyományosan a vonatkozó RStO előírások szerint is. Ekkor ezekhez hozzárendelhetők az egyes tengelysúly-osztályközhöz tartozó gyakoriságok az RDO Asphalt 09 előírás szerint. A tengelysúlyok eloszlása egyedileg is változtatható, s emellett a szoftver képes különleges járművek és egyedi kombinációk kezelésére is. A forgalomnövekedést tekintve a beépített, szabvány szerinti funkciók mellett egyedi értékek is megadhatóak, és forgalomnövekedési scenáriók is vizsgálhatóak, továbbá terhelési osztályonként változtatható forgalomnövekedési szorzók is alkalmazhatóak.

#### 4.2. Klímatis jellemezők

A szoftver kezeli a korábban bemutatott klímatis zónákat, beépítve tartalmazza az azokra megállapított hőmérséklet-eloszlásokat, így azok a méretezés során egyszerűen hozzárendelhetők a számításokhoz, továbbá kezeli a program a hőmérsékletek mélység-menti eloszlását is, illetve emellett a hőmérséklet eloszlásait egyedileg is meg lehet adni. A fagyvédő réteg méretezése az RStO 12 alapján is történhet, mely ezután megadható manuálisan a méretezendő pályaszerkezethez.

#### 4.3. Pályaszerkezetek

A számításokhoz kiindulási pályaszerkezetet kell megadni, mely választható RStO szerinti katalógusból, illetve megadható manuálisan is. A modell szerkezet megadható több aszfaltréteg, egy hidraulikus és egy vagy két kötőanyag nélküli réteggel, valamint a földművel, illetve fagyvédő réteggel.

A többrétegű rendszer modellje az egyes rétegek vastagságának, valamint az egyes rétegek esetén az alábbi jellemzők megadásával definiálható:

- aszfaltrétegek: az anyagállandók kiválaszthatóak adatbázisból, mely tartalmazza a Francken-Verstraeten összefüggést, valamint a fáradási összefüggések input adatait is, három előre definiált aszfaltkeverék-csoport esetében. Az új anyagok mellett megadhatóak a meglévő rétegek jellemzői is, laboratóriumi vizsgálatok alapján, továbbá emellett definiálhatók speciális vagy modifikált kötőanyagok is, laboratóriumi vizsgálatok eredményeivel.
- hidraulikus rétegek: a rétegvastagság mellett a rétegek modulusa, illetve a ráépített rétegek típusa.
- kötőanyag nélküli alaprétegek: a földmű teherbírása  $E_{v2}$  szükséges, a hozzá tartozó modulust ezután a réteg vastagságának figyelembe vételével számítja.
- földmű: a teherbírás  $E_{v2}$  modulusa megadandó, mely alapértelmezésben  $45MN/m^2$ .

#### 4.4. Számítás és kiértékelés

A program becsli a tervezési élettartam végén az aszfaltrétegek és hidraulikus rétegek fáradási állapotát, emellett prognosztizálja és grafikusán ábrázolja a hátralévő élettartamot. Az eredmények alapján:

- a különböző változatok rangsorolhatók a változatok nyomvályúsodási érzékenysége alapján,
  - opcionálisan adható becslés a nyomképződésre, feltéve, hogy a szükséges adatokat a felhasználó az adatbázisba elmenti.
- Eredményként az egyes megadott variációkra számított tönkremeneteli valószínűségeket ábrán is megjeleníti a program.

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

Napjainkra alapvető nemzetgazdasági érdeké vált, hogy mielőbb sor kerüljön olyan hazai útpályaszerkezet méretezési eljárás kimunkálására és mielőbbi bevezetésre, amely alkalmas az új illetve a meglévő pályaszerkezetek felújítás-technológiai javaslatainak kidolgozására, az alternatívák „műszaki-gazdasági összevetésére”, és képes kezelni az anyagi tulajdonságokban rejlő lehetőségeket. Ennek megvalósításához azonban sajnos még ideális körülmények között - tekintettel például meteorológiai adatgyűjtésre és feldolgozásra, helyi/alternatív anyagokkal kapcsolatos információgyűjtésre, az elméleti megfontolások laboratóriumi/helyszíni igazolásának szükségességére, stb.- hosszú évekre lenne szükség. Viszonyításként érdemes mérlegelni, hogy a német szabályozás kidolgozása mintegy 8 évig tartott.

Ha a rendelkezésre álló idő és források ugyan szűkösek is, az adatgyűjtést elkezdni és az alkalmazási stratégiát kidolgozni az alábbiak figyelembe vételével mielőbb szükséges lenne:

- a jelenleg érvényes szabályozások áttekintése a pályaszerkezet méretezéssel, a pályaszerkezetbe beépíthető anyagokkal kapcsolatban illetve az ellentmondások feltárása,
- korszerű, mechanikai alapú pályaszerkezet méretezési eljárás mielőbbi kidolgozása, amely a típus-pályaszerkezetekhez képest jelentősen megnöveli a tervező mozgásterét és képes a lehetséges technológiai változatokat kezelni, energiatakarékossági és környezetvédelmi szempontok figyelembevétele mellett,

- ajánlatkészítés során alternatív pályaszerkezetek beadási lehetőségének kidolgozása, különösen jogi szempontból,
- az érintettek (megrendelő, tervezők, kivitelezők, stb.) tájékoztatásának, oktatásának biztosítása.

Sok hazai szakember meggyőződése, hogy mára az útpályaszerkezetekkel kapcsolatos főbb szakmai kérdések olyan akut problémákká értek, amelyek hazai megoldása mielőbb szükséges műszaki feladat és alapvető nemzetgazdasági érdek is egyben.

## 6. Irodalomjegyzék

„Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen” (RStO 12)

Dr. Pethő László, „Aszfaltburkolatú pályaszerkezet hőmérsékletének változása. Közúti és Mélyépítési Szemle 58. évfolyam, 12. szám.

Kayser, S. „Berücksichtigung klimatischer Bedingungen bei der rechnerischen Dimensionierung von Oberbauten für Verkehrsflächen”, Dissertation, TU Dresden, 2007.

Speth, „Versuchstrecke Hilpoltstein, Forschungsarbeiten aus dem Straßenwesen Heft 95”, Kirschbaum-Verlag, Bonn, Bad Godesberg, 1985.

Hess, „Kalibrierung von Verhaltensmodellen für das Straßenerhaltungsmanagement”, Diplomarbeit, Universität Hannover, 1998.

KIEHNE, „Rechnerische Dimensionierung von Verkehrsflächenbefestigungen in Asphaltbauweise - Entwicklung und Umsetzung eines Verfahrens”, Manuskript zur Dissertation TU Dresden (unveröffentlicht), Bearbeitungsstand, 2007.

Megjelent itt

**8. szám**

2016. ősz



Szerző

**Tóth Csaba**

Adjunktus, BME Út és Vasútépítési Tanszék.

Témakörök

Kiemelt • Útépités • Útgazdálkodás

Kulcsszavak

Befogadva

2016. december 2.

---

### Hozzászólás

Hozzászólás

\* Név

\* E-mail cím

Honlap

Hozzászólás elküldése

Bejegyzések

Galéria

Impresszum

Interjúk

Könyvajánló

Nemzetközi szemle

Szakolvasó

Témakörök

---

© Copyright **Útügyi Lapok** 2013 • Minden jog fenntartva.









Folyóirat

Bejegyzések

Szakolvasó

Impresszum

# Útügyi lapok

# 8

## Szakirodalmi szemle nagy nehézforgalmú utak „optimális” aszfalt kopóréteg-típusának kiválasztásához

---

*Az Európai Unió 7. Kutatási és Technológiafejlesztési Keretprogramjához kapcsolódva, 2013-ban egy nemzetközi konzorcium a 42 hónapos DURABROADS (Költséghatékony, tartós utak, „zöld” optimált építés és fenntartás révén) projekt részbeni finanszírozását nyerte el [1]. A DURABROADS projekt célkitűzését költséghatékony, környezetbarát és komplex módon optimált utak tervezése, fejlesztése és az eredmények demonstrálása képezi; a célt olyan innovatív tervezéssel kívánják elérni, amely a különlegesen nagy és nehéz forgalmi terhelés, valamint az éghajlatváltozásból származó szélsőséges klimatikus hatások szinergikus igénybevételének ellenálló útpálya-szerkezeteket eredményez. Ez a cikk az európai nagy nehézforgalmú utak aszfalt kopóréteg-típusának*

*optimalására vonatkozó szakirodalomnak és a témában végzett kérdőíves felmérés eredményeinek áttekintésével foglalkozik*

## 1. Előzmények

Az Európai Unió 7. Kutatási és Technológiafejlesztési Keretprogramjához kapcsolódva, 2013-ban egy nemzetközi konzorcium a 42 hónapos DURABROADS (Költséghatékony, tartós utak, „zöld” optimált építés és fenntartás révén) projekt részbeni finanszírozását nyerte el [1]. A projektet a spanyol UNICAN vezeti; a partnerek közé tartozik a KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. is, az intézet a 2. munkabizottságot is vezeti.

A DURABROADS projekt célkitűzését költséghatékony, környezetbarát és komplex módon optimált utak tervezése, fejlesztése és az eredmények demonstrálása képezi; a célt olyan innovatív tervezéssel kívánják elérni, amely a különlegesen nagy és nehéz forgalmi terhelés, valamint az éghajlatváltozásból származó szélsőséges klimatikus hatások szinergikus igénybevételének ellenálló útpályaszerkezeteket eredményez. Emellett a nanotechnológia alkalmazásával „zöldebb” utépítési anyagok előállítására is töreksenek. További célként jelölték meg az Európában általánosan alkalmazott utépítési, -fenntartási és -felújítási technológiák optimalását.

A DURABROADS-projekt „Utépítési anyagok és eljárások vizsgálata és optimalása” tárgyú, 2. munkabizottságában, a KTI vezetésével, a spanyol UNICAN és ACCIONA, a lett IB és az ERF (Európai Útügyi Szövetség) szakemberei vettek részt.

Célkitűzésük az Európában elterjedten alkalmazott aszfalt kopórétegeknek és burkolat-felújítási módszereknek a szélsőséges környezeti és forgalmi terhelés kombinációjával szemben tanúsított ellenállás szempontjából végrehajtott optimalása képezte, az élettartam-mérnöki tudomány elveinek [2] hasznosításával.

Eredményeiket három részjelentés formájában tették közzé.

A D2.1 „Egyes közúti eljárások korlátainak feltárása” című [3] és a D2.2 „Az éghajlatváltozás közép- és hosszú távú következményei által az európai úthálózaton létesített, nagy nehéz forgalmú folyosókra gyakorolt hatás számszerűsítése” című részjelentésen [4] kívül, a D2.3 „Javaslat az útkezelésben hasznosítható, gazdaságosabb, tartósabb és fenntartható, építési, fenntartási és felújítási technológiákra” című részjelentés [5] készült. Ez utóbbi céljai: négy európai körzetben, a nagy nehéz- forgalmú utak aszfalt kopóréteg-típusainak, illetve burkolat-felújítási technológiáinak optimalálásához többtényezős módszertan kialakítása, valamint annak esettanulmányban alkalmazása. A részjelentés egyes eredményeit más publikációk [6, 7, 8] foglalják össze, a következő tárgykörökben: az összehasonlítható kopóréteg- és burkolatfelújítás-típusok kiválasztása; a döntéshozatali probléma meghatározása; a kérdőívek összeállítása; a 81 európai szakember válaszainak feldolgozása; az optimum-kritériumok definiálása; a kritériumok súlyozása; variánsok értékelése.

Ez a cikk az európai nagy nehézforgalmú utak aszfalt kopóréteg-típusának optimalizálására vonatkozó szakirodalomnak és a témában végzett kérdőíves felmérés eredményeinek áttekintésével foglalkozik.

## 2. Szakirodalmi áttekintés és kérdőíves felmérés

Az öt vizsgált aszfalt kopóréteg-típus (SMA, BBTM, HRA, AC és PA) négy választott – műszaki (funkcionális), környezeti, gazdasági (pénzügyi) és társadalmi (humán) – szempontok szerinti teljesítményének szakirodalmi információk és a DURABROADS WP2 munkabizottság által összeállított kérdőívre 81 európai szakember által adott válaszok rövid összefoglalása következik.

### 2.1. Műszaki (funkcionális) szempontok

#### 2.1.1. Szakirodalmi áttekintés

a.) Maradó alakváltozási típusú romlás

Shiau SMA, HRA és AC keverékek rugalmassági modulusát (RM) és közvetett húzószilárdságát mérte [9]. Magas hőmérsékleten, mindkét minőségi paraméter szempontjából, az SMA mutatkozott a legkedvezőbbnek. Míg alacsony hőmérsékleten megfordult a helyzet. Nyilvánvaló ebből, hogy a vizsgált változatok közül a zúzalékvázás masztixaszfalt (melegben kialakuló) keréknyomvályú-képződési ellenállása a legnagyobb.

Blazejowski összefoglalta több országnak az SMA keverékek maradó alakváltozással szembeni ellenállásával kapcsolatos kutatásainak eredményeit [10]:

- brit vizsgálatok az SMA nagyobb alakváltozással szembeni ellenállását igazolták, mint az (érdesített homokaszfalthoz hasonló összetételű) hot rolled aszfalt esetében,
- finn kísérleti szakaszok rendszeres állapotvizsgálata az SMA-t mutatta az aszfaltbetonénál nagyobb deformációval szembeni ellenállásúnak,
- lengyel kutatások a finnéhez hasonló eredményekre jutottak.

Angol kutatócsoport a bitumen kötőanyagú keverékek egyes elméleti és gyakorlati kérdéseinek témakörében útmutatót készített [11], ebben a különböző aszfaltkeverék-típusok alakváltozással szembeni ellenállásáról a következőket állapítják meg:

- az SMA és a PA (porózus aszfalt) durva adalékanyag váza az alakváltozással szemben komoly ellenállást eredményez,
- az aszfaltbeton keverékek tömör ásványi anyag váza a keréknyomvályút okozó nyírófeszültségeket és a burkolatrepedést kiváltó húzófeszültségeket kompromisszumos megoldásként veszi fel,
- mivel a HRA nem tartalmaz durva adalékanyag-frakciót, ezért az SMA-énál jóval kisebb a keréknyomvályú-képződéssel szembeni ellenállása.

Az Európai Aszfaltburkolat Egyesület egyik jelentése az aszfaltbeton és különböző SMA keverékek alakváltozási jellemzőit hasonlította össze [12]. Mindegyik SMA-változat megelőzte az AC deformációs viselkedését. Különösen a modifikált bitumennel és alacsony penetrációjú bitumennel készült változatok voltak kedvező teljesítményűek.

Gite és Abjal vizsgálatai [13] szintén azt bizonyították, hogy a zúzalékvázás masztixaszfalt állandó alakváltozással szembeni ellenálló képessége az aszfaltbetonét érdemlegesen meghaladja.

Nemzetközi kutatási projekt [14] arra az eredményre jutott, hogy a PA (porózus aszfalt) a többi vizsgált aszfaltkeverék-típusánál kisebb állandó alakváltozást mutatott. Ennek okát abban találták, hogy a PA adalékanyag váza a forgalmi terhelésnek fokozott mértékig ellenáll.

Mansour azonban más eredményre jutott [15]: “A porózus aszfalt burkolatok nehéz forgalom hatására, különösen melegben, nagyobb valószínűséggel keréknyomosodnak, mint a többi keverék”.

Egy amerikai kutatási munka [16] hideg éghajlatú vidéken, kis forgalmú úton épített, teljes vastagságú porózus aszfalt pályaszerkezet tartósságát, fenntartási igényét, hidrológiai előnyeit és környezeti jellemzőit vizsgálta. Széleskörű szakirodalmi vizsgálódás alapján megállapították, hogy a PA rétegek a maradó alakváltozással szemben fokozott ellenállást tanúsítanak. Kísérleti szakaszaikon azonban, a hagyományos összetételűekhez képest mélyebb keréknyomvályúkat regisztráltak; igaz, hogy ebben az esetben nem csupán a kopóréteg készült PA-keverékből. A hollandok vizsgálatai szerint, a porózus aszfaltburkolatok deformációnak fokozottan ellenállnak, és erről a burkolattípusról az úthasználók is jó véleménnyel vannak [17]. Ez a megállapítás a szakirodalomban említett laboratóriumi keréknyomvályú-képző (wheel tracking) és kúszási vizsgálatok eredményeivel konzisztens.

Egy spanyol kutatás [18] az SMA és a BBTM keverékek tulajdonságainak összehasonlítása során arra a megállapításra jutott, hogy mindkettőnek általában jók a mechanikai tulajdonságai, bár a zúzalékvázás masztixaszfaltnak az alakváltozással szembeni ellenállása kissé nagyobb, valamint öregedési és fáradási tulajdonságai is kedvezőbbek.

#### b.) Bomlás-típusú romlás

Shiau és szerzőtársai megállapították, hogy alacsony hőmérsékleten az SMA-keverékeknek kisebb a rugalmassági modulusa és a közvetett húzószilárdsága, mint az AC- és a HRA-típusoknak [9]; így az SMA esetében a termikus repedések képződésének esélye a másik kettőénél kisebb.

Blazejowski burkolatbomlási (fáradási repedéssel, termikus repedéssel, zúzalékkipergéssel kapcsolatos) szakirodalmi szemlájéből [10] néhány megállapítás:

- a PA-keverékeket az öregedésre és a termikus repedések keletkezésére hajlamosabbnak találták, mint az aszfaltbetont és az SMA-t,
- az AC és az SMA hidegviselkedése között érdemleges különbséget nem mutattak

ki,

- amerikai kísérleti szakaszok 5 éves állapotmegfigyelése alapján megállapították, hogy az SMA-rétegekben reflexiós repedések hosszabb idő alatt alakulnak ki, mint az aszfaltbeton anyagúakban,
- az előbbihez hasonló megállapításra jutottak Ausztráliában is.

Spanyol kutatók szerint, 5°C-os hőmérséklet felett az SMA fáradási és termikus repedési jellemzői a hagyományos (aszfaltbeton) keverékekénél kedvezőbbek [19]. Ennél alacsonyabb hőmérsékleten a két aszfalttípus gyakorlatilag ugyanolyan viselkedésűnek bizonyult.

Gite and Abjal kutatási eredményei szerint az SMA-keverékeknek nagyobb a kopási ellenállásuk, lassabb az öregedésük, a korai repedésképződéssel szemben ellenállóbbak, de még a hidegviselkedésük is kedvezőbb, mint az aszfaltbetonoké [13].

Iránban végzett közvetett húzószilárdsági vizsgálatsorozat eredményei szerint, az aszfaltbeton keverékek merevségi modulusa és fáradási élettartama, ugyanakkora maximális adalékanyag-szemcsék esetében, a zúzalékvázás masztixaszfalténál kedvezőbbnek bizonyult [20]. Azt találták, hogy az adalékanyag szemnagysága az aszfaltkeverék fáradási élettartamára nagyobb hatást gyakorol, mint a kötőanyag mennyisége.

Nemzetközi kutatócsoport PA-keverékek bomlási viselkedéséről a következőket állapította meg [20]:

- a porózus aszfalt, nagy hézagtartalma következtében, sokkal gyorsabban öregszik, mint a hagyományos, tömör keverékek; élettartamát a kötőanyag keményedése szabja meg,
- a porózus aszfaltrétegbe beszivárgó csapadékvíz a kötőanyagfilmmel hosszú időn keresztül érintkezik, és ezért a filmnek az adalékanyag-szemcséről való, viszonylag rövid idő alatti leválása fenyeget.

Egy francia kiadvány [21] azt vizsgálta, hogy a porózus aszfalt nagy nehéz forgalmú utak kopórétegeként milyen mértékig alkalmas. Az új pályaszerkezetekhez készített, 30-50 mm-es vastagságú rétegek hátrányaként említik, hogy nyírószilárdságuk nem eléggé nagy.

Az amerikai Minnesota szövetségi állam Közlekedési Minisztériumának [16] és egy iráni egyetemnek [17] a kutatási jelentése azt bizonyította, hogy a porózus aszfaltburkolatok leggyakoribb romlástípusa a zúzalék kipergése, amelyet jellemzően a bitumen öregedése vált ki.

Egy tárgyban készült útmutató [11] különböző aszfaltkeverék-fajták mechanikai tulajdonságait és tartóssági jellemzőit ismertetve, a következő megállapításokat teszi:

- a HRA-keverék – a durva adalékanyag-szemcséi között levő, kötőanyagban dús habarcsnak köszönhetően – a repedésképződéssel szemben különösen nagy ellenállást mutat,
- a HRA keréknyomvályú kialakulásával szemben az aszfaltbetonnál kevésbé érzékeny, a porózus aszfalt alacsony húzószilárdságú.

Öt általánosan alkalmazott aszfaltburkolat-típust – köztük vékony rétegeket is – funkcionális tulajdonságaik szempontjából összehasonlították [22]. A BBTM legnagyobb hátrányának a zúzalékkiperzésre való érzékenységét találták. További hátránya, hogy a reflexiós repedések képződését sem tudja hatékonyan megakadályozni.

A korábbi szakirodalmi információk alapján, a vizsgált öt aszfalt kopóréteg-típus funkcionális osztályzatai az 1. táblázatban láthatók.

Aszfalttípus	Műszaki minősítés	
	Bomlással szembeni ellenállás	Alakváltozással szembeni ellenállás
Aszfaltbeton (AC)	3	3/4
Zúzalékvázaz masztixaszfalt (SMA)	5	5
Porózus aszfalt (PA)	2	5
Hot Rolled Aszfalt (HRA)	4	3
Aszfaltbeton nagyon vékony rétegekhez (BBTM)	2/3	4

### 1. táblázat

*Kopóréteg-típusok műszaki minősítése (osztályozása), szakirodalmi információk alapján*

#### 2.1.2. Kérdőíves szakértői értékelés

A DURABROADS WP2 partnerei által összeállított kérdőívre a kopóréteg-fajták műszaki (funkcionális) összehasonlító értékelésére vonatkozó szakértői válaszokból – a 4.1 alfejezetben leírt módon – a 2. táblázaton bemutatott, konszenzuális értékeket (osztályzatokat) határoztak meg.

Aszfalttípus	Műszaki minősítés		
	Bomlással szembeni ellenállás		Alakváltozással szembeni ellenállás
	Fáradási repedés	Termikus repedés	Nyomvályúsodással szembeni ellenállás
Aszfaltbeton (AC)	3.6	3.4	3.8
Zúzalékvázaz masztixaszfalt (SMA)	4.2	3.7	4.7
Porózus aszfalt (PA)	2.7	2.6	3.2

Hot Rolled Asphalt (HRA)	3.9	3.7	3.9
Aszfaltbeton nagyon vékony rétegekhez (BBTM)	3.2	3.1	3.1

**2. táblázat**

*Kopóréteg-típusok műszaki minősítése (osztályozása), szakértői vélemények alapján*

## 2.2. Társadalmi (humán) szempontok

### 2.2.1. Szakirodalmi áttekintés

A szakirodalmi szemle az egyes kopóréteg-típusok következő társadalmi (humán) tényezőire terjedt ki: az utazáskényelem (ezzel összefüggésben a gördülőzaj és a felületi egyenetlenség), és a forgalombiztonság (ezzel összefüggésben a csúszásellenállás, a vízköd-képződés és a vízen csúszás).

#### a.) Gördülőzaj

A NordTyre projekt keretében megállapították, hogy a keletkező gördülőzajra az utak tulajdonságai sokkal nagyobb hatást gyakorolnak, mint a gumiabroncsok jellemzői [23]. Vizsgálataik szerint, porózus aszfaltnak alacsony zajszintű gumiabronccsal történő kombinálása, az SMA-rétegen közlekedő, zajos gumiabroncs esetében regisztrálthoz képest, 13 dB(A) zajszint-csökkentést eredményez.

Egy Norvég kutatás különböző típusú burkolatok felületén az akusztikai jellemzőket mérte [24]. Aszfaltbeton és zúzalékvázás masztixaszfalt pályán, 50 és 80 km/óra sebesség mellett, hasonló átlagos gördülőzaj szinteket regisztráltak, akár új, akár pedig kopott felületű rétegről volt szó. A PA-rétegen alacsonyabb zajszintet mértek, különösen 80 km/óra sebesség esetében, még kopott útpályán is.

Különböző SMA-változatokon keletkező zajszintet, a hot rolled aszfalt kopórétegével összehasonlítva, az előbbieket kedvezőbbnek találták, bár a névleges adalékanyag szemnagyság növekedésével a gördülőzajban tapasztalható csökkenés egyre kisebb lesz [12].

Francia tudósok a porózus aszfalt jellemzői között kiemelték annak alacsony gördülőzaját, mivel üzemi élettartamának első időszakában az átlagos zajszint 70-75 dB(A) [22]. A jelentés a BBTM alacsony gördülőzaját is hangsúlyozza.

Az egyrétegű PA-keverékeknél, a tömör kopórétegekhez képest, nagy járműsebességek esetében, a zajcsökkenés 4 dB(A), ami aztán csökkenő sebességeknél fokozatosan eltűnik. SMA-rétegeken – 50 km/óra mérési sebesség

esetében, a tömör változatokhoz képest, a gördülőzaj tekintetében, 2 dB(A) mértékű csökkenés tapasztalható [25].

A vékony SMA-rétegekről megállapították, hogy annak negatív felületi textúrája, a HRA burkolatok felületén regisztrálhatóhoz képest, a gördülőzajt mintegy 3 dB(A) értékkel csökkenteni tudja [26].

Olasz vizsgálatok szerint, 110 km/óra sebesség mellett, az ugyanolyan (0/15 mm-es) adalékanyag-szemeloszlású SMA és AC keverékek zajszintje között, az előbbi javára, 5-7 dB(A)-nyi különbség mutatkozik [12].

Az Egyesült Államokban az SMA, a PFC (porózus csúszásgátló réteg) és az ott elterjedt Superpave aszfalt egyes hosszú távú teljesítményi paramétereit hasonlították össze [27]. 97 km/óra sebességnél, a CPX (közeltéri zajmérési) adatok a PFC, az SMA és az AC esetében, rendre, 92,6, 97,6 és 96,4 értékre adódott, azaz a PFC a másik kettőnél sokkal „csendesebbnek” bizonyult.

A Hézagos Csúszásgátló Réteg Alkalmazási Útmutatója szerint, ez a rétegtípus, jellemzően 3-5 dB(A) értékkel csendesebb, mint a tömör aszfaltbeton [28].

Német mérések szerint, a porózus aszfaltburkolat felületén, az SMA-éhoz viszonyítva, a gördülőzaj tekintetében, 4-7 dB(A)-nyi csökkenés mérhető [29]. Ez a különbség, az epoxigyanta bevonattal ellátott SMA-hoz képest, pedig akár 10 dB(A) is lehet.

Másik német vizsgálat során, különböző burkolattípusok esetében, tehergépjárműveknek a 70 km/óra sebesség mellett regisztrálható gumibroncs/pálya zajképződését, a következő eredménnyel, hasonlították össze: porózus aszfalt 70-72 dB(A), aszfaltbeton 74-78 dB(A), zúzalékvázás masztix-aszfalt 74-79 dB(A) [30].

#### b.) Csúszásellenállás

A francia IFSTTAR laboratóriumában végzett vizsgálatsorozat eredményei szerint, a legkedvezőbb WS csúszási tényezőt (0,42) a 10 mm-es legnagyobb adalékanyag-szemnagyságú SMA esetében regisztrálták, amit a 14 mm-es legnagyobb adalékanyag-szemnagyságú SMA (0,43) és a 20 mm-es szem-nagyságú impregnált zúzalékkal érdesített HRA (0,32) követett [31].

Amerikai kísérleti szakaszok hosszú távú megfigyelését megelőzően, azok felületén az IFI (Nemzetközi Csúszási Tényező) értékét meghatározták, a következő eredménnyel: PFC (porózus csúszásgátló réteg): 0,36; zúzalékvázás masztixaszfalt: 0,28 és hagyományos Superpave aszfaltbeton: 0,19 [32]. Makrotextúra szempontjából is ugyanez a sorrend alakult ki.

Nicholls vizsgálatai szerint a porózus aszfalt felületén legalább olyan kedvező csúszásellenállás mérhető, mint az ugyanolyan PKÉ-vel (polírozási kőértékkel)



jellemezhető adalékanyaggal készült hot rolled aszfaltén. A laboratóriumi vizsgálatok eredményeit kísérleti szakaszokon is igazolták [32, 33].

Poulikakos szerint, a porózus aszfalt kopórétegeken jobb csúszásellenállás mérhető, mint a tömör aszfaltkeverékből készülteken [14]. Ez a különbség különösen nedves útpályán jelentős mértékű. Azt is tapasztalták, hogy az üzemi élettartam alatt, a PA-burkolatok csúszásellenállása növekszik, míg a hagyományos, tömör aszfaltoké változatlan marad.

A francia SETRA egyik jelentése szerint, a porózus aszfaltrétegeken a következő, kedvező csúszásellenállás értékek mérhetők: 0,3-0,4 (120 km/óra sebességnél) és 0,4-0,6 (40 km/óra sebesség esetében)[21]. Megállapították azt is, hogy a BBTM-keverékből készült kopórétegeken, még nagy nehéz forgalmú utakon is, a kiváló felületi csúszásellenállás legalább 10 évig megmarad.

Nikolaides a BBTM-keverékek előnyei között említi, hogy “nagyon kedvező felületi jellemzőjű, kiváló homokmélységgel és csúszásellenállással rendelkező útpályát biztosítanak” [34].

Különböző aszfalt kopóréteg-típusoknak az Egyesült Államokban végzett összehasonlításakor azt találták, hogy az OFCG (porózus csúszásgátló réteg) ugyan kissé alacsonyabb csúszási számot mutatott, mint az aszfaltbeton és az SMA, azonban csúszási száma a sebességtől legkevésbé függ [35].

Szingapúri kutatók megállapították, hogy a burkolatfelületeken mérhető csúszásellenállás az érintkezési felülettel és a felületi mélyedések számával növekszik [36].

### c.) Utazáskényelem és vízköd-képződés

Az amerikai Virginia államban folytatott vizsgálat arra az eredményre vezetett, hogy az általánosan alkalmazott aszfalt kopóréteg-típusok felületi egyenetlensége, mint meghatározó utazáskényelmi tényező gyakorlatilag ugyanolyan mértékű [37].

Brit kutatók a porózus aszfalt pályán tapasztalt utazáskényelmet a többi variánséhoz képest kedvezőbbnek találták [38].

Rungruangvirojn arra mutatott rá, hogy a hagyományos aszfaltbeton pályákon, nedves állapotában, a láthatóság sokkal nagyobb mértékben csökken, mint az SMA vagy a PA-változatokon [39]. Magas járműsebesség és nagy vízmélység mellett, a tömör aszfaltburkolaton, a vízköd-képződés következtében, a láthatóság akár 55%-nyit is csökkenhet, ugyanakkor ez az érték SMA és PA esetében 30%, illetve 28%.

Blazejowski szerint, az SMA-kopóréteg makro textúrája a pályán kialakuló vízfílmeket csökkenti, ezzel pedig, az aszfaltbeton burkolatokon tapasztaltakhoz képest, kisebb vízköd képződik, és a burkolatjelek láthatósága is javul [10].

A francia SETRA jelentése szerint, a BBTM-keverékből készült burkolat számára a kedvező felületi víztelenítést annak 0,8-1,2 mm-es homokmélysége biztosítja [21].

A korábbi szakirodalmi információk feldolgozása után, a vizsgált öt aszfalt kopóréteg-típus társadalmi (humán) osztályzatai a 3. táblázatban láthatók.

Aszfalttípus	Társadalmi (humán)			
	Kényelem		Forgalombiztonság	
	Utazás-kényelem	Gördülőzaj	Csúszás-ellenállás	Vízköd-képződés + vízben csúszás
Aszfaltbeton (AC)	4	3	3	2
Zúzalékvázás masztixaszfalt (SMA)	4/5	3/4	4/5	4
Porózus aszfalt (PA)	4/5	5	5	5
Hot Rolled Aszfalt (HRA)	4	2	4	2
Aszfaltbeton nagyon vékony rétegekhez (BBTM)	4	4	4	4

### 3. táblázat

*Kopóréteg-típusok társadalmi (humán) minősítése, szakirodalmi információk alapján*

#### 2.2.2. Kérdőíves szakértői értékelés

A DURABROADS-kérdőívre a kopóréteg-fajták társadalmi (humán) összehasonlító értékelésére vonatkozó szakértői válaszokból a 4. táblázatban bemutatott, konszenzuális értékeket (osztályzatokat) határoztak meg.

Aszfalttípus	Társadalmi (humán)			
	Kényelem		Forgalombiztonság	
	Utazáskényelem	Gördülőzaj	Csúszásellenállás	Vízköd-képződés + vízben csúszás
Aszfaltbeton (AC)	3.9	3.3	3.4	3.1
Zúzalékvázás masztixaszfalt (SMA)	4.5	3.7	4.2	3.4
Porózus aszfalt (PA)	3.9	4.3	4.6	4.8
Hot Rolled Aszfalt (HRA)	3.7	2.7	3.8	3.2

Aszfaltbeton nagyon vékony rétegekhez (BBTM)	3.8	3.8	3.8	3.2
--	-----	-----	-----	-----

**4. táblázat**

*Kopóréteg-típusok társadalmi minősítése (osztályozása) szakértői vélemények alapján*

## 2.3. Gazdasági (pénzügyi) szempontok

### Szakirodalmi áttekintés

A végzett szakirodalmi szemle az egyes kopóréteg-típusok élettartam-költségére, üzemi élettartamára és építési költségére terjedt ki.

#### a.) Élettartam-költségek

Az egyik amerikai szövetségi államban a zúzalékvázás masztixaszfalt és a hagyományos aszfaltbeton-keverékek élettartamköltségeit összehasonlították [40]. Kis forgalmú utak esetében az SMA a hagyományos aszfaltbeton burkolatnál 11-14%-kal költséghatékonyabbnak bizonyult. A különbség tehát nem jelentős mértékű; ezért konkrét esetben, a választás előtt érdemes a megfelelő összehasonlító számítást elvégezni. Ugyanakkor az SMA építési egységköltsége a másik variánsét mintegy 50%-kal meghaladja.

Hasonló kanadai vizsgálat szerint, nagy forgalmú utakon – a használói költségeket is figyelembe véve – az aszfaltbeton változat egy sávk-m-ének élettartam-költsége 172.000 CND, míg SMA esetében ez 166.000 CND-t tesz ki [41].

Amerikai és ausztrál számítások igazolják, hogy az SMA építési költsége a hagyományos tömör aszfaltét ugyan 20-40%-kal meghaladja, de, a keréknyomvályúk képződésével szembeni nagyobb ellenállása következtében, sokkal hosszabb üzemi élettartamút képes biztosítani [13].

Az Egyesült Államok Georgia szövetségi államában a különböző összetételű aszfaltkeverékekből készített kopórétegek élettartamköltségeit vetették össze [36]. Az SMA-t találták a legkedvezőbbnek, a következő feltételezések mellett: az SMA 25%-kal drágább az AC-nél; az AC üzemi élettartama 10 év, az SMA-é 15 év; a diszkonttényező 4%-os; vizsgálati időszak pedig 20 év.

A DURABROADS WP2 partnerei úgy döntöttek, hogy – az ez irányú, csupán korlátozottan rendelkezésre álló szakirodalmi információk kiegészítéseként – a vizsgált kopóréteg-változatok LCCA-ját (élettartam-költség felmérését) is elvégzik, amelynek eredményeit majd a többletgyűjtés elemzésben hasznosíthatják.

#### 2.3.1. Szakértői értékelés

Az egyes változatokhoz 24 éves vizsgálati időszakot választottak. Ez az alapvariáns aszfaltbeton élettartamának felel meg (12 év után a kopóréteg cseréjének

feltételezésével). Az 5. táblázat az ötféle aszfalttípus alapul vett beavatkozási és élettartamvégi “naptárát” mutatja be.

Év	PA	AC	BBTMA	SMA	HRA
0	Új építés	Új építés	Új építés	Új építés	Új építés
9	Marás + Újraturkolás				
12		Marás + Újraturkolás			
13			Marás + Újraturkolás		
15				Marás + Újraturkolás	
18	Marás + Újraturkolás				
19					Marás + Újraturkolás
24		Felújítás (Élettartam vége)			
26			Felújítás (Élettartam vége)		
27	Felújítás (Élettartam vége)				
30				Felújítás (Élettartam vége)	
36					Felújítás (Élettartam vége)

#### 5. táblázat

*Az aszfalttípusok alapul vett beavatkozási és élettartam végi “naptára”*

Az egyes kopóréteg-variánsok pénzügyi elemzéséhez az EUAC-t (egyenértékű egységes éves költséget) választották, valamint a pénz értékének időbeli

csökkenését diszkonttényező alkalmazásával vették figyelembe:

Az aszfalt kopóréteg-változatok, szakirodalmi információkon alapuló, néhány átlagos jellemzője a 6. táblázaton látható.

Aszfalttípus	Bitumen (tömeg%)	Töltőanyag (tömeg%)	Térfogatsűrűség (to/m <sup>3</sup> )	Vastagság (mm)
SMA	6.5	9	2.4	40
AC	5	5	2.4	45
PA	5	4	2.0	45
HRA	7	9	2.4	45
BBTM	6	7.5	2.2	30

### 6. táblázat

*A vizsgált aszfaltfajták néhány átlagos jellemzője*

A különböző aszfalt kopórétegek üzemi élettartama tekintetében, a rendelkezésre álló szakirodalmi adatokból láthatóan, a szórás meglehetősen nagy [37]. Az észak-európai országok 5-9 éves kopóréteg-élettartamról számolnak be; Közép-Európában 7-10 év a jellemző; nyugati országok pedig 9-15 évről szólnak. Az ismertetett vizsgálatban a 7. táblázatban feltüntetett átlagértékekkel (és a hozzájuk tartozó értékterjedelemmel) operáltak.

Aszfalttípus	Üzemi élettartam, értékterjedelemmel (év)
Aszfaltbeton (AC)	12 ± 7
Zúzalékvázás masztixaszfalt (SMA)	14 ± 5,9
Porózus aszfalt (PA)	9 ± 3,4
Hot rolled aszfalt (HRA)	18 ± 4,5
Aszfaltbeton nagyon vékony rétegekhez (BBTM)	13 ± 4,4

### 7. táblázat

*Aszfalttípusok átlagos üzemi élettartama*

A számításhoz számos spanyol útépítési munka 8. táblázaton látható, átlagos költségadatait vették alapul.

Anyagok és tevékenységek	Egységár, értékterjedelemmel
Adalékanyag	(13 ± 3,4) €/ton
Bitumenspny	(363 ± 86) €/ton
Polimerrel modifikált bitumen	(454 ± 98) €/ton
Töltőanyag	(48.8 ± 6,8) €/ton
Aszfaltkeverés	(5 ± 2) €/ton
Elterítés és tömörítés	(1,1 ± 0,3) €/m <sup>2</sup>
Marás és szállítás	(0,75 ± 0,1) €/m <sup>2</sup> /cm

**8. táblázat**

*Anyagok és tevékenységek alapul vett egységárai*

A 9. táblázat az öt aszfalttípus építési egységárát és az EUAC egyenértékű egységes éves költségét szemlélteti.

Aszfalttípus	Építési egységár (€/m <sup>2</sup> /cm)	EUAC (€/m <sup>2</sup> /év)
Aszfaltbeton (AC)	5,2	0,69
Zúzalékvázás masztixaszfalt (SMA)	5,9	0,62
Porózus aszfalt (PA)	4,9	0,96
Hot rolled aszfalt (HRA)	6,0	0,54
Aszfaltbeton nagyon vékony rétegek-hez (BBTM)	4,2	0,50

**9. táblázat**

*Az aszfalttípusok építési egységára és egyenértékű éves költsége*

## 2.4. Környezeti szempontok

A vizsgált öt aszfalt kopóréteg-típus környezeti megfelelőségének LCA-számításon alapuló, összehasonlító értékelése az energiaigénynek, a CO<sub>2</sub>-emisszióknak és a nem megújuló anyagok (az adalékanyagokra és a bitumenre korlátozott) felhasználásának vizsgálatára vonatkozott.

## Szakirodalmi áttekintés

Egy svéd disszertáció az aszfaltburkolatok LCA-számításával foglalkozott [44]. Figyelembe vette az építés, a fenntartás-felújítás és az élettartam-végi stratégiákat. 1 km-es hosszúságú és 3,5 m-es szélességű aszfaltburkolatú forgalmi sáv esetében, 18 éves üzemi élettartam és 4,5%-os bitumentartalom mellett, 570,2 GJ/sávkm üzemanyagot használnak fel, és 51 tonna CO<sub>2</sub>-t bocsátanak ki. Egyértelműnek találta, hogy az aszfaltkeverék készítése a legnagyobb energiaigényű.

A teljes vastagságban épített porózus aszfalt pályaszerkezet környezeti hatásainak vizsgálatakor megállapították, hogy az útpályára szórt olvasztó sóban található réz és cink az ilyen burkolatokból – a hó és a jég gyorsabb elolvadása következtében – a tömör burkolatoknál tapasztaltakhoz képest rövidebb időn belül eltávozik [16].

További előnyként regisztrálták, hogy az azokból eltávozó víz hőmérséklete csökken. HRA és AC keverékek bedolgozhatóságának összehasonlításakor megállapították, hogy az előbbieket sokkal könnyebb keverni és tömöríteni [44]. A hot rolled aszfalt minták az aszfaltbetonhoz képest kevésbé vízáteresztőeknek bizonyultak.

Olasz kutatók aszfaltburkolatok környezeti hatásait többkritériumos elemzéssel vizsgálták [45] azzal a céllal, hogy a leginkább megfelelőt kiválaszthassák.

Gumiőrleménnyel modifikált bitumennek pályaszerkezet-erősítő aszfaltréteg kötőanyagaként való alkalmazásából származó energia-megtakarítást számították, ami a megnövekedett üzemi élettartamból vagy a csökkent erősítési vastagságból (csökkent alapanyag-előállítási és szállítási igényből) származik [46].

## Szakértői értékelés

Az előbbi – bizonyos szempontból hézagos – szakirodalmi információk kiegészítésére a DURABROADS partnerek az egyes aszfalt kopóréteg-változatok összehasonlító LCA-elemzését is végrehajtották. A keverékek környezetre gyakorolt hatásának jellemzéséhez azok teljes élettartama alatt felmerülő energiaigényt (MJ/m<sup>2</sup>) és kibocsátott CO<sub>2</sub>-mennyiséget mérték fel [5]. Az építés, a burkolatmarás és az újraburkolás során az energiaigényt és a CO<sub>2</sub>-emissziót összegezték, és a vizsgálati időszak éveinek számával elosztották. Az időszak végén pedig a maradékértékkel is számoltak.

A 10. táblázat, számos szakirodalmi forrás adatainak átlagolásával, egyes útépitési anyagok és tevékenységek átlagos fajlagos energiaigényét és CO<sub>2</sub>-emisszióját, értéktartományukkal együtt, szemlélteti.

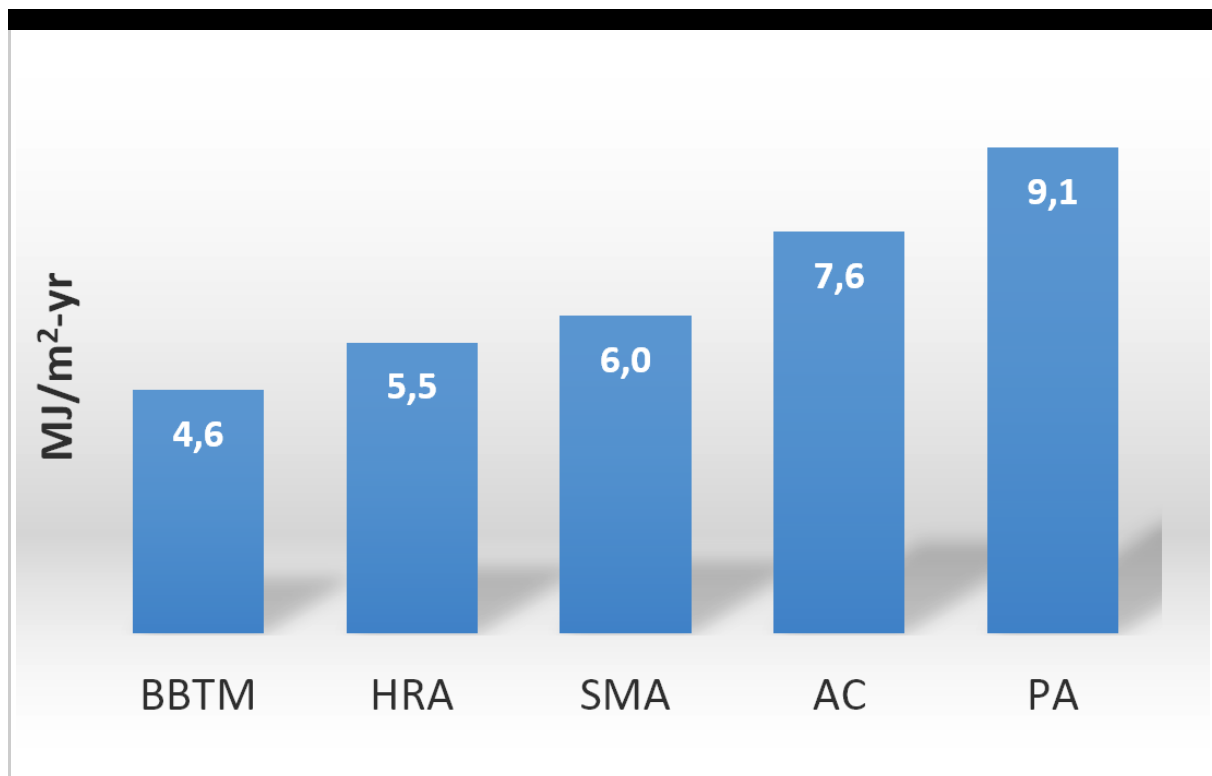
Anyagok és tevékenységek	Energiaigény	CO <sub>2</sub> -emisszió
Adalékanyag	(42,4 ± 11) MJ/ton	(6,1 ± 4) kg/ton
Bitumen	(5419 ± 2322) MJ/ton	(302 ± 137) kg/ton
Polimerrel modifikált bitumen	5940 MJ/ton	296 kg/ton

Töltőanyag	281 MJ/ton	16 kg/ton
Aszfaltkeverés	(348,5 ± 58,5) MJ/ton	(22,6 ± 4,6) kg/ton
Elterítés és tömörítés	(1,2 ± 0,3) MJ/m <sup>2</sup>	(0,11 ± 0,06) kg/m <sup>2</sup>
Marás és szállítás	0.75 MJ/m <sup>2</sup>	0,055 kg/m <sup>2</sup>

**10. táblázat**

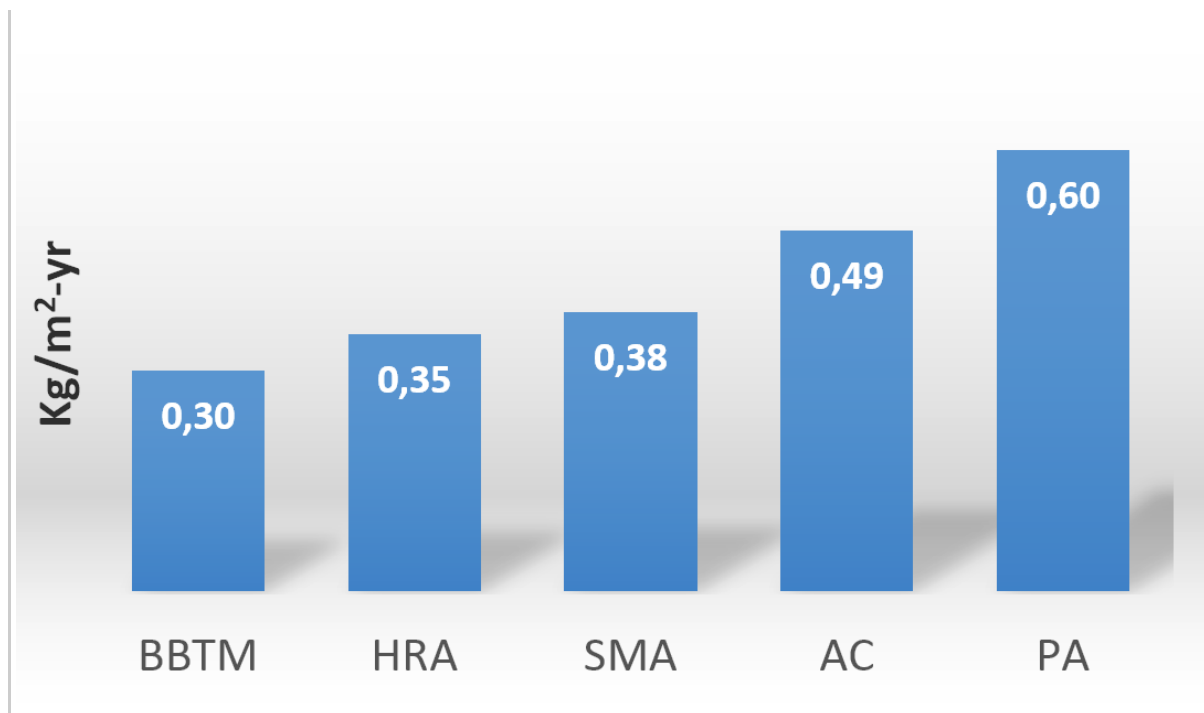
*Anyagok és tevékenységek átlagos energiaigénye és CO<sub>2</sub>-emissziója, értékterjedelmükkel*

Az egyes változatok élettartamuk alatti összes fajlagos (1 m<sup>2</sup>-re vetített) energiaigény éves mennyiségét az 1. ábra, a CO<sub>2</sub>-emisszióját pedig a 2. ábra mutatja be.

**1. ábra**

*Az aszfalttípus-variánsok élettartama alatti összes fajlagos (1 m<sup>2</sup>-re vetített) energiaigény éves mennyisége (MJ/m<sup>2</sup>/év)*



**2. ábra**

*Az aszfalttípus-variánsok élettartama alatti összes fajlagos (1 m<sup>2</sup>-re vetített) kibocsátott éves CO<sub>2</sub> mennyiség (kg/m<sup>2</sup>/év)*

### 3. Néhány következtetés

A DURABROADS-projekt 2.munkabizottsága keretében új, döntéstámogató modellt javasoltak, és nagy nehézforgalmú európai utak aszfalt kopóréteg-típusainak optimalizálásakor, a gyakorlatban is kipróbáltak. A módszertan az AHP (Analitikus Hierarchikus Eljárás) [47] és a TOPSIS (Rend Preferencia Ideális Megoldáshoz való Hasonlóság alapján történő Meghatározása) [48] módszer alkalmazásán alapul, kiegészítve a fuzzy logikával [49], a Monte Carlo módszerekkel [50], GRG (Általánosított Csökkentett Gradiens)-algoritmussal [51] és a távolság alapú aggregációval [50]. Ezeknek az eszközöknek a szinergikus kombinálásával olyan komplex és jól működő módszertant sikerült kifejleszteni, amely az összetett problémákra vonatkozó szakértői véleményekben általánosan meglévő határozatlanságokat, bizonytalanságokat és ellentmondásokat hatékonyan kezelni tudja.

Az esettanulmány során nyert eredmények a módszertan alkalmazhatóságát igazolták, támogatják a döntéshozókat abban a tekintetben, hogy, a fenntarthatósági szempontokon alapulva, a legmegfelelőbb kopóréteg-típust tudják kiválasztani. Bár az igazán hatékony útkezelés a gazdaságra, a környezetre és a társadalomra nagyon kedvező hatást gyakorol, mégis kevés olyan eljárás áll rendelkezésre, amely az útkezelési döntéseket érdemlegesen segíteni tudja. A javasolt módszertan a döntéshozatali problémát hierarchikus fává strukturálja, és így az egyes változatok teljesítményéről különböző szempontok vagy tényezők szerinti következtetések

levonását teszi lehetővé. A használó, az általa valamilyen forrásból megbízhatóbbnak tekintett súlyokkal és értékelésekkel, a jelenlegieket helyettesítheti.

## 4. Felhasznált irodalom

1. DURABROADS (Cost-effective DURABLE ROADS by green optimized construction and maintenance) project. Collaborative project financed by EU Seventh Framework Programme, Theme SST.2013.5-3 Grant agreement no: 606404 Annex I „Description of Work” 2013. 104 p.
2. Gáspár, L.: Lifetime engineering for roads (Keynote lecture). Proceedings of CETRA 2012 (2nd International Conference on Road and Rail Infrastructure), Dubrovnik, 7-9 May 2012, pp. 25-34.
3. DURABROADS Deliverable D2.1 Assessment of the gaps in road-related procedures. 2014. 99 p.
4. DURABROADS project Deliverable D2.2 Quantification of the medium and long-term influence of climate change and of the implementation of freight corridors on European road network. 2014. 61 p.
5. DURABROADS project Deliverable D2.3 Proposal of construction, maintenance and rehabilitation procedures more affordable, resilient and sustainable for the management of road asset. 2015. 109 p.
6. Dr. habil. Gáspár L., Bencze Zs., D. Jato-Espino: Döntéstámogató modell nagy nehézforgalmú utak aszfalt kopóréteg-típusának kiválasztásához. Útügyi Lapok 7. szám 2016. március. 18 p.
7. Bencze Zs., Dr. habil. Gáspár L.: Esettanulmány nagy nehézforgalmú utak „optimális” aszfalt kopó-réteg-típusának kiválasztásához. Útügyi Lapok 8. szám 2016. november. 13 p.
8. Dr. habil. Gáspár L., Bencze Zs.: Nagy nehézforgalmú utak „optimális” felújítási technológiájának kiválasztása. Útügyi Lapok 8. szám 2016. november. 23 p.
9. Shiau, J. M., Lin, S. H., Gou, S.: The effects of aggregate gradation on permanent deformation of asphalt concrete. XIIIth World Meeting of the International Road Federation, 1997, Ontario (Canada).
10. Blazejowski, K.: Stone matrix asphalt: Theory and practice. New York (U.S.): CRC Press, 2010.
11. Hunter, R. N.: Bituminous mixtures in roads. London (U.K.): Thomas Telford Ltd., 1994.
12. EAPA: Heavy duty surfaces. The arguments for SMA. Breukelen (Netherlands): European Asphalt Pavement Association, 1998.
13. Gite, B. E., Abjal, M. S.: Stone Mastic Asphalt. Civil Engineering Portal, Kuala Lumpur, Malaysia, 2013. 4 p.
14. Poulidakos, L., Takahashi, S., Partl, M.: Evaluation of improved porous asphalt by various test methods. (No. 113). Dübendorf, Switzerland, 2006.
15. Mansour, T. N., Putman, B. J.: Influence of aggregate gradation on the

- performance properties of porous asphalt mixtures. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 25(2), 2013, pp. 281-288.
16. Lebens, M.: Porous asphalt pavement performance in cold regions. (No. 12). Minnesota (U.S.): Minnesota Department of Transportation Office of Materials and Road Research, 2012.
17. Hamzah, M.O., Hardiman, D.: Effect of maximum aggregate size on single layer porous asphalt properties and a proposal for double layer to resist clogging. *Proceedings of the 6th Malaysian Road Conference, Malaysia, 16-18 August 2004.*
18. Lanchas, S., Herrero, O.: Characterization of fibres in durable mixes using the new European binder sliding test. [Caracterización de fibras en mezclas durables mediante el nuevo ensayo europeo de escurrimiento de ligante] *Carreteras*, 4(155), 2007, pp. 60-71.
19. Botella, R., Pérez, F. E., Miró, R., Costa, A., Loma, J., Cervantes, R., Potti, J.J.: SMA mixtures' thermal cracking and fatigue behaviour. [El comportamiento a fisuración térmica y por fatiga de las mezclas SMA] *Asfalto Y Pavimentación*, 8(3), 2013, pp. 11-18.
20. Nejad, F. M., Aflaki, E., Mohammadi, M. A.: Fatigue behavior of SMA and HMA mixtures. *Construction and Building Materials*, 24(7), 2010, pp. 1158-1165.
21. SETRA: Aide au choix des techniques d'entretien des couches de surface des chaussées. Paris, 2009. 70 p.
22. Sandberg, U., Kragh, J., Goubert, L., Bendtsen, H., Bergiers, A., Biligri, K. P., Vansteenkiste, S.: Optimization of thin asphalt layers - state-of-the-art review. (No.1). Linköping (Sweden): 2010. ERA-NET ROAD Project "Optimization of thin asphalt layers".
23. Berge, T.: NordTyre – Tyre/road noise testing on various road surfaces – State-of-the-art. (No. SINTEF A22579). Trondheim (Norway): 2012. Project 90E380. 28 p.
24. Aksnes, J.: Environmentally friendly pavements. (No. 2578). Trondheim (Norway): 2009. VN PT – 15205.
25. van Keulen, W.: Silent Roads for Cost Effective Noise Reduction. Green Pages, 1-4, 2004.
26. Cattley, D: Towards Sustainability Good Practice Case Sheets: the use of Thin Surfacing Systems – a Quiet Revolution. ICE: London, 2008.
27. McDaniel, R.: Field Evaluation of Porous Asphalt Pavement. North Central Superpave Center PP-present-ation slides, 2009. 34 p.
28. Open Graded Friction Course Usage Guide (OGFC). California Department of Transportation, Sacramento, CA, 2006. 19 p.
29. Beckenbauer, T., Spiegler, P., van Blokland, G.J., Kuijpers, A., Reinink, F., Huschek, S., Stüttze, T., Heerkens, J.: Einfluss der Fahrbahntextur auf das Reifen-Fahrbahn-Gerausch. Forschungsbericht FE-Nr. 03.239/1995/MRB, Bundesanstalt für Strassenverkehr, 2001.
30. De Graaff, D. F.; Peeters, A. A. A.; Peeters, H.M.: Tire/road measurements of truck tires. Report M+P.DWW.03.71. Vught (Netherlands): M+P Noise and Vibration Consultancy, 2004.

31. Friel, S., Kane, M., Woodward, D.: Use of Wehner Schulze to predict skid resistance of Irish surfacing materials. 2013 Airfield and Highway Pavement Conference: Sustainable and Efficient Pavements, Los Angeles, California (U.S.).
32. Nicholls, J. C.: Review of UK porous asphalt trials (1st Ed.). Crowthorne, U.K.: Thomas Telford Ltd., 1999.
33. Daines, M. E.: Trials of porous asphalt and rolled asphalt on the A38 at Burton. (No. 323). Crowthorne, U.K., Transport Research Laboratory, 1992.
34. Nikolaidis, A.: Very thin surfacing: A beneficial and cost effective alternative to traditional surfacing materials for flexible pavements. 1st ICTI China Beijing, Beijing, China, 2008, pp. 131-140.
35. Davis, R. M.: Comparison of surface characteristics of hot-mix asphalt pavement surfaces at the Virginia Smart Road. Blacksburg, Virginia (U.S.): Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, 2012.
36. Fwa, T. F., Choo, Y. S., Liu, Y.: Effect of aggregate spacing on skid resistance of asphalt pavement. *Journal of Transportation Engineering*, 129(4), 2003, pp. 420-426.
37. McGhee, K. K.: Measuring, Achieving, And Promoting Smoothness of Virginia's Asphalt Overlays. Final Report, Virginia Transportation Research Council, April 1999. 42 p.
38. Nicholls, J. C., Carswell, I., James, D. J.: Durability of thin surfacing systems in the UK after nine years monitoring. 5th Eurasphalt & Eurobitume Congress, Istanbul (Turkey), 2012.
39. Rungruangvirojn, P., Kanitpong, K.: Measurement of visibility loss due to splash and spray: Porous, SMA and conventional asphalt pavements. *International Journal of Pavement Engineering*, 11(6), 2010, pp. 499-510.
40. Smith, K. L., Titus-Glover, P., Rao, S., Von Quintus, H. L., Stanley, M.: Life-Cycle Cost Analysis of SMA Pavements and SMA Application Guidelines. Final Report. Wisconsin Highway Research Program #0092-04-06. Submitted to Wisconsin Department of Transportation. 2006. 116 p.
41. Life-cycle costing – Asphalt pavements in Ontario. Ontario Hot Mix Producers Association, 1998. 4 p.
42. Butt, A. A.: Life cycle assessment of asphalt pavements including the feedstock energy and asphalt additives. Stockholm (Sweden): Division of Highway and Railway Engineering, 2012.
43. OECD: Economic Evaluation of Long-Life Pavements. Programme of Research on Road Transport and Intermodal Linkages (RTR), 1, 3-114, 2005.
44. Kamaruddin, I., Soelistijo, A., Napiah, M.: A comparison of the engineering properties of gap-graded and well-graded road bituminous mixtures. 16th International Conference on Urban Transport and the Environment, Urban Transport 2010, Limassol (Cyprus), pp. 275-287.
45. Moretti, L., Di Mascio, P., D'Andrea, A.: Environmental impact assessment of road asphalt pavements. *Modern Applied Science*, 7(11), 2013, pp. 1-11.
46. Kaloush, K., Biligiri, K., Rodezno, M., Belshe, M., Way, O., Carison, D., Sousa, J.: Asphalt rubber asphalt concrete friction course overlay as a pavement preservation

strategy. 4th International Gulf Conference on Roads, Doha (Qatar), 2008, pp. 559-569.

47. Saaty, T. L.: The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation. New York (U.S.), 1980, McGraw-Hill.

48. Hwang, C. L., Yoon, K.: Multiple attribute decision making: Methods and applications. New York (U.S.): Springer. 1981. 225 p.

49. Lin, H.: An application of fuzzy AHP for evaluating course website quality. Computers and Education, 54(4), 2010, pp. 877-888.

50. Hammersley, J. M., Handscomb, D. C.: Monte Carlo methods. London (U.K.): Methuen, 1964.

51. Abadie, J., Carpentier, J.: Generalization of the Wolfe reduced gradient method to the case of nonlinear constraints. Optimization, University of Keele, London (U.K.), 1968, pp. 37-47.

*Megjelent itt*

**8. szám**

2016. ősz



*Szerző*

### **Dr. habil. Gáspár László**

okl. mérnök, okl. gazdasági mérnök, az MTA doktora. A Közlekedéstudományi Intézet kutató professzora, a Széchenyi István Egyetem emeritusz professzora. 400 publikációjának és 520 szakmai előadásának zöme útépítési, -fenntartási és -gazdálkodási témákkal foglalkozik. 30+ nemzetközi téma és bizottság tagja vagy vezetője (volt).

### **Bencze Zsolt**

okl. építőmérnök. A Széchenyi István Egyetem Multidiszciplináris Műszaki Doktori Iskola PhD hallgatója. 2005 óta a Közlekedéstudományi Intézet munkatársa. Főbb kutatási projektjei: EU-s finanszírozású SPENS, INCRIS és DIRECT-MAT projekt, az M6 salaktöltéseinek vizsgálata, az M0 Keleti szektor betonburkolatának gyártásközi ellenőrzése, az első hazai betonburkolatú körforgalom kivitelezésének ellenőrzése.

## Témakörök

Kiemelt

## Kulcsszavak

## Befogadva

2016. december 2.

---

---

## Hozzászólás

Hozzászólás

\* Név

\* E-mail cím

Honlap

Hozzászólás elküldése

Bejegyzések

Galéria

Impresszum

Interjúk

Könyvajánló

Nemzetközi szemle

Szakolvasó

## Témakörök

---

© Copyright Útügyi Lapok 2013 • Minden jog fenntartva.





Folyóirat

Bejegyzések

Szakolvasó

Impresszum

# Útügyi lapok

# 8

## Kiemelt hazai kerékpáros fejlesztések

---

---

*A kerékpáros közlekedés újra teret hódít magának, egyszerű, jól felfogható és népszerű választ adva napjaink néhány kihívására (olcsó, gyors és bárki számára elérhető közlekedés, egészséges és környezettudatos életmód, aktív kikapcsolódás, sport és rekreáció). Hazánk, követve elsősorban a nyugat európai és angolszász trendeket, kiemelt figyelmet fordít a szükséges fejlesztésekre, mely egyik mérföldköve a Bringázni élmény! Kerékpáros Fejlesztési Program. A Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ vezetésével hazánkban példátlan léptékű kerékpáros fejlesztések előkészítése történt, az alapos munka eredménye remélhetőleg rövidesen meghozza gyümölcsét.*

### 1. Kiemelt kerékpáros fejlesztések



Napjainkban a kerékpáros közlekedés reneszánszát éli, az egyre növekvő társadalmi igényeket felismerve mind hazánk, mind az európai unió döntéshozói kiemelten támogatják a létesítmény-fejlesztéseket. A létrehozott útvonalak kis költségből gondos előkészítés mellett a társadalom számára gyors és látványos eredményeket hozhatnak és nem utolsósorban gazdaságilag is többszörösen megtérülnek. Kézzel fogható hasznót jelent a környezeti és egészségügyi megtakarítások mellett a kerékpáros turisták pénzköltése is. Hazánkban számos kerékpáros útvonal jött létre, ezek a néhány km-es hosszuk, a különböző finanszírozási forrásaik és az eltérő szakmai, önkormányzati hozzáállások miatt nem mutatnak egységes képet sem megjelenésben, sem tervezési alapelvekben.

Ezzel a gyakorlattal szakítva a Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ vezetésével hazánkban példátlan léptékű kerékpáros fejlesztést megalapozó tanulmányok készültek, melyek eredménye remélhetőleg hamarosan kézzel fogható lesz. A több száz kilométer hosszú útvonalakat tervező csapatoknak azonos tervezési, gazdasági számítási elveket kellett betartani, folyamatosan egyeztetve egymással, a megbízóval, az érintett állami és civil szervezetekkel.

A cikk írói különböző minőségben vettek részt a Bringázni élmény! Kerékpáros Fejlesztési Programban, maguk is nap mint nap kerékpárral közlekednek, munkájuk kisebb nagyobb részben ezen téma körül forog.

Ahogy a későbbiekben többször is említésre kerül a különbség a hivatásforgalmi és a turisztikai célok között, úgy a cikkben is keverednek a szárazabb szakmai adatok és az útikönyv jellegű leírások. A két típus megfér egymás mellett a kerékpárutakon, így bízunk benne, hogy ez írásunkban sem lesz másként.

### **1.1. Projektek rövid bemutatása**

Az európai trendekhez hasonlóan a 90-es évektől kezdődően Magyarországon is elindult a kerékpáros közlekedés és turizmus fejlődése. A Balaton körül megkezdődött a kerékpárút kiépítése, megjelentek az első, kerékpáros létesítmények tervezését segítő kiadványok. Az Országos Területrendezési Tervben 2008-ban külön mellékletben jelentek meg az országos kerékpárút-törzshálózat elemei és ugyancsak ebben az évben történt meg a teljes Duna-menti kerékpárút kitáblázása. 2005-től 2008-ig pedig Bodor Ádám személyében miniszteri biztos is segítette a kerékpározás fejlődését. Bár a korábbi hazai és EU-s támogatási rendszerben előnyt élvezett a Balatoni Bringakör és az EuroVelo útvonalak fejlesztése, mégis többnyire szigetszerű, egymáshoz nem kapcsolódó önkormányzati fejlesztések valósultak meg [1]. Ezáltal a leginkább látogatott turisztikai útvonalak minősége és kiépítettsége inhomogénné vált.

A problémát és az egyre növekvő igényeket felismerve a Kormány 2011-ben Garancsi István miniszterelnöki megbízott előterjesztésére a természetjáró és kerékpáros turizmus, úthálózat és közlekedés fejlesztésével összefüggő kormányzati feladatokról szóló 1364/2011. (XI. 8.) Korm. határozat elfogadásával döntött arról, hogy kiemelt állami fejlesztésnek tekinti az alábbi kerékpáros projekteket:

- EuroVelo 6 Duna menti kerékpárút (I. ütem: Rajka–Budapest) komplex fejlesztése,
- Budapest–Balaton kerékpáros útvonal kiépítése, valamint,
- Balatoni Bringakör komplex fejlesztése.

A kiemelt fejlesztések estében az állam a Nemzeti Infrastruktúra Fejlesztő (NIF) Zrt.-n keresztül a hosszabb útvonalakat azonos műszaki paraméterek szerint, azonos minőségben tudja kiépíteni, magas szolgáltatási szintet biztosítva ezzel kerékpárral kirándulók számára.

A kormányhatározatot követően a Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ irányításával elindult a tanulmányok készítése a KÖZOP (Közlekedés Operatív Program)-5.5.0-09-11-2012-0004 azonosítószámú projekt keretében. Az alábbiakban a Bringázni élmény! szlogenű Kerékpáros Fejlesztési Program három meghatározó eleméről írunk. A teljes programról a [www.bringaznielmeny.hu](http://www.bringaznielmeny.hu) oldalon lehet tájékozódni.

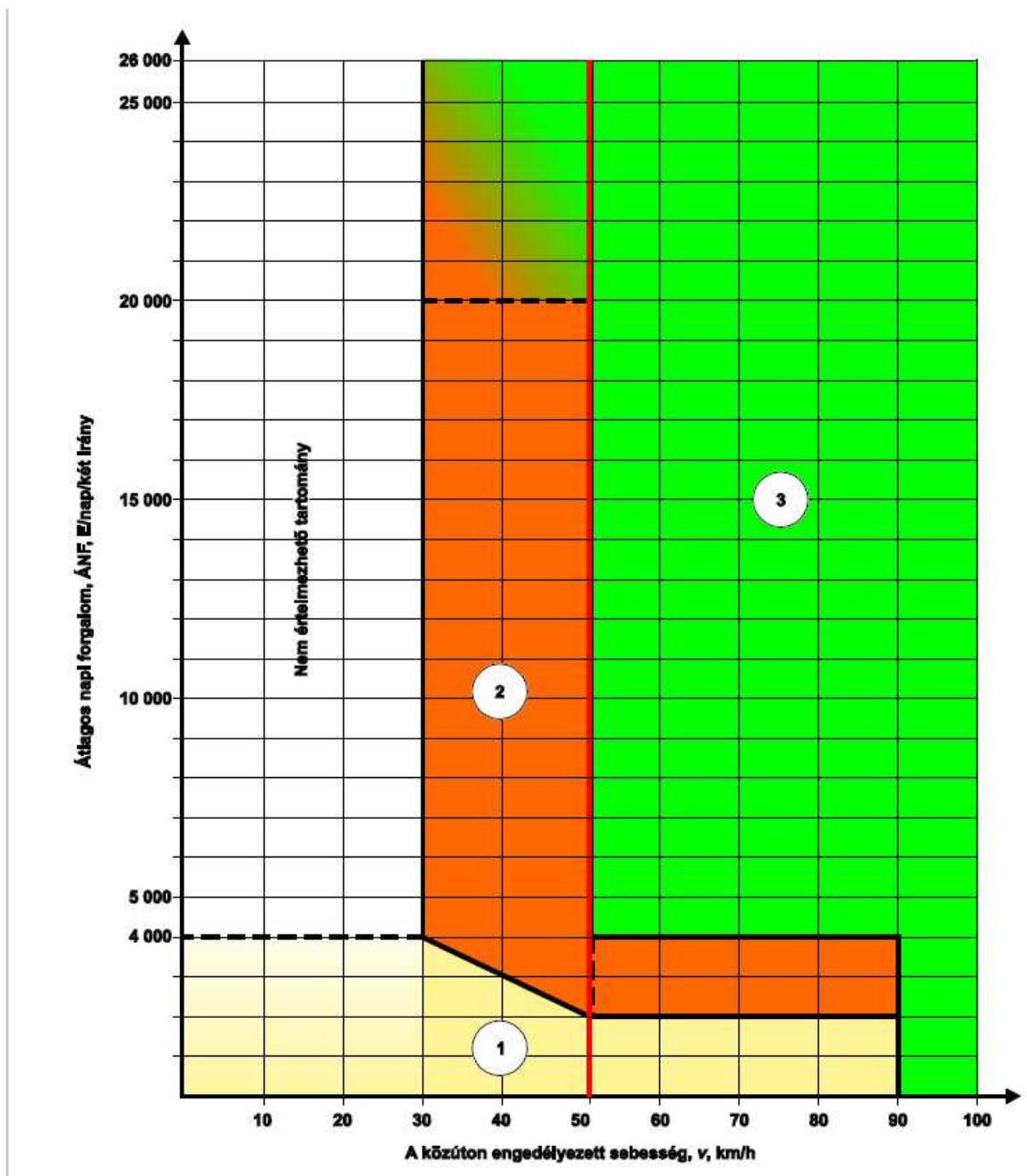
## 2. Tervezési alapelvek

Az elsőre egyértelműen „Turisztikai célú”-nak tűnő útvonalak feladat kiírásában ez a mondat szerepelt: „Hivatásforgalmi hálózatba illeszthető”. A tanulmányok készítésekor a tervező csapatok egyszerre vették figyelembe mindkét pillért, hiszen akkor éri el célját igazán a fejlesztés, ha mindkét forgalom markánsan megjelenik rajta. Így a látványosságok mellett a hivatásforgalmi célpontokat is fel kellett fűzni, hogy a helyben lakók mindennapjaiban is gyakran használt útvonal legyen.

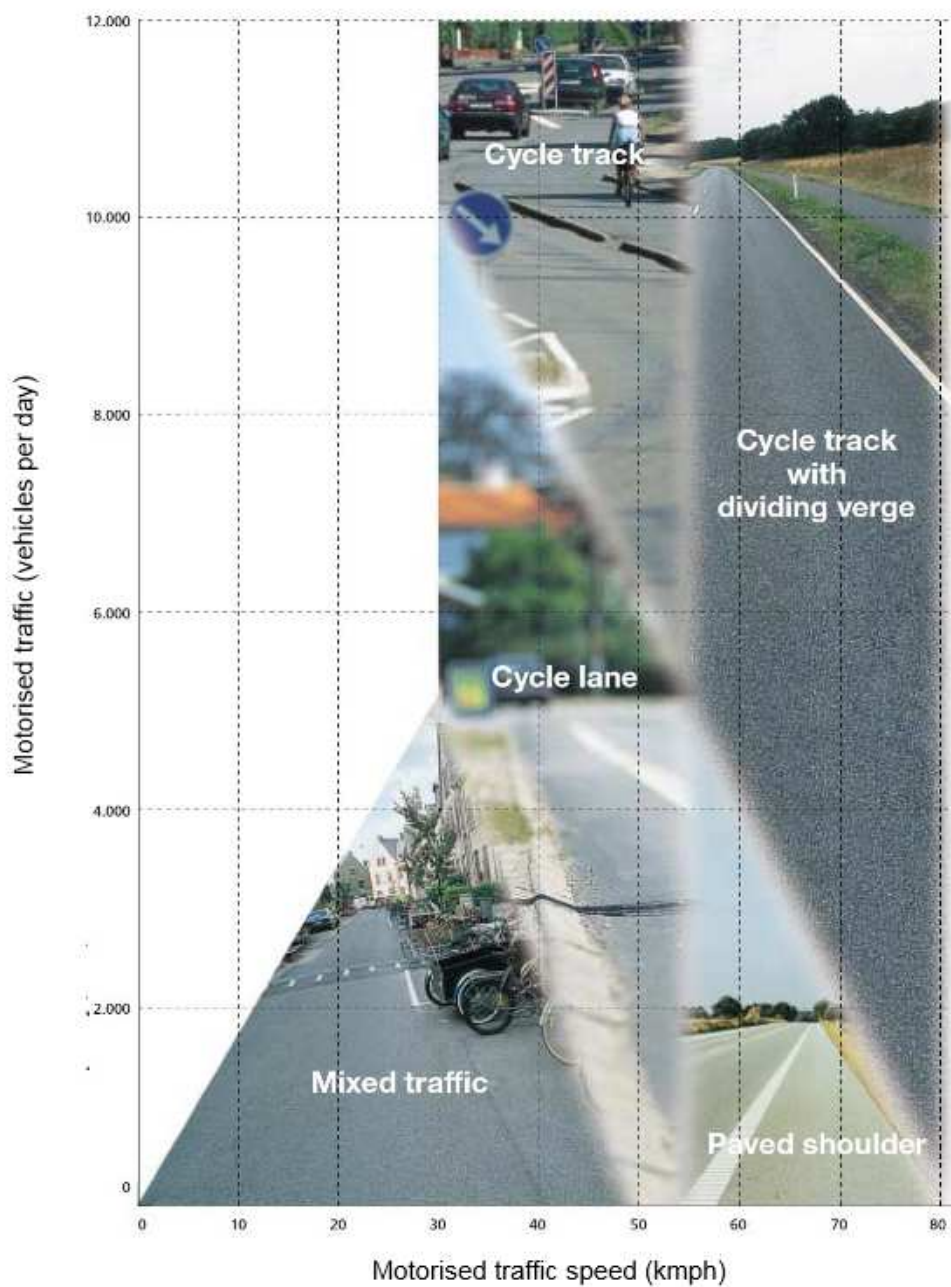
Jól felfogható cél volt az is, hogy ne legyenek kerülő útvonalak a településeken belül (gyakori igényként merült fel a mellékutcákba terelése a szakaszoknak). Ha az érintett városokban, falvakban a céltől elszakadva „tekeregnénk”, könnyen felszökhet egy 100 km hosszú útvonal akár 120-130 km-re is. De a távolság növekedésénél nagyobb kockázat, ha az új útvonal a közlekedők számára nem jelent racionális döntést, nem azon kerékpároznak, így a fejlesztés feleslegessé válik.

A kialakuló szakaszoknál a következő eldöntendő kérdés volt a létesítmény típusok megválasztása. Feltett szándék volt a tervező csapatok részéről, hogy ezúttal BETARTJUK a vonatkozó útügyi műszaki előírásban foglaltakat (e-UT 03.04.11: Kerékpárforgalmi létesítmények tervezése, a KTSZ kiegészítése) és elsősorban a gépjármű forgalom nagyságától és sebességétől tesszük függővé az attól való elválasztás szükségességét. Mindez nem hazai találmány, számos külföldi példa bizonyította, hogy nem csak ésszerűbb, de biztonságosabb megoldások is születnek így. Az alábbi ábrákon a hazai és nemzetközi ajánlások szerepelnek.

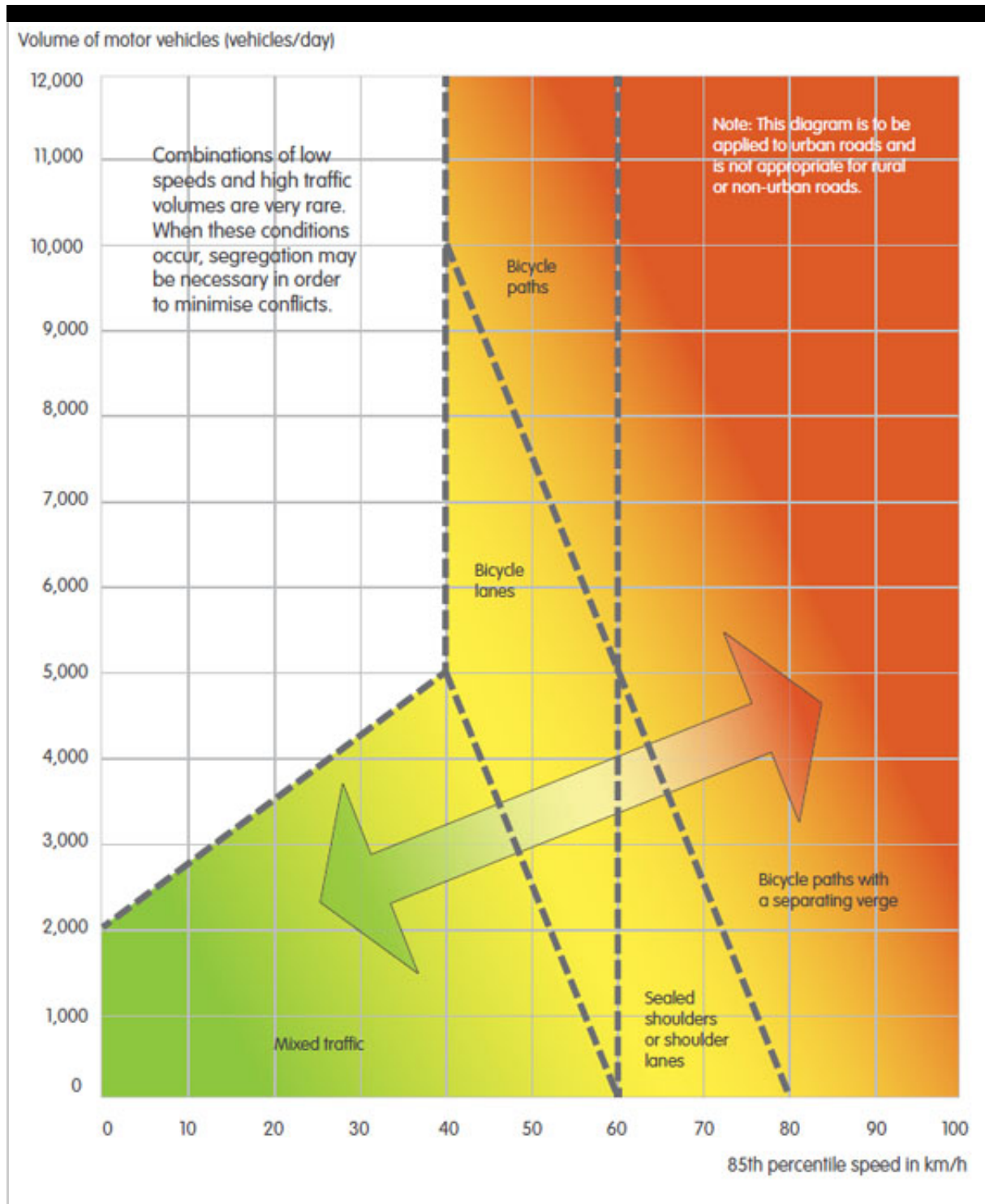




**1. ábra**  
 e-UT 03.04.11 6.1 ábra, A közúti és kerékpáros forgalom szétválasztása

**Figure 5: Guide for planning bicycle facilities on all-purpose roads (Denmark).****2. ábra**

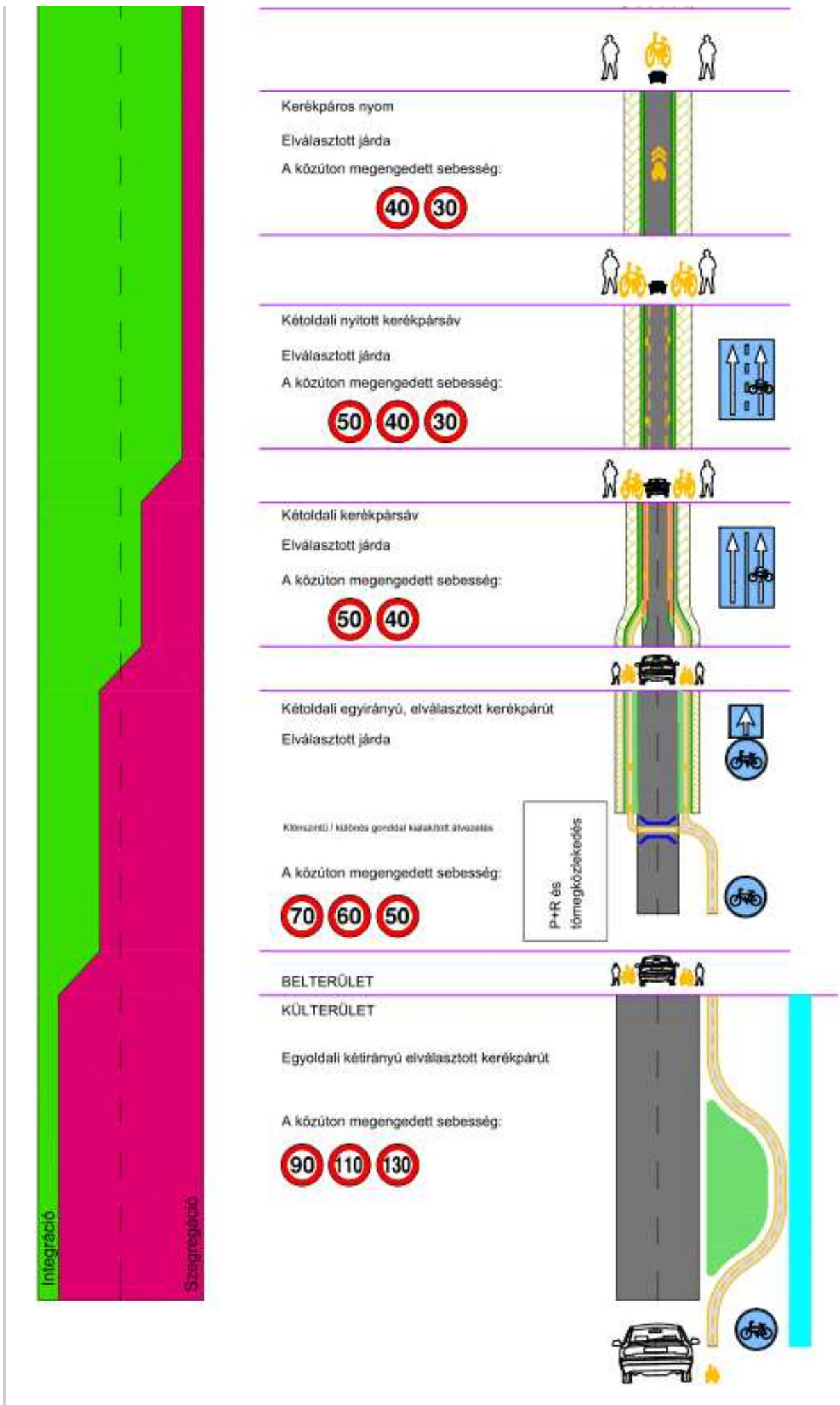
OECD/International Transport Forum (ITF): *Cycling, Health and Safety: A közúti és kerékpáros forgalom szétválasztása*



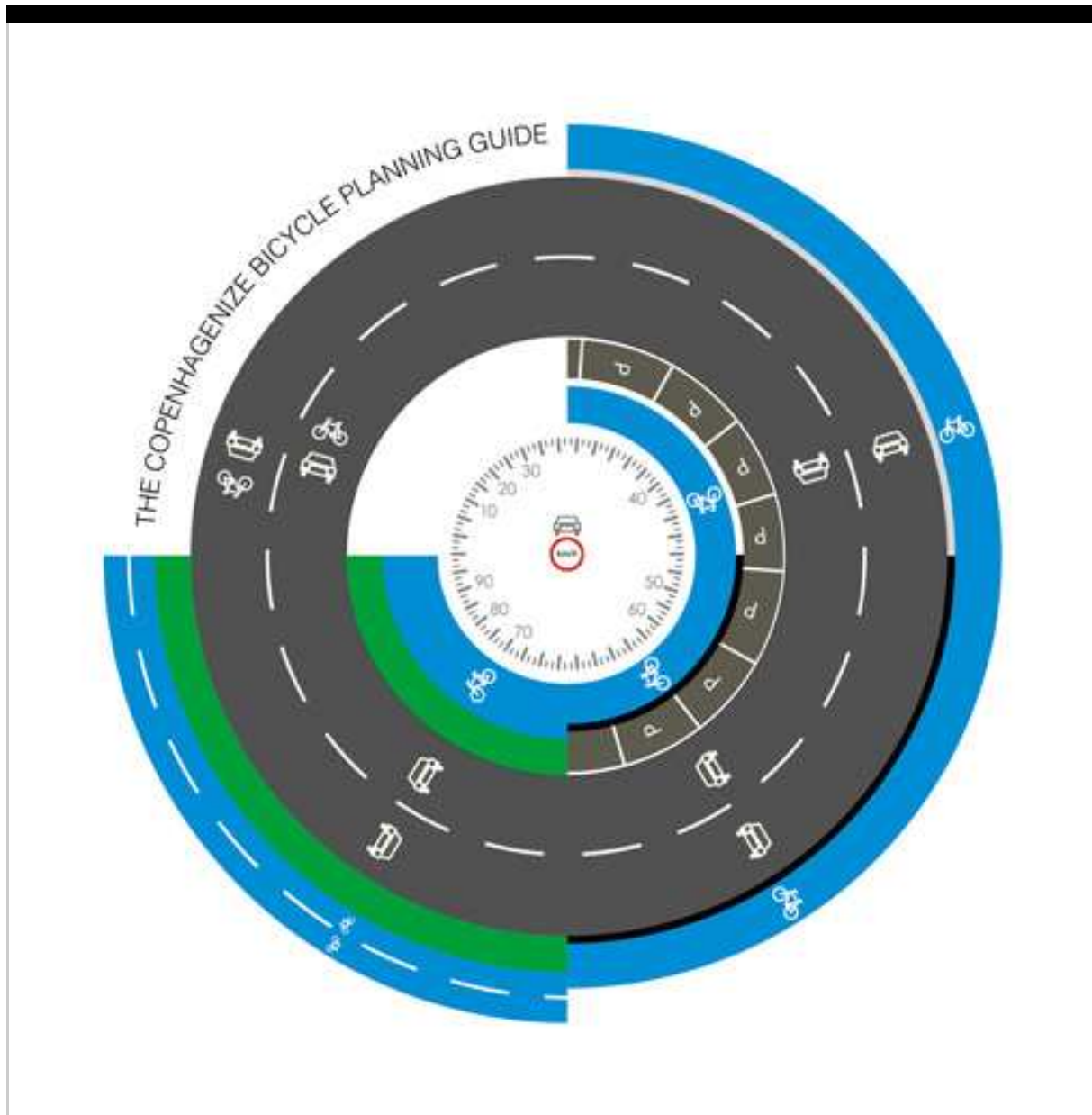
**3. ábra**

*Bicycle network, On road facilities, Separating vs Mixing – Speed and volume of traffic: A közúti és kerékpáros forgalom szétválasztása*





4. ábra

**5. ábra**

*The Copenhagenize bicycle planning guide: - A közúti és kerékpáros forgalom szétválasztása*

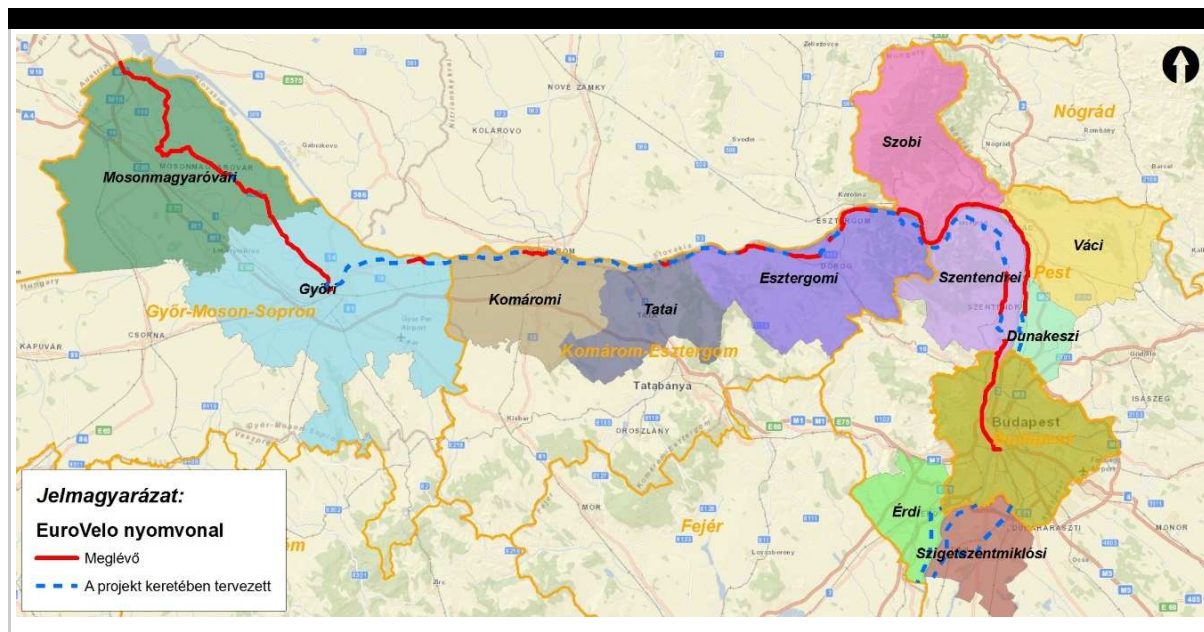
Ökölszabályként elmondható, hogy külterületeken önálló létesítményeket terveztünk, míg a szűkösebb belterületekre érve a gyalogosok számára fenntartott járdák helyett a közúton kerékpársávok, vagy kerékpáros nyomok kialakításával, irányhelyes infrastruktúrát javasoltunk, a felesleges gyalogos – kerékpáros konfliktusok, a tisztázatlan elsőbbségi viszonyok, a balesetveszélyes csomópontok sorozatának kiküszöbölésére. Praktikusan összekapcsolható az elemváltás egy település kapuval, forgalomcsillapító szigettel és a megfelelően kivilágított átvezetéssel. Javaslatunk része volt az is, hogy a településeket átszelő országos közutak a külterületinél keskenyebb forgalmi sávokban folytatódjanak, ezzel is növelve a gépjárművezetők

sebesség érzetét. A közút kialakítása így az „önmagukat magyarázó utak” analógiáját követve jelzi a gépjármű vezetőknek az alacsonyabb megengedett sebességet és nem utolsó sorban több hely marad a kétoldali kerékpár sávnak. Nemzetközi kerékpáros útvonalként a tervezés során figyelembe kellett venni az EuroVelo hálózatra vonatkozó ajánlásokat, mint pl. az útvonal ne rendelkezzen 6%-nál nagyobb emelkedővel, 2 kerékpáros elférjen egymás mellett, vegyes használatú úton az ÁNF<1000 E/nap, 80%-ban burkolt útfelület szükséges, 30 km-ként elérhető élelemforrás, 50 km-ként szállás és 150 km-ként közösségi közlekedés álljon a túrázók rendelkezésére. Ennek megfelelően az elválasztott létesítményeknél legalább 3,00 m széles, aszfalt burkolatú kerékpárutakat terveztünk.

### 3. EuroVelo 6

Nemzetközi turisztikai piacon hazánk egyik legismertebb kerékpáros útvonala az EuroVelo 6, az Atlanti Óceántól a Fekete tengerig tartó „Folyók útja”, mely hazánkban a Duna mentén halad.

Meglévő kerékpáros útvonalként és nevéből adódóan a Duna vonala határt szab a tervezési területnek. A jelenlegi ideiglenesen kitáblázott útvonal felülvizsgálatát kellett elvégezni és javaslatot tenni egyes szakaszokra vonatkozó alternatív útvonalakra. A fejlesztés 3 megyét és 48 település érint.



6. ábra

*EuroVelo 6 északi szakasza Rajkától Budapest déli agglomerációjáig*

A tervezés során forgalomszámlálást végeztek az útvonal mentén. A kerékpáros forgalom az ácsi leágazásánál volt a legalacsonyabb 118 kerékpáros/nap, míg

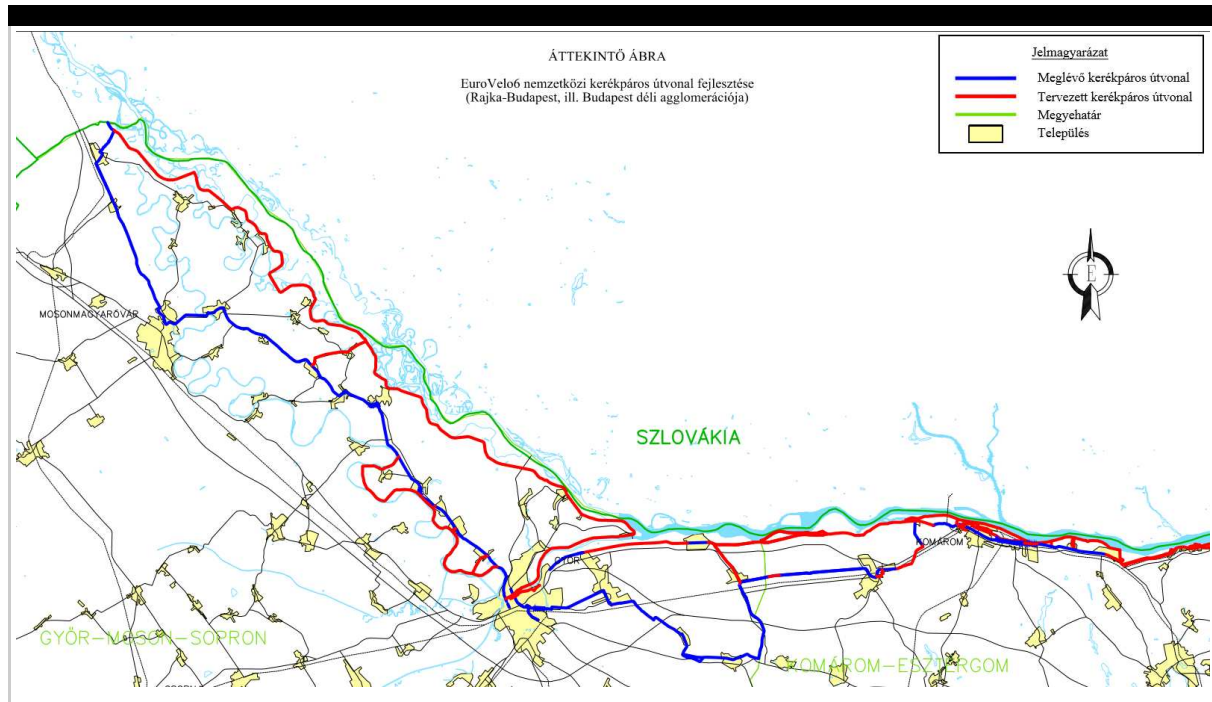


Budakalászon a legmagasabb 2056 kerékpáros/nap.

Rajkától Budapestig a közel 300 km hosszú útvonal öt szakaszra osztható.

### Rajka-Győr

Két, jellegüket tekintve szignifikánsan eltérő nyomvonal került megvizsgálásra. Az egyik – meglévő – nyomvonal Rajkától Mosonmagyaróváron át Győrig gyakorlatilag felfűzi az összes települést. A másik, új nyomvonal a Szigetközben halad árvízvédelmi töltések tetején, a vízügyi igazgatóságok üzemi útjait felhasználva (lásd piros és kék színnel jelölve a lenti képen).



**7. ábra**

*EuroVelo 6 vizsgált nyomvonalváltozatai Rajkától Komáromig*

Alapvető kérdés volt, hogy kik a célközönség, milyen szolgáltatások kialakítására lesz lehetőség egyik, vagy másik útvonal mentén, mekkora forgalomra lehet számítani, ki fogja üzemeltetni, fenntartani, illetve nem utolsó sorban mekkora forrás áll majd rendelkezésre a megvalósítására.

A felhasználók körével kapcsolatban gyakran nagyobb hangsúlyt tulajdonítunk a használati jellegnek, mint amennyit az a valóságban jelent. Ugyanazt a létesítményt fogja használni a világgjáró turista és a helyi lakos.

Ezért a projektben a helyi igények kielégítésére legalább akkora hangsúlyt fektettek a tervezők, mint a turisztikai célú felhasználókéra.

A Szigetközben – többek között a tervezéssel párhuzamosan folyó mértékadó árvízszint országos felülvizsgálata miatt – végül a településeket felfűző nyomvonal mellett felsorakoztatott érvek bizonyultak meggyőzőbbnek. Itt a meglévő kerékpárutak szélesítése a cél, településeken belül kis hosszon, szűk keresztmetszeteken kerékpársávok kerültek megtervezésre.

### Győr-Komárom

A meglévő, Dunától eltávolodó útvonal mellett Gönyű felé új lehetőségeket vizsgáltak a tervezők (lásd a fenti képen). A meglévő nyomvonal ezen a szakaszon csupán táblázást jelent, épített infrastruktúra gyakorlatilag nincs. Mivel az újonnan vizsgált szakasz rövidebb, mint a meglévő kitáblázott, a települések stratégiai, fejlesztési terveihez is jobban illeszkedő, turisztikailag is vonzóbb, így ezen a szakaszon az új, Dunához közelebbi nyomvonal továbbtervezése és megvalósítása a cél.

### Komárom-Szob

Ezen a szakaszon kezdenek beszűkülni a lehetőségek. Mivel a települések jelentős részének határozott elképzelése, sőt tervei is rendelkezésre álltak, az EuroVelo útvonalba ezek beillesztésre kerültek. Egyes szakaszai a tervezés lezárultát követően meg is valósultak.

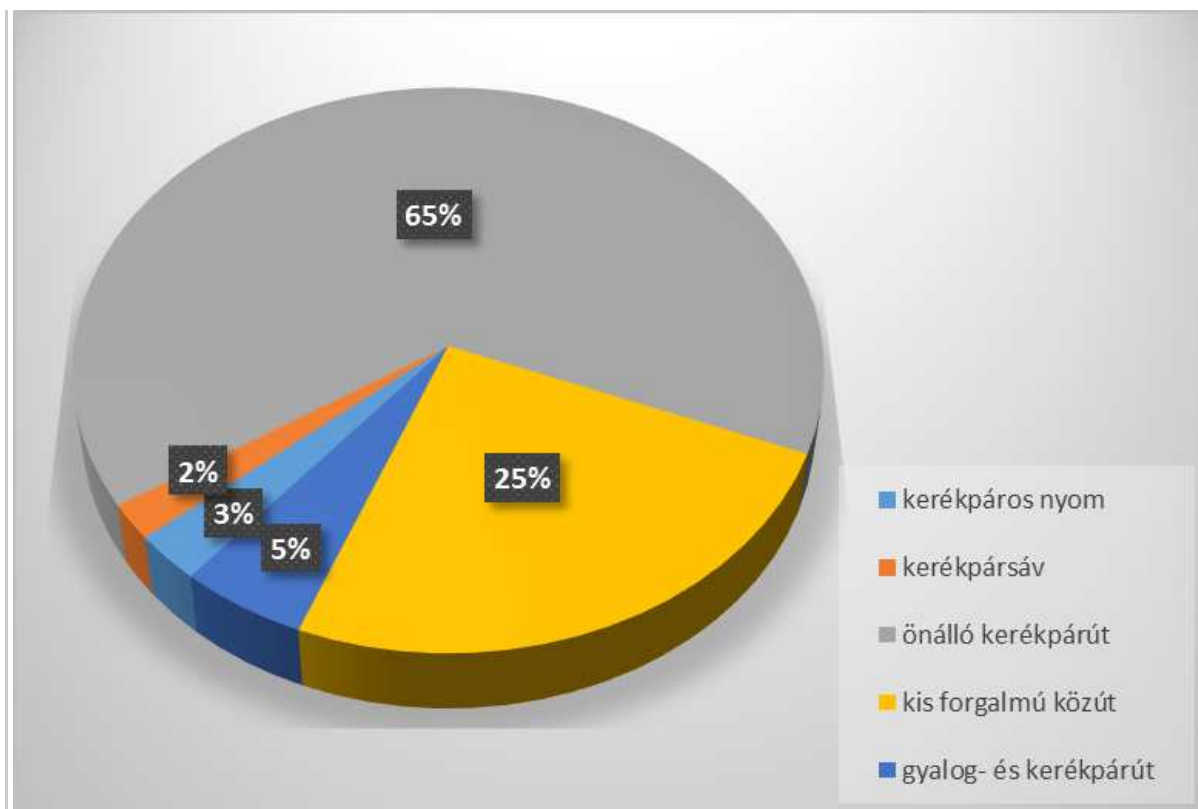
### Szob-Budapest

A Duna jobb és bal partja adja magát, ráadásul a bal parton működő útvonalról beszélünk. A két parti útvonal mellé felkerült a Szentendrei-szigeten futó nyomvonal lehetősége. A bal part népszerűsége alátámasztotta azt a tényt, hogy ez a nyomvonal továbbra is részét kell képezze az EuroVelo 6-nak. A jobb part sokkal több kötöttséggel terhelt köszönhetően a Visegrádi-hegység és a Duna közti szűk területnek, viszont olyan turisztikai desztinációkat fűz fel, mint Szentendre és Visegrád. A Szentendrei-szigeti új nyomvonalak bár vitathatatlan értéket képviseltek, természetvédelem szempontjából érzékeny a terület és a sziget megközelítését biztosítandó legalább egy, de inkább két kerékpáros híd megépítése nem tette versenyképesé ezt az elképzelést.

### Érd-Százhalombatta:

Budapest déli agglomerációjából való bejutás és a helyi turisztikai látványosságok szempontjából a fővárosi szakaszokhoz csatlakozva a Dunapart közelében tervezett a nyomvonal megvalósítása.



**8. ábra**

*EuroVelo 6 Rajka-Bp., ill. Bp. D-i agglomerációban a megvalósuló létesítménytípusok megoszlása*

#### 4. Fővárosi átvezetés

2014-ben készült el a nyomvonal-változatokat kidolgozó, azok társadalmi- és gazdasági hasznát elemző, az érintett területek műszaki jellemzőit és tulajdonviszonyait felmérő megvalósíthatósági tanulmány és cselekvési terv. A 2016-ban megjelent Versenyképes Közép-Magyarországi Operatív Program (VEKOP) 4.1.1-15 felhívás („Aktív turisztikai hálózatok infrastruktúrájának fejlesztésére”) ad lehetőséget a megvalósíthatósági tanulmány alapján kiválasztott kerékpáros útvonalak budapesti szakaszainak fejlesztésére. E szakaszok: a Duna mindkét partján, Budán és Pesten, valamint Csepelen, a teljes városon végighaladó, összefüggő, az útügyi műszaki előírások és az EuroVelo nemzetközi követelményrendszere szerint kialakított útvonal, valamint a budai nyomvonalból elágazó, a Hosszúréti-patak mentén haladó, Balaton felé vezető, regionális, turisztikai funkciójú útvonal.

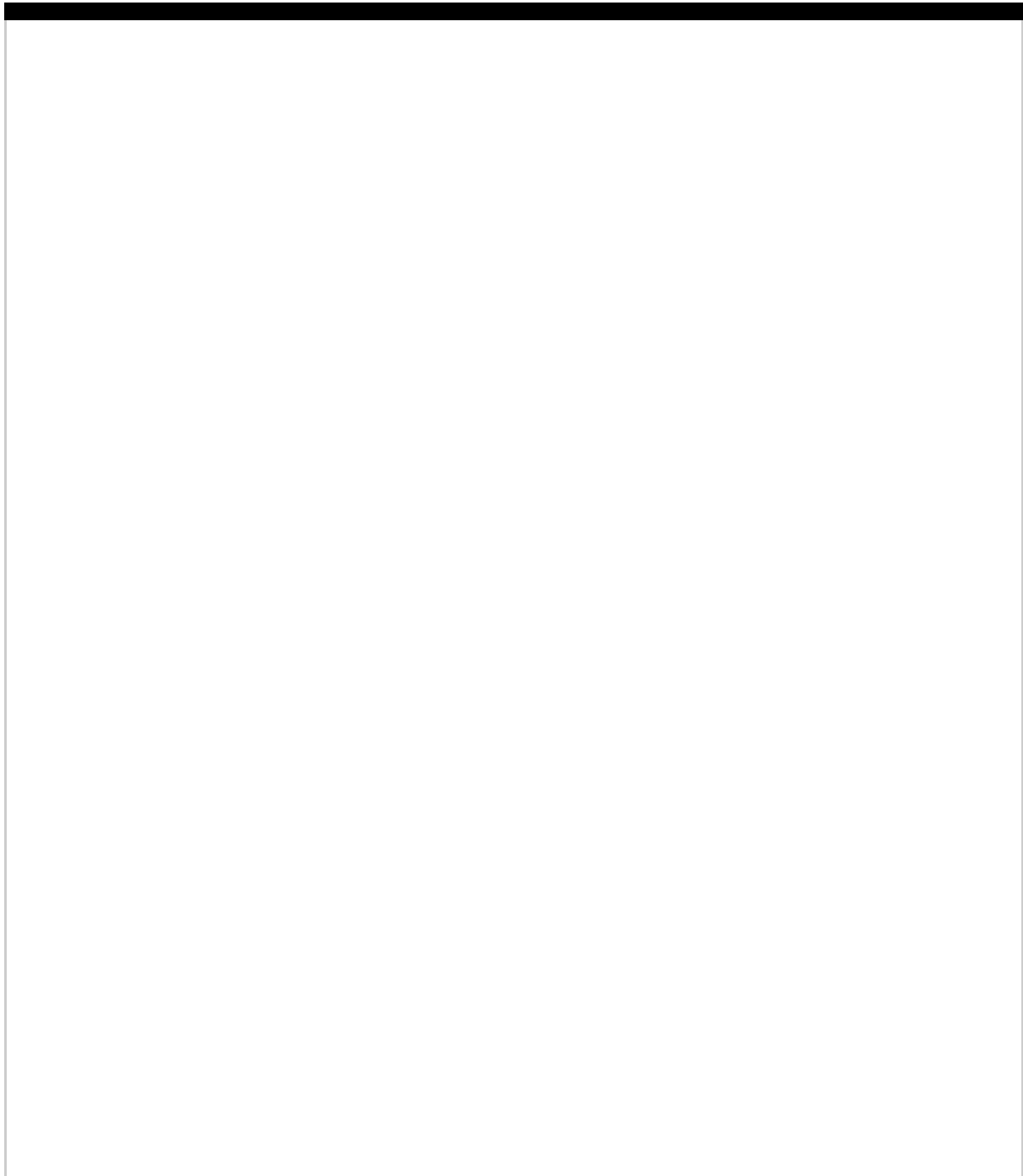
A tervezett fejlesztés összhangban van Budapest hosszú távú városfejlesztési stratégiájával (Budapest 2030) és fenntartható városi mobilitástervével (Balázs Mór-terv), hozzájárul a Duna-partok elérhetőségének, közcélú hasznosításának megteremtéséhez és a környező turisztikai és rekreációs területek fejlesztéséhez és decentralizációjához.

Az EuroVelo kerékpáros útvonalak országok közötti és az országokon belüli attraktív túraútvonalak, melyek sajátossága, hogy a kerékpáros turizmus mellett a városok

közlekedési célú kerékpáros forgalma is igénybe veszi. Budapesten a már működő szakaszok forgalma sok helyen már ma is meghaladja az 1000 kerékpáros/nap értéket.

A fejlesztés keretében a hiányzó, járhatatlan szakaszok kiépítésén kívül a meglévő, de leromlott, illetve nehezen használható szakaszok korszerűsítése történhet meg. A műszaki megoldások szakaszonként különbözőek lehetnek (kisforgalmú, kerékpárosbarát utcák kijelölése, kerékpársáv, kerékpárút, gyalog- és kerékpárút, gyalogos-kerékpáros övezet kialakítása). A Duna környezetében cél a gyalogosbarát kialakítás.

A fejlesztés eredményeként a Duna mentén mintegy 30 km-nyi útvonal fejlesztésével a budai oldal teljesen végigjárhatóvá válik, a pesti oldalon az északi szakasz eléri a városhatárt, a Balaton irányú útvonal teljes, kb. 6 km-es szakasza kiépülhet.





**L'EuroVelo 6** Michel Bonduelle  
**De Nantes à Budapest**  
la plus longue piste cyclable du monde

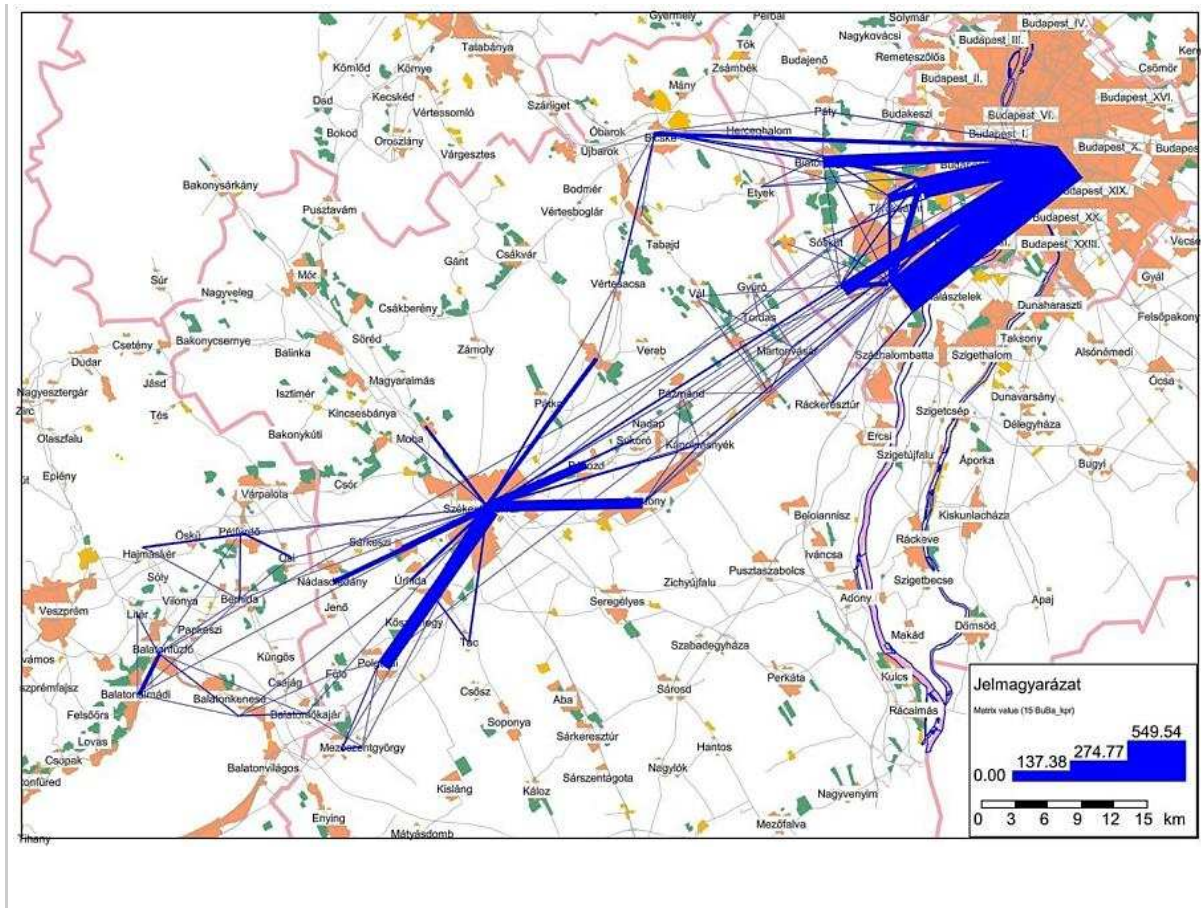


**9. ábra***Francia kerékpáros útikönyv Nant – Budapest között*

## 5. Budapest - Balaton

Hazánk két legnagyobb idegenforgalmi célpontja Budapest és a Balaton. Mindkét helyszínen folyamatosan növekszik a kerékpárral közlekedők száma, a Balaton körül főként turisztikai, míg a Fővárosban leginkább hivatásforgalmi (munkába, iskolába járás) célból tekernek. Idegenforgalmi szempontból kézenfekvő a két célpont megfelelő színvonalú kerékpáros útvonallal való összekötése, de ahogy fentebb említettük, a hivatásforgalmi igényeket is figyelembe véve a térség kerékpáros főújtját kívántuk megtervezni. Az 1364/2011. (XI. 8.) Kormányhatározat kiemelt fejlesztésként ad utasítást a Budapest – Balaton kerékpáros útvonal kiépítésére, a Budapest – Etyek szakaszt I. ütemként meghatározva.

Jelenleg azok száma, akik országos közutakon Budapest és a Balaton között teljes hosszában végig bringáznak igen csekély, de a telefonos háztartásfelvételeink alapján arra következtettünk, hogy túra útvonalként igen népszerű lesz. A hivatásforgalmi célú, kisebb távolságú közlekedők száma viszont napjainkban is jelentősnek mondható, elsősorban a fővárosi és a székesfehérvári agglomerációs forgalomnak köszönhetően.

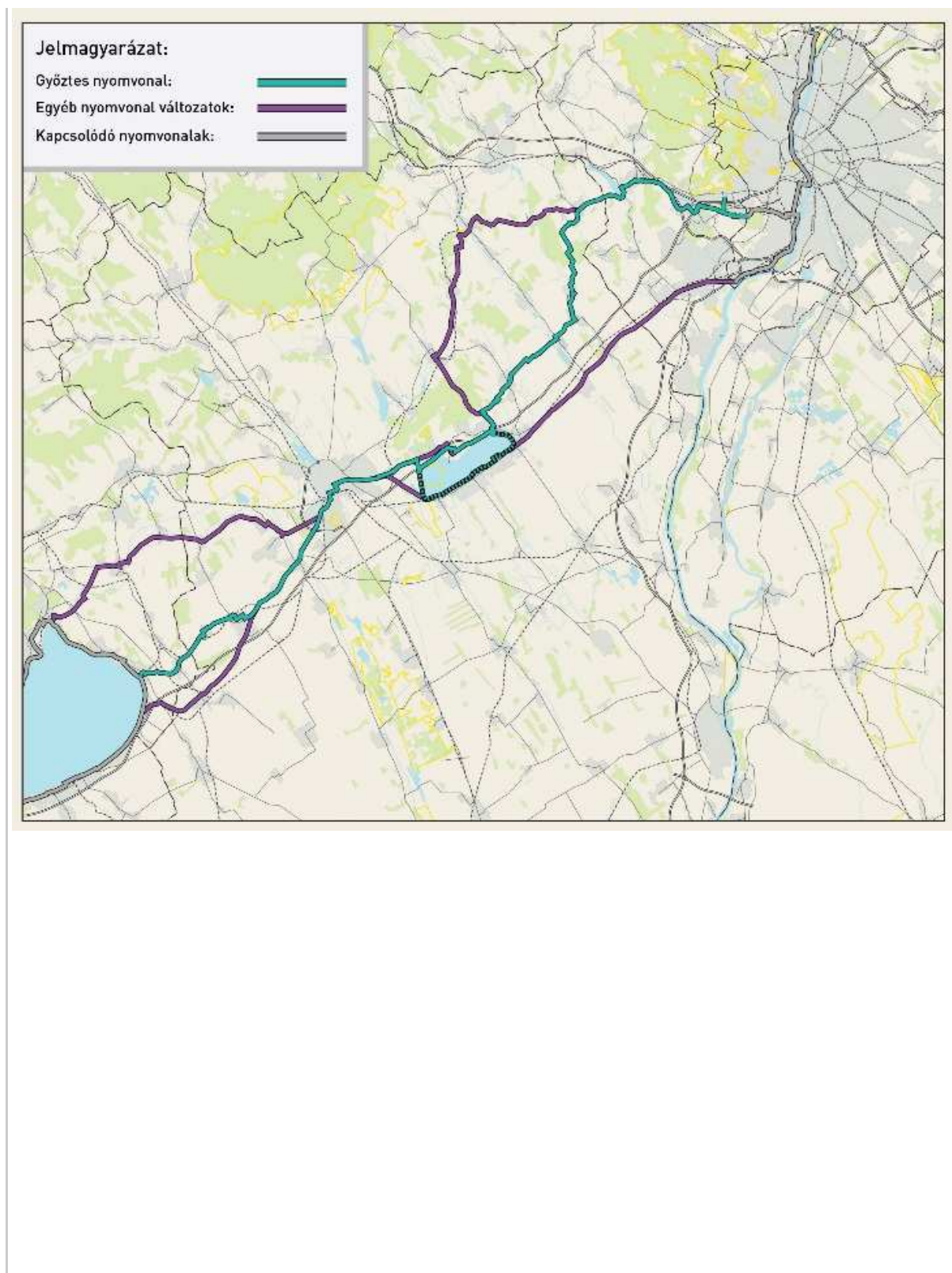


10. ábra

*Jelenlegi napi kerékpáros forgalom az érintett települések között*

A döntéselőkészítő tanulmány során megvizsgáltuk a jelenlegi és a korábbi OTRT nyomvonalakat, de egyéb javaslatunk is volt. A tovább tervezendő útvonal kiválasztásánál kulcskérdés volt a Budapestről való minél kevesebb szintkülönbséggel járó kijutás, a Balatonhoz való érkezési pont, valamint az a jól felfogható szempont, hogy az útvonalra ne csak mint a két végpontot összekötő, leküzdendő szakaszra, hanem egy önálló turisztikai attrakcióra is tekintsünk.




**11. ábra**

*A döntéselőkészítő tanulmány útvonalai*

Tovább tervezésre a következő útvonal lett kijelölve:

Budapest – Törökbálint (Budaörs bekötésével) – Biatorbágy – Etyek – Gyúró – Tordas – Kajászó – Pázmánd – Nadap – Velence – Pákozd – Székesfehérvár – Szabadbattyán – Kőszárhegy – Polgárdi – Füle – Balatonfőkajár – Balatonakarattya.



HOSSZAK, ELJUTÁSI IDŐK:		 30 km/h	 15 km/h	  10 km/h
Budapest – Balaton	105,9km	3 óra 30 perc	7 óra	10 óra 40 perc
Budapest -Etyek	22,4km	45 perc	1 óra 30 perc	2 óra 20 perc
Etyek – Velence	31,8km	1 óra 5 perc	2 óra 10 perc	3 óra 10 perc
Velence – Székesfehérvár	16,3km	35 perc	1 óra 10 perc	1 óra 40 perc
Székesfehérvár – Balatonakarattya	35,4km	1 óra 10 perc	2 óra 20 perc	3 óra 30 perc

12. ábra

Budapest – Balaton – Hosszak, eljutási idők

**Budapest – Etyek:**

A Fővárosból való kijutás különösebb emelkedők nélkül a Balaton felé két irányba lehetséges. Egyrészt a Duna mellett, dél felé, másrészt Budaörs hegyei és a Tétényi fennsík között. Kézenfekvőnek bizonyult a már előzmény tervekben is szereplő Hosszúréti patak – majd Törökbálinttól kezdve a korábbi Budapest – Hegyeshalom vasútvonal mentén való vezetés, így az útvonal egyik leglátványosabb attrakcióján, a Biatorbágyi Viadukton is áttekerhetünk, majd Etyek felé fordulva Budapest szőlőskertjébe érünk.

**Etyek – Velence:**

A ritmusosan következő patak völgyeket keresztezve (Szent László patak, Váli víz, Bágymó éri) egy turisztikai szempontból kevésbé ismert, de annál nagyobb lehetőségeket hordozó tájon haladunk, belterületeken az alacsony forgalmú közutakon, külterületeken mezőgazdasági utak burkolásával szintén vegyes használatú útként.

**Velence – Székesfehérvár**

A Velencei tavat Nadap felől elérve csatlakozunk a tó körüli kerékpárúthoz, majd a Székesfehérvár irányába tartó meglévő szakaszokhoz. A tervünk a nyomvonalakban kisebb nagyobb módosítási, fejlesztési javaslatokat tesz. Székesfehérvár belterületén a gépjármű forgalmi viszonyokhoz, a város távlati elképzeléseihez igazodva terveztünk önálló, integrált létesítményeket.

**Székesfehérvár – Polgárdi**

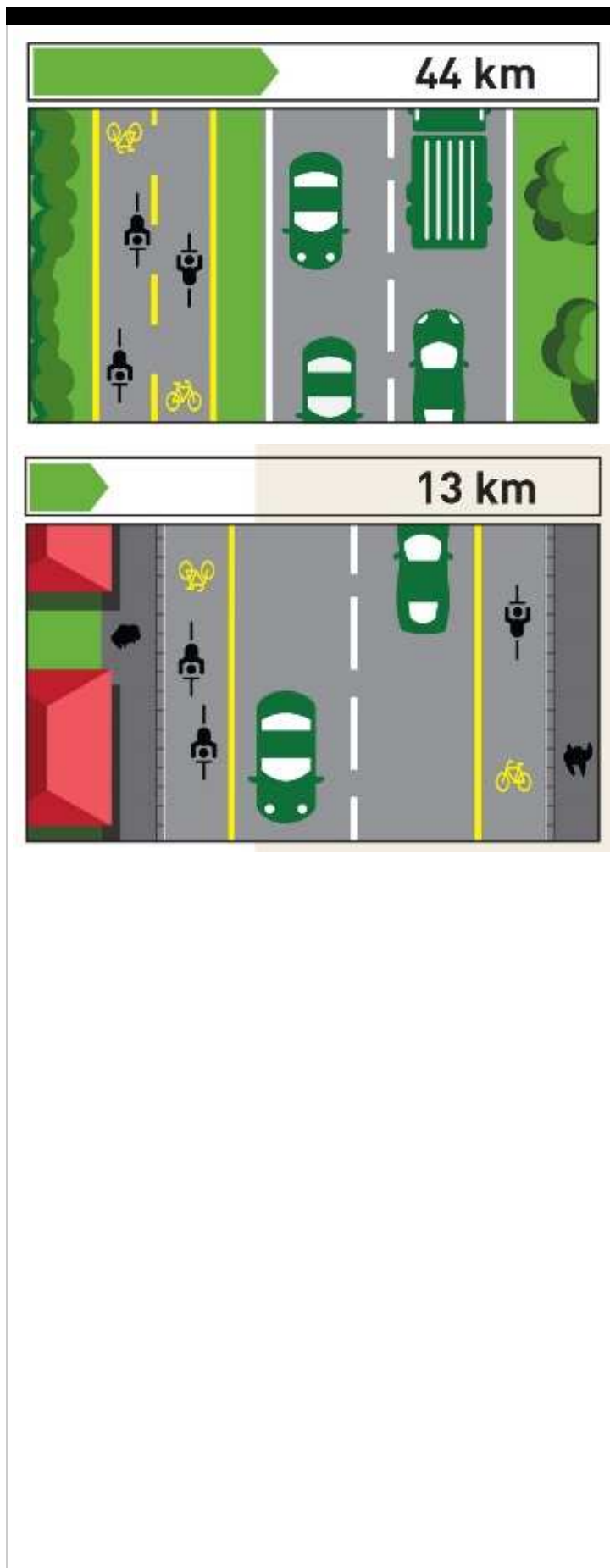
A 7-es úttal párhuzamosan halad a nyomvonal, megteremtve a biztonságos és színvonalas kiszolgálását a jelentős térségi hivatásforgalomnak.

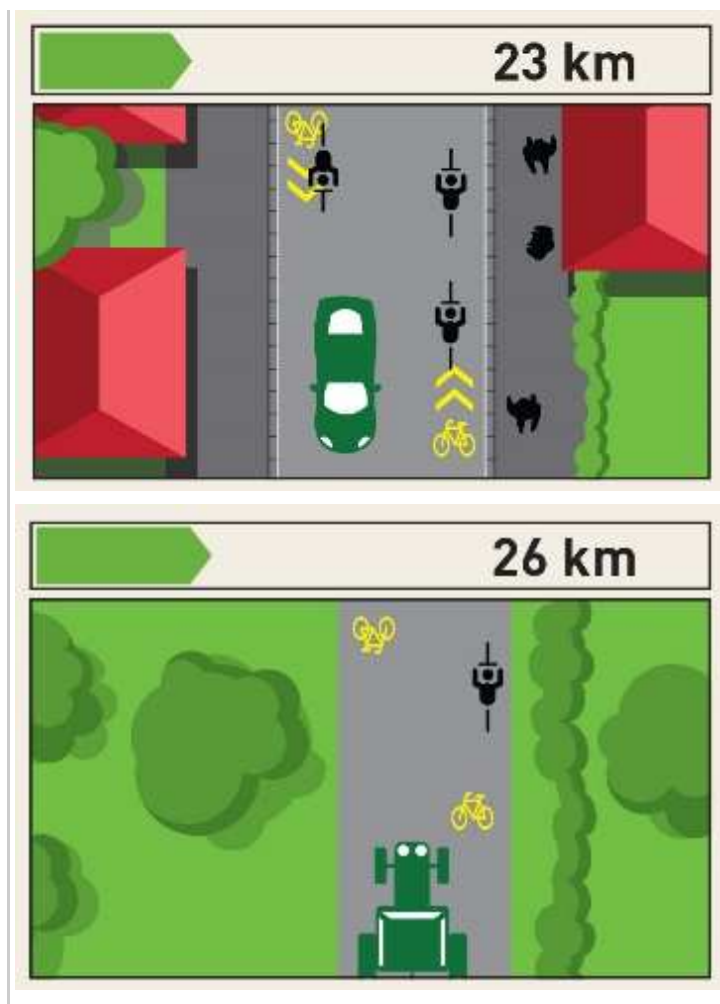
**Polgárdi - Balatonakarattya**

Polgárdinál a főúttól elfordulva Balatonakarattya felé haladunk tovább.

A döntéshozók a tervezőkkel egyetértésben nem kívánták kijelölni, hogy a Balaton

északi, vagy déli partjára szeretnék-e többen érkezni, így arany középútként Balatonakarattya bizonyult a legjobb választásnak, ahol csatlakozhatunk a Bringakör jelenlegi, magasan, vagy a tervezett, vízpart melletti kerékpárútjához egyaránt.

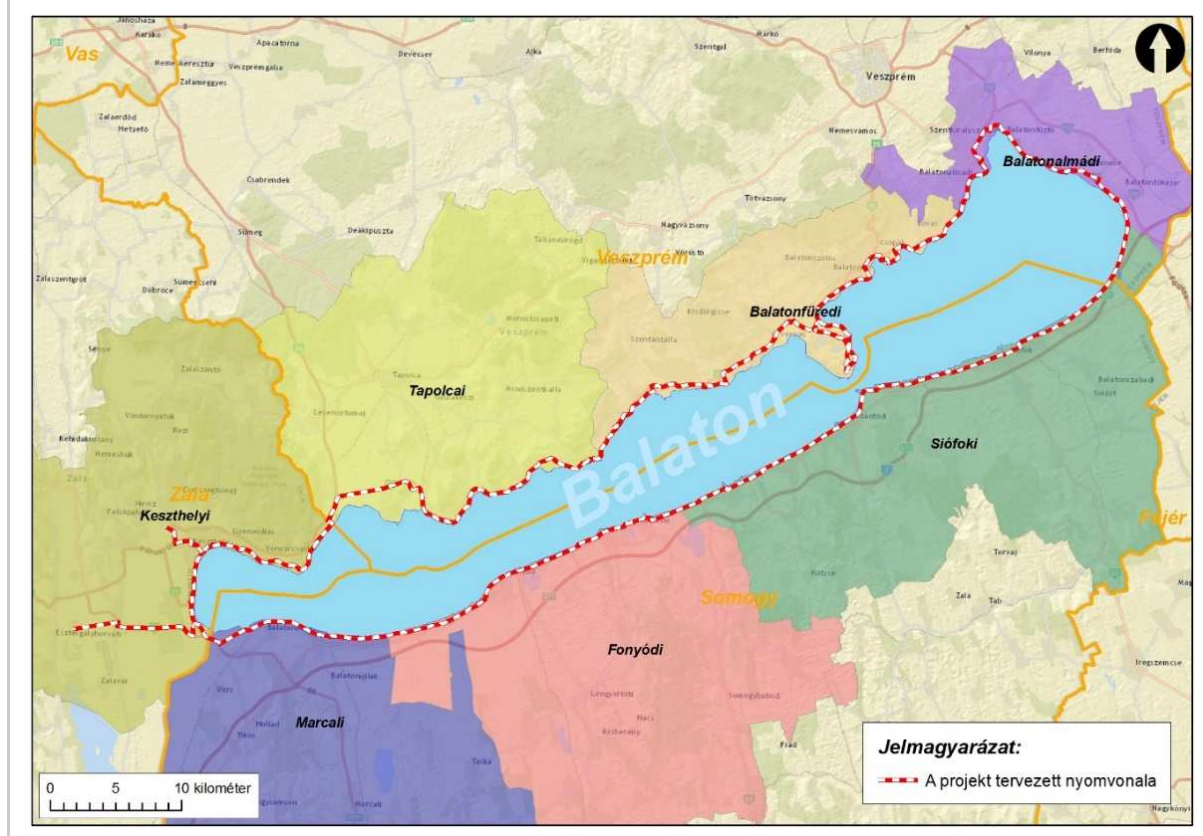


**13. ábra**

*Tervezett létesítmény típusok, hosszak*

## 6. Balatoni Bringakör

Hazánkban elsőként kiépült tókerülő kerékpáros útvonal. 2001-ben jelent meg a Kormányhatározat a Balaton, mint kiemelt üdülőövezet kerékpárútjának megépítéséről és a határozat értelmében 5 év alatt a teljes kerékpáros útvonal megvalósul.

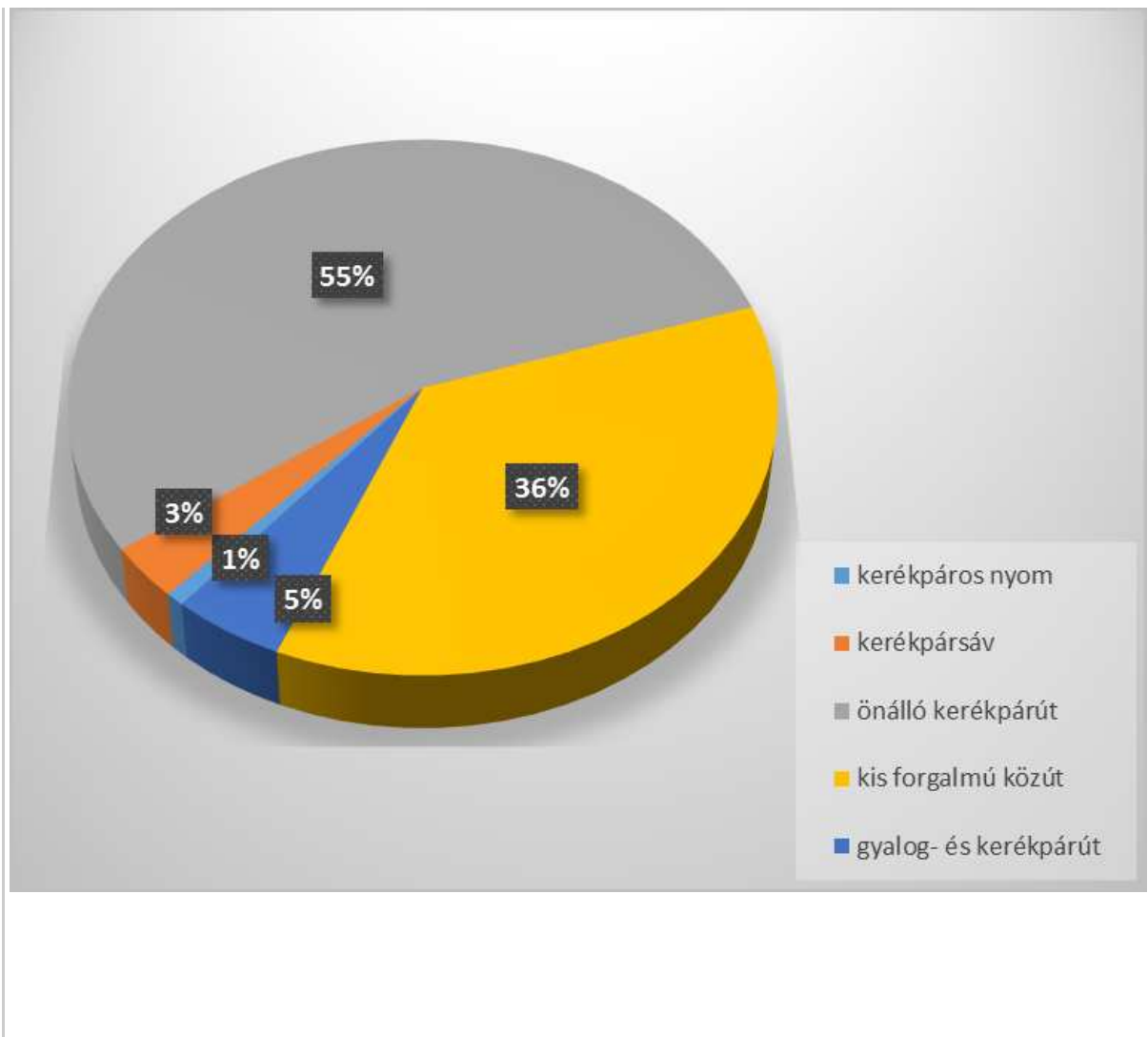
**14. ábra**

. Balatoni Bringakör és a Kis-balatoni és hévízi bekötés vizsgálata során kialakult nyomvonalak

A fejlesztéssel 3 megye és 43 település érintett. Meglévő útvonalként a szolgáltatási szint javítása, a leromlott szakaszok felújítása, a szűk keresztmetszetek megszüntetése, balesetveszélyes helyszínek átépítése volt az elsődleges cél, illetve egy olyan, működőképes gerincút létrehozása, melyre a környező települések felfűzhetik saját hálózatukat. A jelenlegi Bringakör komplex fejlesztésén kívül a Kis-Balaton bekötése is megtörténik.

A forgalomszámlálás alapján a Bringakör egy tetszőleges keresztmetszetében átlagosan napi 1025 kerékpáros közlekedik. A forgalomszámlálás mellett a Balatoni Hajózási Zrt. kerékpárszállítási adatait is vizsgálták, mely szerint a Tihany – Szántód közötti komp évente 53 428 kerékpárt szállít (két irány), a napi csúcs értéke (két irány) 1 396 db.

A tervezés során 35 km-es szakaszon teljesen új nyomvonal lesz kialakítva, a forgalmas sétányok elkerülésével, a nagyobb emelkedők kiküszöbölésével. A fejlesztésbe bele tartozik a B+R parkolók és pihenőhelyek megtervezésére, illetve több helyszínen automata forgalomszámláló berendezések elhelyezése is.

**15. ábra**

*A Balatoni Bringakör komplex fejlesztése során megvalósuló létesítménytípusok megoszlása*

## 7. Gazdasági hasznok

A kerékpározás jelentős gazdasági és társadalmi hasznait számos szakértői anyag kiemeli [2]. Az Európai Kerékpáros Szövetség (ECF) tanulmánya [3] szerint EU-27 szinten évente legalább 205 milliárd EUR a kerékpározás gazdasági haszna. Az Eurobarometer 2010-ben készült felmérése [4] szerint az európai polgárok 7,4%-a használ kerékpárt, mint leginkább preferált közlekedési eszközt. Az egy fő által évente átlagosan letekert kilométerekre vonatkozó statisztikát figyelembe véve ez mintegy 94 milliárd km teljesítményt jelent évente, ami a hasznok becslésének alapja.

Terület	Becsült haszon / év (7,4%)
Egészségügyi hasznok	114 – 121 mrd EUR
Torlódások csökkenése	24,2 mrd EUR

Üzemanyag megtakarítás	2,7 – 5,8 mrd EUR
CO2 kibocsátás csökkenése	1,4 – 3,0 mrd EUR
Levegőszennyezés csökkenése	0,9 mrd EUR
Zajszennyezés csökkenése	0,3 mrd EUR
Kerékpáros turizmus	44 mrd EUR
Kerékpáros ipar	18 mrd EUR
<b>Összesen</b>	<b>205,2 – 217,3 mrd EUR</b>

Az egészségügyi kiadások csökkenése mellett a turisztikai ágazat haszna a legjelentősebb. A turisztikai hasznok becslése során az európai szinten évente megtett 2,295 milliárd hosszabb-rövidebb, külföldi és belföldi túra jelentette az alapot. Az átlagos költségre vonatkozó statisztikák figyelembe vételével ez valamivel több, mint 44 milliárd EUR bevételt jelent. A többnapos túrát teljesítők száma mintegy 20,5 millió, akik évente 9 milliárd EUR-t költenek. A ágazat hasznait részletesebben megvizsgálva, ugyancsak az ECF által végzett felmérés szerint az egynapos kerékpáros kiránduló utakon a fejenkénti költség európai átlaga 16 EUR, a többnapos utazásoké fejenként 350 EUR körül alakul. A többnapos kerékpáros utazások átlagos fejenkénti napi költsége több mint 50 EUR, amelynek kb. 40%-át szállásra, 30%-át ételre és italra, további 30%-át pedig más szolgáltatásokra (pl. vásárlás, közlekedés, programok) fordítják a kerékpárosok. Ezek a bevételek elsősorban a turisztikai útvonalak mentén működő kis- és középvállalkozásokat gazdagítják.

## 8. Várható folytatás

A fejlesztések az Európai Unió támogatásával az egyes Operatív Programok keretében valósulhatnak meg. A megvalósíthatósági tanulmányok 2014-ben elkészültek, azonban a tovább tervezésre és az építésre a 2007-2013 időszak KÖZOP és ROP keretei már nem biztosítottak elegendő forrást, illetve az engedélyeztetés és a szükséges közbeszerzési eljárások miatt a beruházások nem zárultak volna le a pénzügyi ciklus elszámolási időszakának (tehát 2015 december) végéig.

A 2014-2020 időszak Gazdaságfejlesztési és Innovációs Operatív Program (GINOP) 7.1.2. és a Versenyképes Közép-Magyarországi Operatív Program (VEKOP) 4.1.1. pályázati felhívásaiban viszont a korábbi Kormányhatározattal összhangban megjelent a kiemelt kerékpáros útvonalak fejlesztésének lehetősége. A felhívások szerint a kerékpáros infrastruktúra esetében a NIF Zrt., míg a kapcsolódó szolgáltatások fejlesztése esetében a Kerékpáros Magyarország Szövetség a kedvezményezett.

A fejlesztések előmozdítása érdekében Révész Máriusz kormánybiztos előterjesztésére jelentősen bővült a kiemelt fejlesztések köre, valamint a Kormány

ezen projekteket nemzetgazdasági szempontból kiemelt jelentőségű üggyé nyilvánította, felgyorsítva ezzel a hatósági eljárásokat. 2016 októberében kormánydöntés született a fejlesztések további finanszírozásáról is. A NIF Zrt. 700 millió Ft keretösszegű tervezési közbeszerzést írt ki, melynek eredményeként 2017 elején megkezdődhet az engedélyes és kiviteli tervek készítése. A hatósági eljárások és a kivitelezésre vonatkozó közbeszerzési eljárások lefolytatása után, előreláthatólag 2017 végén bizonyos szakaszokon megkezdődhetnek az építési munkák.

## 9. Irodalom

- [1] A kerékpáros turizmus fejlesztési stratégiája 2010-2015 – EconoConsult-COWI, Budapest, 2010
- [2] The Economic Significance of Cycling – A study to illustrate the costs and benefits of cycling policy. Interface for Cycling Expertise (Ice) and Habitat Platform Foundation. VNG uitgeverij, The Hague, 2000
- [3] Calculating the economic benefits of cycling in EU-27, ECF, F. Küster – B. Blondel, Brussels, 2013
- [4] Eurobarometer 312 jelentése (2011)  
[http://ec.europa.eu/public\\_opinion/flash/fl\\_312\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/public_opinion/flash/fl_312_en.pdf)

*Megjelent itt*

**8. szám**  
2016. ősz



*Szerző*

### **Mihálffy Krisztina**

okl. építőmérnök (BME), a Bringázni Élmény projekt projektvezetője.

### **Bereczky Ákos**

okl. építőmérnök, projektmenedzser, BKK. Szakterülete: kerékpáros közlekedés.

### **Berencsi Miklos**

okleveles építőmérnök (BME), mérnök-közgazdász (Corvinus), közlekedésmérnök (University of Florida). 2007-től dolgozik a közlekedési területen, korábban a

Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ kerékpáros egységét irányította, jelenleg a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium Kerékpáros Koordinációs Főosztályát vezeti.

### **Horváth László**

Okleveles építőmérnök, Főmterv Mérnöki Tervező Zrt. úttervezési irodáján felelős tervező.

### **Tőkés Balázs**

okl. közlekedésmérnök (BME), Budapesti Közlekedési Központ, Stratégia szakterület, kerékpáros közlekedés fejlesztése

---

#### *Témakörök*

Témakörök • Útéptés • Városi közlekedés

#### *Kulcsszavak*

EuroVelo • kerékpár • kiemelt projekt

#### *Befogadva*

2016. december 2.

---

---

### **Hozzászólás**

Hozzászólás

\* Név

\* E-mail cím

Honlap

Hozzászólás elküldése



Bejegyzések

Galéria

Impresszum

Interjúk

Könyvajánló

Nemzetközi szemle

Szakolvasó

Témakörök

---

© **Copyright Útügyi Lapok** 2013 • *Minden jog fenntartva.*





Folyóirat

Bejegyzések

Szakolvasó

Impresszum

# Útügyi lapok

# 8

## A nehézgépjármű-forgalom jellemzőinek elemzése az aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezéséhez történő felhasználásra

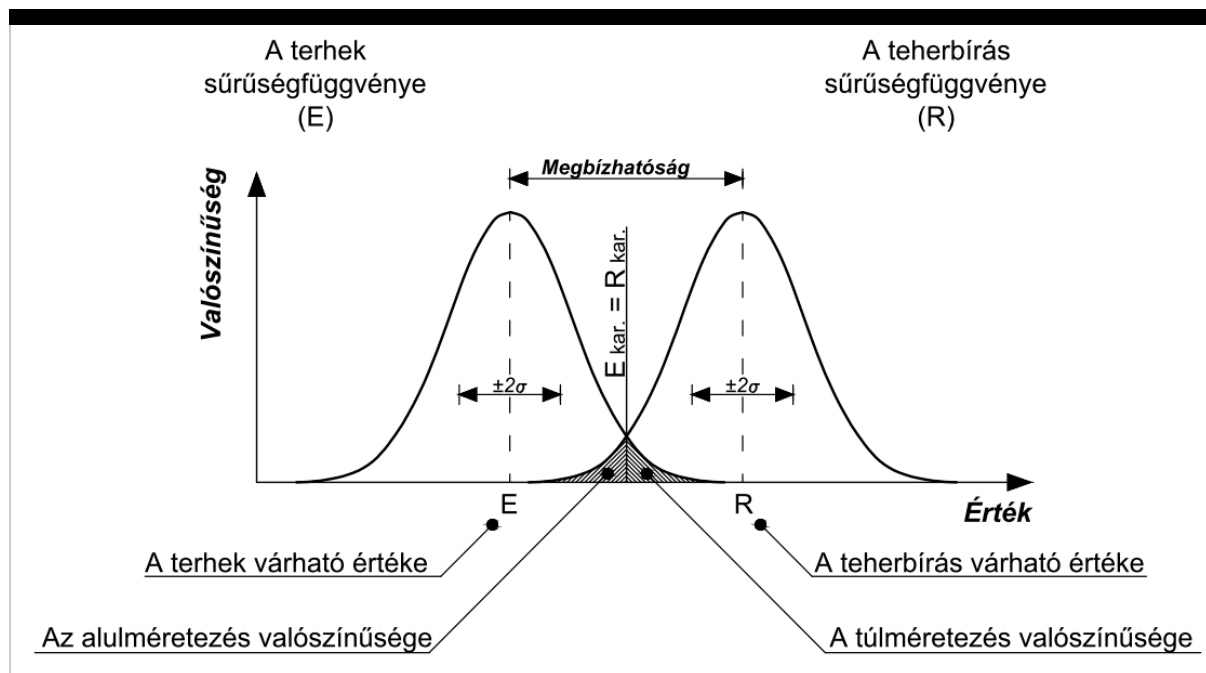
---

*A kutatás a tervezési forgalom meghatározásához felhasznált alapadatokat vizsgálja, hazai forgalomszámlálási adatok és dinamikus tengelysúlymérési adatok alapján, néhány esetben szakirodalmi adatokkal kiegészítve. Módszert mutat be a nehézgépjárművek egység tengelyhez viszonyított rongáló hatását kifejező járműátszámítási szorzó értékének dinamikus tengelysúlymérési adatok alapján való meghatározására, amely nemzetközi áru fuvarozási statisztikák alapján igazolhatóan alkalmazható az aszfalt útpályaszerkezetek méretezése során. A módszert alkalmazva a rendelkezésre álló hét évnnyi mérési adaton, a nehézgépjárművek rongáló hatásának időbeli növekedése igazolható. Az eljárás előnye a teljes tengelysúly-spektrum figyelembe vétele mellett az, hogy a jelenleg alkalmazott, másfélszeres túlméretezést okozó „z” szorzó alkalmazása nem szükséges. Az adatok alapján kimutatható, hogy a tervezési forgalom meghatározása szempontjából a rongáló hatás 4. vagy 5. kitevő szerinti feltételezése közötti különbség nem jelentős, korábbi kutatások eredményét igazolva.*

### 1. Bevezetés

A méretezés feladata a szerkezetek felépítésének, méreteinek és anyagainak meghatározása annak érdekében, hogy az üzemeltetés, illetve a használat közben fellépő terhelések ne okozzanak a tervezési élettartam alatt tönkremenetelt. Kezdetben a méretezés során az építőmérnöki szerkezetek geometriai méreteinek megfelelőségét túlnyomórészt építési tapasztalatokra támaszkodva ellenőrizték, legfeljebb kezdetleges számításokat végeztek. A tudományágak fejlődésével ezt a megközelítést, fokozatosan, analitikus elvű módszerek váltották fel, amelyek során a szerkezeteket érő terheket és a teherbíró képességüket egyre finomabb módszerekkel számították majd hasonlították össze. A vizsgálati és modellezési ismeretek bővülése és a matematikai valószínűség-elmélet fejlődése az 1900-as években több valószínűségi, fél-valószínűségi méretezési elmélet kidolgozásához vezetett, melyek elvét az 1. ábra szemlélteti. Ezen módszerek azon lényegi

felismerésen alapultak, miszerint – Kármán megfogalmazásában – a szerkezetek méretezése során nem az abszolút, csupán az elegendő biztonság megteremtése lehet a cél (Idézi: Farkas, et al., 2015). Ezen újszerű elméletek hosszas viták, kezdeti elutasítottság után a szerkezetek és anyagok, illetve a szerkezetekhez társított elvárásokból fakadó kompromisszumok jobb kihasználását tették lehetővé.



1. ábra

A sztochasztikus méretezés alapelve

Az 1. ábrán bemutatott méretezési elv alapján értelmezhetővé válik a kockázat – vagy biztonság – azon elfogadható – vagy elvárt – szintje, mely az adott szerkezetnek tulajdonított szerep függvényében minden szerkezet méretezésének alapját képezi. A méretezés lényege tehát a szerkezetet érő terhek és a szerkezet terheknek való ellenálló képességének – teherbírásának – összevetése maradt, e két mennyiség megfogalmazása azonban változott, általában valószínűségi változókként kerülnek figyelembe vételre, tehát figyelembe vételre kerül az, hogy a terhek és a teherbírás értékei különböző gyakorisággal fordulnak elő (Deák, et al., 2006). A konkrét számítások során az egyes jellemzők a sűrűségfüggvényük jellegzetes pontjai szerinti karakterisztikus értékükkel kerülnek figyelembe vételre, melyek meghatározásához biztonsági tényezők kerülnek alkalmazásra (Ádány, et al., 2007).

Habár az útpályaszerkezetek is teherhordó szerkezetek, méretezési eljárásaik a klasszikus teherhordó szerkezetektől lényegesen eltérnek, tekintve, hogy a teherbíró képesség és a terhek meghatározása területén egyaránt jelentős a bizonytalanság, és a kettő pontossága között nagyságrendi különbségek is lehetnek (Karoliny, 2005). A valóságban több rétegből álló útpályaszerkezet modelljének felépítése során és az aszfaltkeverékek anyagi tulajdonságainak figyelembe vételekor ugyanis éppúgy jelentős egyszerűsítésekkel kell élni, mint a forgalomból adódó terhelések meghatározásakor, a nehézgépjármű-forgalom jellemzőiben megfigyelhető igen nagy változékonyság figyelembe vételekor. A teherbírás meghatározása azonban rendszerint sokkal pontosabban elvégezhető, mint a terhek megállapítása: az útpályaszerkezet egyes pontjaiban keletkező feszültségek és alakváltozások az 1970-es évek óta számítógéppel is modellezhetőek. A számítógépes modellezésben rejlő lehetőségek hazánkban például a típus-útpályaszerkezetek kialakításánál kerültek kihasználásra. A szerkezet igénybevételeinek meghatározásakor ezzel szemben a klimatikus és forgalmi eredetű terhekben lévő területi és időbeli változékonyság kezelhetősége érdekében továbbra is jelentős egyszerűsítések, általánosítások szükségesek, melyeket minél gyakrabban felül kell vizsgálni.

Mivel az útpályaszerkezetek és megerősítésük méretezése során a forgalomból eredő igénybevétel az egyetlen közvetlenül figyelembe vett teher, meghatározásának minél pontosabbá tétele beláthatóan igen lényeges a méretezés szempontjából. Korábbi kutatásaim során elvégeztem a tervezési forgalom meghatározási módjának érzékenységvizsgálatát, mely során az egyes input adatokat azok valóságban előforduló változékonyságával vettem figyelembe (Soós, 2016). Ezután a tervezési forgalom változékonysága szempontjából a legnagyobb hatással bíró forgalomfejlődési szorzó meghatározási módját és értékeit vizsgáltam (Soós, m.a.). Az

érzékenységvizsgálat alapján felállított sorrendben a forgalomfejlődési szorzót az egyes járműosztályok járműátszámítási szorzói követték, amelyeknek dinamikus tengelysúlymérési adatok alapján való meghatározására módszertant dolgoztam ki (Soós, et al., m.a.). Jelen cikk a tervezési forgalom fontosságát, meghatározásának módját és input adatait tárgyaló kutatásom során készített negyedik cikk, amelyben megemlítem a korábbi elemzések fontosabb következtetéseit, és azokat új kutatási eredményeimmel kiegészítve foglalom össze.

## 2. A tervezési forgalom meghatározásának módszere

Az útpályaszerkezet méretezése az útkategóriától függő tervezési élettartam alatt áthaladó nehéztengelyek okozta fáradási igénybevételeken alapul, melynek meghatározását az e-ÚT 06.03.13 „Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek megerősítése és méretezése” c. Útügyi Műszaki Előírás (ÚME), összevont járműosztályok alapján az (1) egyenlet szerint írja elő.

$$TF = z \cdot 1,25 \cdot 365 \cdot t \cdot r \cdot s \cdot f_N \cdot (ANF_a \cdot e_a + ANF_n \cdot e_n + ANF_p \cdot e_p + ANF_{ny} \cdot e_{ny})$$

(1)

ahol:

$TF$  - a tervezési forgalom, [egységtengely áthaladás, darab],

$z$  - az egyes 115 kN, a kettős 180 kN és az útkímélő 190 kN tengely többlet fásztó hatását figyelembe vevő szorzó (pontosítása kidolgozás alatt),

1,25 - a biztonsági tényező,

$r$  - a keresztmetszeti forgalom irányonkénti számítására használt irányiszorzó,

$s$  - a sávorszó az egy irányban vezető forgalmi sávok száma szerint,

$f_N$  - összevont járműosztály forgalomfejlődési szorzója, az út forgalomba helyezési évétől számított  $t/2$ . évre az ÚT 2-1.118:2005 alapján,

$ANF_i$  - az  $i$ -edik járműosztály átlagos napi forgalma [jármű/nap],

$e_i$  - az  $i$ -edik járműosztály járműátszámítási szorzója,

$a$  - egyes és csuklós autóbuszok,

$n$  - nehéz tehergépkocsik,

$p$  - pótkocsis tehergépkocsik,

$ny$  - nyerges tehergépkocsik.

## 3. A nehézgépjármű-forgalom főbb jellemzőinek vizsgálata

A tervezési forgalom meghatározásához szükséges adatok a valóságban időben és térben változóak. Az alábbiakban bemutatásra kerülnek az egyes paraméterek változékonyságai, és azok hatásai a tervezési forgalom értékére, illetve megbízhatóságára.

### 3.1. A jellemzők változékonysága

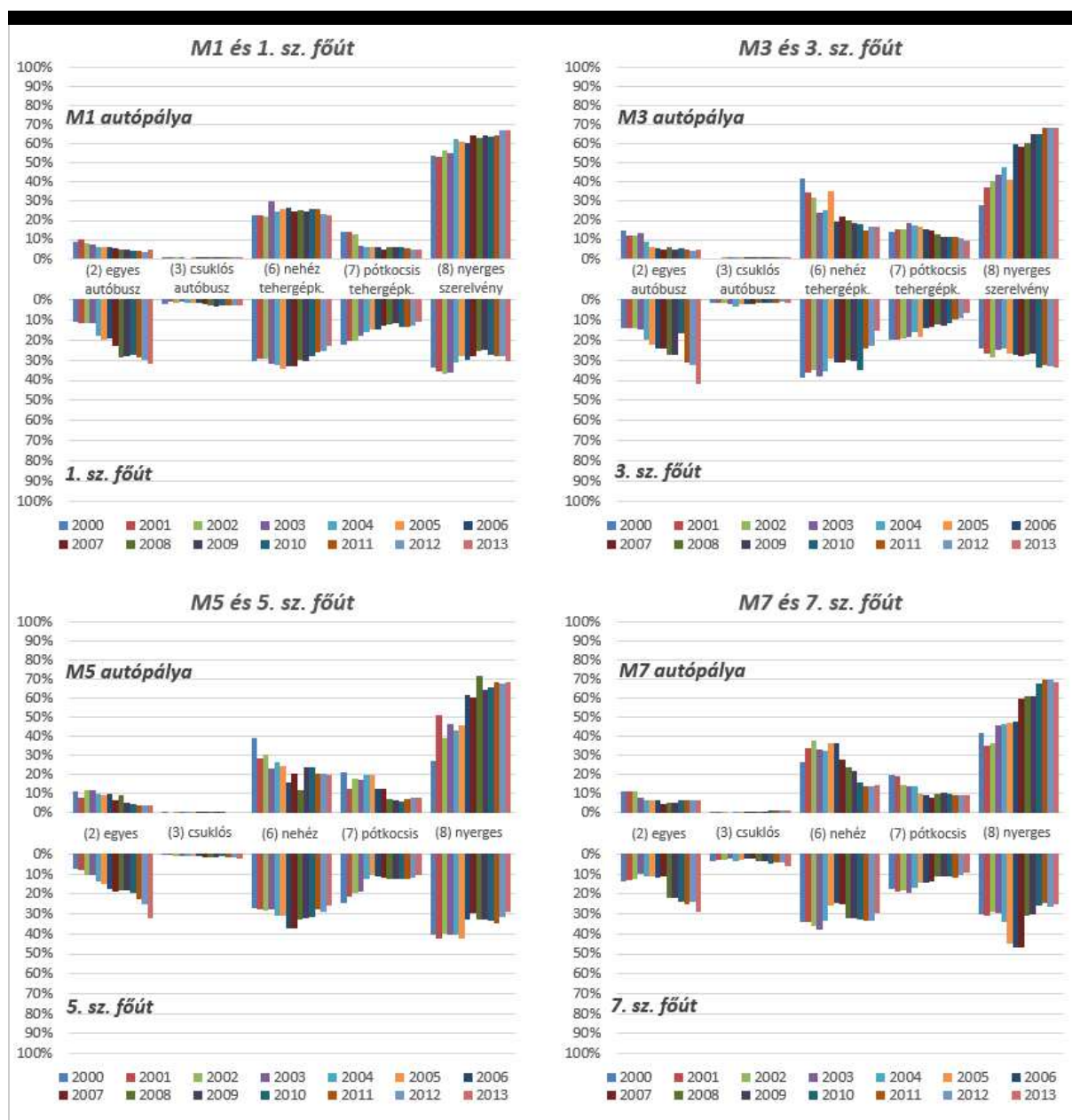
A közutak forgalmi, illetve célzottan nehézgépjármű-forgalmi adatainak elemzésére több hazai szakirodalmi elemzés megtalálható. A közúti forgalom összetételét elemezve Koren annak időbeli változását találta (Koren, 1997). Andricsák és munkatársai autópályák és az azokkal párhuzamosan haladó főutak forgalmi adatait vizsgálták, és azt találták, hogy ahol elérhető, a nehézgépjármű-forgalom áttér a főutakról az autópályákra, így az általuk vizsgált főutak nehézgépjármű-forgalma összességében csökkent (Andricsák, et al., 2005).

Koren és Thurzó egységjármű mértékegységben végzett kutatása során arra jutott, hogy a forgalom növekedése – változása – nem csak útkategóriák között, hanem régióként is jelentősen eltérő (Koren & Thurzó, 2005). Timár a határmenti utak forgalmának előrebecslésén dolgozott, mely során az érintett utakon összességében a forgalom növekedését prognosztizálta, nemzetközi gazdasági és közlekedési adatok alapján (Timár, 2009).

A hazai forgalomszámlálási adatok és dinamikus tengelysúlymérési adatok (Weigh-in-Motion, WIM) elemzésében kiemelkedő Gulyás munkássága. Gulyás több éven keresztül figyelemmel kísérte a hazai WIM mérési adatok

alakulását, és a tengelysúlyok alapján járműátszámítási szorzókat is többször meghatározott. A témában készült számos publikációja közül 2009-ben, a 2006-2007. évi adatok feldolgozása alapján a járműátszámítási szorzókat átlagértékük és relatív szórásuk megadásával publikálta. Eredményei alapján a legalacsonyabb relatív szórás 11%-ra adódott a leggyakrabban előforduló nehézgépjármű, az E2 jelű, „1+1+3” tengelyelrendezésű nyerges szerelvények esetében. A második és harmadik leggyakrabban előforduló nehézgépjármű esetében a relatív szórások rendre 39% és 37%-ra adódtak, míg a legmagasabb szórást a csuklós buszok esetében találta mintegy 84%-os értékkel (Gulyás, 2009). Később, szintén WIM adatok alapján, a tengelysúlyok időbeli növekedése is kimutatta (Gulyás, 2012a), melynek figyelembe vétele, vagy éppen elhanyagolása további bizonytalanságokat jelent a tervezési forgalom meghatározásában.

Kutatásom során a forgalom jellemzőit az útpályaszerkezet-méretezés során szükséges forgalmi terhelés meghatározása szempontjából vizsgálom, így, a több említett kutatáshoz hasonlóan kiválasztott autópályák és főutak által alkotott közlekedési folyosók nehézgépjármű-forgalmi adatait vizsgálom, az említett kutatásoknál részletesebb felbontásban. A szakirodalomban talált trendek, következtetések nehézgépjármű-forgalom tekintetében való igazolása céljából elemeztem négy hazai közlekedési folyosó nehézgépjármű-forgalmi adatait. Az eredményeket, összevont járműosztályok szerinti bontásban a 2. ábra mutatja, országos keresztmetszeti forgalomszámlálási adatokból levezetve.



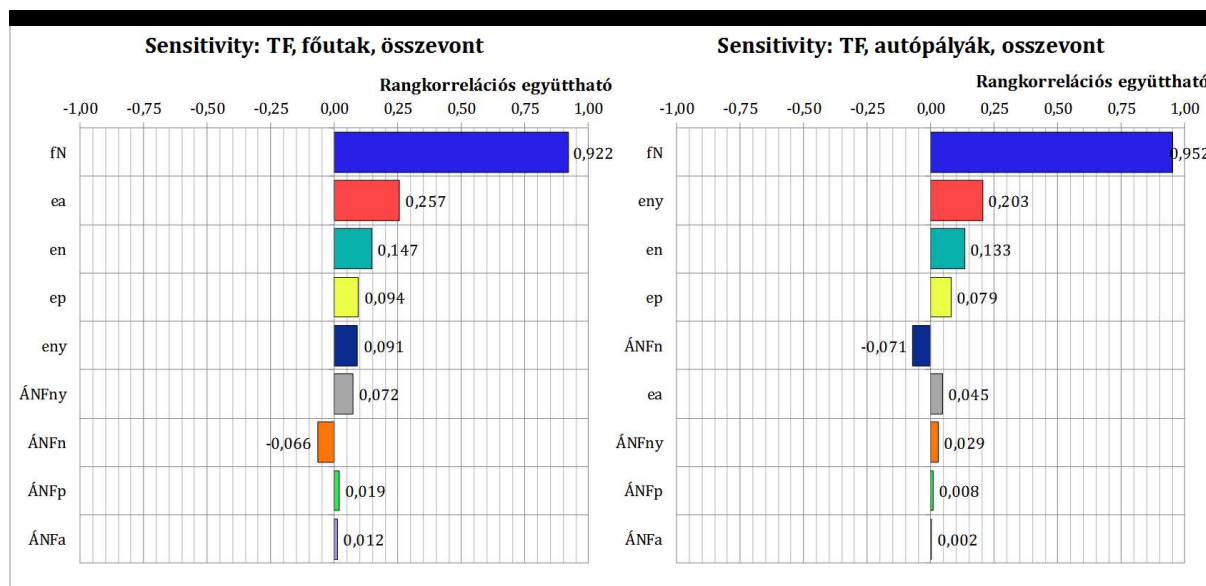
2. ábra

A nehézforgalom összetétele fő közlekedési folyosók esetében (2000-2013)

Az adatok nagyrészt alátámasztják a bemutatott szakirodalmi adatokat. Látható, hogy a nehézforgalom összetételében lényeges eltérések nem csak a vizsgált főutak és autópályák nehézforgalmi jellemzői között tapasztalhatóak, hanem az egyes főutak és egyes autópályák forgalma között is, ami hangsúlyozza a forgalom folyamatos figyelemmel kísérésének szükségességét. Látható a nehézforgalom áttelődése a főutakról az azokkal párhuzamosan futó autópályákra, és a nehézgépjármű-forgalom összetételének időbeli változása is. Itt fontos megjegyezni az útdíjpolitika változásait is, amely szintén hatással van az áttelődésre. Emellett, a 2. ábrán bemutatott adatok alapján végzett korábbi vizsgálataim során a forgalomfejlődési szorzó értéke az adatokat megyei bontásban feldolgozva, az egyes megyei útszakaszok nehézforgalmával súlyozva, a vizsgált autópályákra 1,89-re adódott a vizsgált időszakban (0,47-2,71 terjedelemmel), míg a vizsgált főutak esetén 0,67-re (0,26-0,83 terjedelemmel) (Soós, m.a.). Utóbbi esetben tehát a nehézforgalomból számítható egységtengelyszám – minden esetben – csökken – szemben a jelenleg érvényes előírásban feltételezett növekvő tendenciával (e-UT 02.01.31 [ÚT 2-1.118:2005], 2005). Ez a vizsgált autópályák esetében akár jelentős alulméretezést, a vizsgált főutak esetében akár jelentős túlméretezést is okozhat.

### 3.2. A változékonyság hatásai

A vizsgálatok és szakirodalmak alapján talált változékonyságok felhasználásával a tervezési forgalom meghatározására használt összefüggéseket korábban érzékenységvizsgálatnak vettem alá, melyben az ÚME szerinti diszkrét értékek helyett minden paramétert a valóságban előforduló értékeinek becsült gyakoriságával vettem figyelembe (Soós, 2016). Az érzékenységvizsgálat a rangkorrelációs együtthatók számításán és értékelésén alapult, amelyek azt mérik, hogy két sorozat – itt adott input paraméter és a végeredmény – mennyire változik együtt (Saltelli, 2002). Az eredményt a bemutatott összevont járműosztályokon alapuló számítás esetére a 3. ábra mutatja.



3. ábra

A tervezési forgalom összevont járműosztályokon alapuló meghatározására használt összefüggés érzékenységvizsgálata (Soós, 2016)

ahol:

- $e_a$  - egyes és csuklós autóbuszok járműátszámítási szorzója,
- $e_n$  - egyes nehéz tehergépkocsik járműátszámítási szorzója,
- $e_p$  - pótkocsis szerelvények járműátszámítási szorzója,
- $e_{ny}$  - nyerges szerelvények járműátszámítási szorzója,
- $ANF_a$  - egyes és csuklós autóbuszok átlagos napi forgalma,
- $ANF_n$  - egyes nehéz tehergépkocsik átlagos napi forgalma,
- $ANF_p$  - pótkocsis szerelvények átlagos napi forgalma,
- $ANF_{ny}$  - nyerges szerelvények átlagos napi forgalma,

$f_N$  - forgalomfejlődési szorzó.

Az eredmények azt mutatták, hogy a végeredmény változékonyságát legjobban a forgalomfejlődési szorzó befolyásolja, autópályák és főutak esetében egyaránt. Könnyen belátható eredmény, hogy a nagyobb arányban előforduló járművek járműátszámítási szorzói jobban, a kisebb arányban előforduló járművek szorzói kevésbé befolyásolják az eredmény változékonyságát. Ezek autópályákon a nyerges, a nehéz és a pótkocsis gépkocsik, főúton az autóbuszok és a nehéz gépkocsik.

A nehézforgalom jellemzőinek nyomon követésének fontossága tehát számíttással igazolható, hiszen a forgalom nagyságon kívül egyéb jellemzők sem szükségszerűen változatlanok az idő vagy éppen a terület függvényében. Adott input adatok változékonysága végeredmény megbízhatóságát jobban befolyásolja, így ezek megbízható meghatározására a jövőben kiemelt figyelmet indokolt fordítani.

A forgalomfejlődési szorzóval, és általánosságban a forgalomfejlődés becslésének módszertanával külön elemzésben foglalkoztam (Soós, m.a.).

A járműátszámítási szorzók dinamikus tengelysúlymérési eredmények alapján való meghatározására módszert dolgoztunk ki (Soós, et al., m.a.), melynek lényege jelen cikkben röviden ismertetésre kerül, kiegészítve a szorzóval és a nehézgépjárművek rongáló hatásával kapcsolatos egyéb vizsgálatokkal.

## 4. A járműátszámítási szorzók vizsgálata

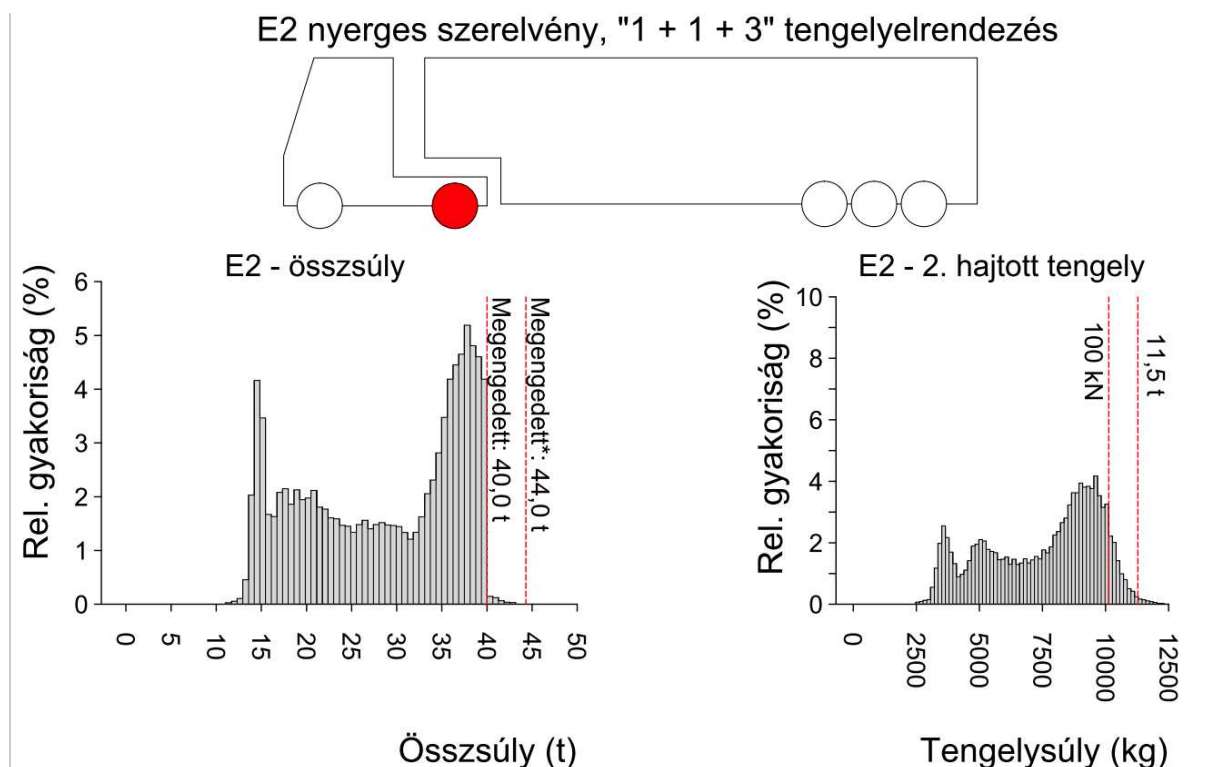
### 4.1. A járműátszámítási szorzók meghatározása

A járműátszámítási szorzó egy konkrét – vagy például egy adott járműosztályba tartozó reprezentatív járműnek – a 100 kN súlyú egység tengelyek áthaladási számában kifejezett rongáló hatását számszerűsíti, meghatározása a forgalomban nagyobb arányban részt vevő járművek esetén kiemelten fontos a tervezési forgalom meghatározása szempontjából.

Koren kutatásaiban határátkelőhelyeken és az ország belső területein elhelyezett tengelysúlymérlegek adataiból határozott meg járműátszámítási szorzókat (Koren, 1986), melyek értéküket tekintve némileg alacsonyabbak voltak az akkor hatályos méretezési utasításban megadott értékeknél (KPM, 1971). Később, a dinamikus tengelysúlymérő állomások telepítését követően (~1996), dinamikus tengelysúlymérési adatok alapján a szorzók többször felülvizsgálatra kerültek (Gulyás, 2002; Gulyás, 2009). Az, hogy Koren nem talált szignifikáns különbséget a határátkelők és belföldi utakon mért között, Gulyás az autópályák és főutak adatai között – mintegy másfél évtizeddel később – viszont igen, arra enged következtetni, hogy a nehézforgalom összetételében, a nagyobb részt nemzetközi forgalmú autópályák, és a nagyobb részt belföldi forgalmú főutak között, szignifikáns különbségek lehetnek. Ezt alátámasztani képes adatokról azonban nincs tudomásom.

A járműátszámítási szorzók meghatározására módszert mutattunk be, mely alkalmas a teljes tengelysúly-spektrum figyelembe vételére (Soós, et al., m.a.). A tengelysúly- és összsúly hisztogramok általában 2-3 lokális maximummal rendelkeznek (4. ábra), ami megnehezíti a statisztikai eszközök alkalmazását.





4. ábra

Példa egy jellemző nehézjármű összsúlyának hajtott tengelyének mérési adataira

A javasolt módszer lényege, hogy a nevezetes eloszlásokkal nem leírható tengelysúly-hisztogramok a (2) egyenlet szerinti folytonos sűrűségfüggvénnyel három, egyenként normális eloszlásra való felbontással definiálhatóak. Ehhez hasonló megközelítés egy korábbi német kutatásban is fellelhető (BAST, 2009), melynek eredményei jól használhatóak a német analitikus pályaszerkezet-méretezési eljárás során.

$$p(x) = \pi_1 f(x|\mu_1, \sigma_1^2) + \pi_2 f(x|\mu_2, \sigma_2^2) + \pi_3 f(x|\mu_3, \sigma_3^2)$$

(2)

ahol:

 $p(x)$  - a közelítő függvény, $\pi_2$  - az egyes normális eloszlások súlysámai ( $\sum \pi_i = 1$ ), $\mu_2$  - az egyes normális eloszlások várható értéke, $\sigma_2^2$  - az egyes normális eloszlások tapasztalati szórásnégyzete.

Az egyes normális eloszlások paraméterei – várható érték és szórás – és egymáshoz képest vett aránya például az ún. „E-M” algoritmus segítségével meghatározható, mely a függvényparamétereket a mérési adatsorhoz konvergálva, adott számú iteráció alatt becsüli (Dempster, et al., 1977). Az iterált paraméterekkel definiált  $p(x)$  függvény és az eredeti hisztogram közötti egyezőség értékelhető például a Cramér-von Mises próbával (Michael&Lei, 1996; Stephens, 1974). A vizsgálatok során az adódott, hogy legfeljebb néhány ezer iteráció után a számított  $p(x)$  függvény 0,97 feletti  $P$  értékkel közelíti az adatsort, ami gyakorlatilag egyezőséget jelent.

Adott  $i$ -edik járműtípus,  $j$ -edik tengelyéhez tartozó  $e_j(x)$  rongáló hatás eloszlásfüggvénye, felhasználva a tengelysúly-hisztogramot közelítő sűrűségfüggvényt, a (3) egyenlet szerint számítható.

$$e_j(x) = \int_0^\infty \left( AF_j \cdot BN_j \cdot \frac{p(x)}{T_e} \right)^h dx$$

(3)

ahol:

 $e_j(x)$  - az  $i$ -edik járműtípus  $j$ -edik tengelyéhez tartozó rongáló hatás eloszlásfüggvénye,



$AF_j$  - a  $j$ -edik tengelyen lévő abroncsok fajtájától függő korrekciós tényező,

$BN_j$  - a  $j$ -edik tengelyen lévő abroncsok belső nyomásától függő korrekciós tényező,

$p(x)$  - tengelysúlymérési eredményeket közelítő sűrűségfüggvény a (2) egyenlet szerint,

$T_e$  - az egységtengely súlya, jelenleg  $T_e = 100kN = 10,19to$ ,

$h$  - a pályaszerkezet-fárasztási (rongálódási) hatványkitevő, jelenleg  $h = 5$ .

Az  $e_j(x)$  folytonos eloszlásfüggvény alapján adott  $j$ -edik tengely rongáló hatása bármely kívánt megbízhatósági szinten meghatározható. Javasolva a szorzók megállapítása során korábban is alkalmazott 95%-os megbízhatósági szintet, a rongáló hatás keresett értéke azon  $e_{j(95\%)}$  értéknél van, amelynél nagyobb legfeljebb 5% eséllyel fordulhat elő; azaz az  $e_j(x)$  függvény integrálja  $0 - e_{j(95\%)}$  között éppen 0,95 (4. egyenlet). Természetesen más megbízhatósági szint is választható.

$$e_i = \int_0^{e_{j(95\%)}} e_{j(x)} dx = 0,95$$

(4)

Az adott  $i$ -edik járműtípus járműátszámítási szorozója ezután a jármű  $n$  db tengelyére számított rongáló hatásának 95%-os megbízhatósági szinten vett értékének összegeként adódik az (5) egyenlet szerint.

$$e_i = \sum_{j=1}^n e_{j(95\%)}$$

(5)

Végül, 16 jellemző járműtípus  $e_i$  járműátszámítási szorozójának, valamint a nehézforgalomban képviselt arányuk ismeretében, számíthatóvá válnak a részletes, majd az összevont járműosztályokhoz rendelhető járműátszámítási szorzók, 95%-os megbízhatósági szinten. (Adatok hiányában az autóbuzsok esetében külön elemzés szükséges, a módszer azonban változatlanul alkalmazható.) A számítások szerint alkalmazásra javasolt járműátszámítási szorzókat, 2014. évi WIM mérések alapján, az 1. táblázat tartalmazza.

Járműtípus			Részletes járműosztály			Összevont járműosztály		
Jel	Mérések száma	Járműátszámítási szorzó számított	Jel	Járműátszámítási szorzó		Jel	Járműátszámítási szorzó	
				Jelenlegi	Számított		Jelenlegi	Számított
B	0	-	B	1,3	-	B	1,30	-
C1	167 966	<b>0,30</b>	C1	0,5	<b>0,30</b>	C	0,60	<b>0,34</b>
C21	5 788	<b>1,51</b>	C2	1,0	<b>1,51</b>			
C22	28	<b>2,03</b>						
D11	13 434	<b>1,31</b>	D1	1,3	<b>1,70</b>	D	1,60	<b>2,07</b>
D12	12 733	<b>2,11</b>						
D21	10 933	<b>2,23</b>	D2	2,5	<b>2,20</b>			
D22	489	<b>1,44</b>						
DX1	54 812	<b>1,56</b>						
DX2	60 744	<b>3,13</b>						
DX3	16 122	<b>0,35</b>						
E11	5 966	<b>0,59</b>	E1	0,8	<b>0,79</b>	E	1,70	<b>1,81</b>
E12	214 371	<b>0,8</b>						
E2	1 797 771	<b>1,94</b>	E2	1,8	<b>1,94</b>			
E31	667	<b>2,09</b>	E3	2,6	<b>1,92</b>			
E32	70	<b>0,27</b>						

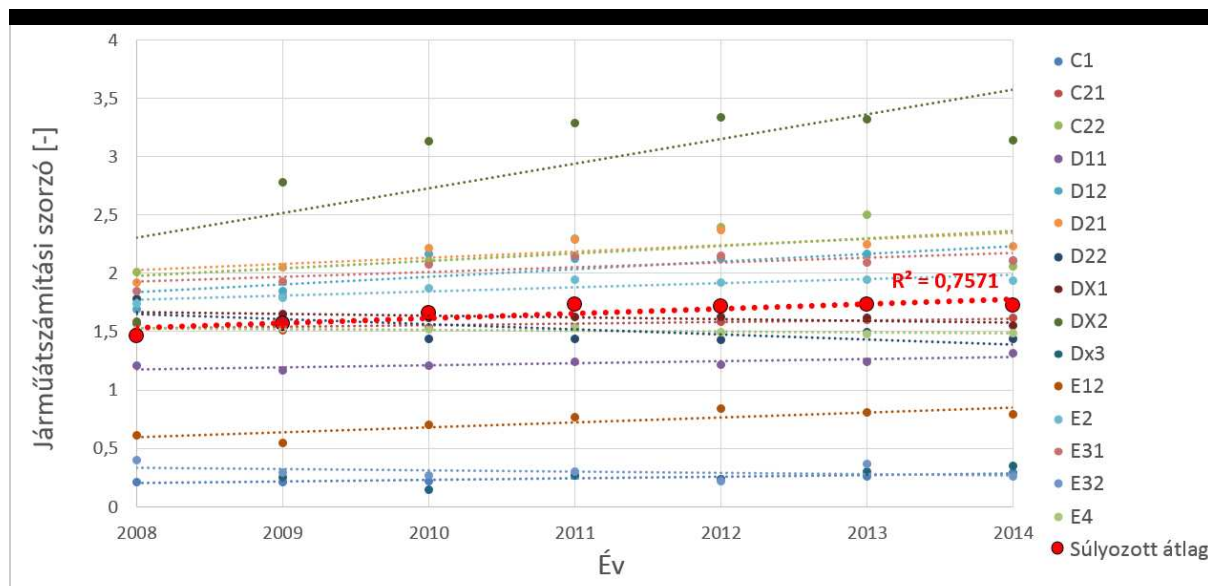
E4	2 452	1,49	E4	1,4	1,49			
----	-------	------	----	-----	------	--	--	--

1. táblázat  
 ÚME szerinti és számított járműátszámítási szorzók

A WIM adatok elemzése kapcsán felmerült három olyan, nagy számban előforduló jellemző jármű típus (1. táblázat, DX1, DX2, DX3), amelyet vonatkozó előírás közvetlenül nem tárgyal. Habár ezen járművek a keresztmetszeti forgalomszámlálások során a *D* összevont járműosztályban figyelembe vételre kerülnek, javasolható – például a részletes járműosztályokon vagy az ismert tengelysúlyokon alapuló számításokhoz – külön feltüntetése az előírásban.

#### 4.2. A járműátszámítási szorzók időbeli változása

Korábbi elemzések (Gulyás, 2009) a nehézjárművek össz- és tengelysúlyainak időbeli növekedését mutatták ki, azonban – vélhetően – a változás mértéke okán az előírás ezt a tendenciát nem veszi figyelembe, ellentétben például a holland mintára készült dél-afrikai előírással, amely nem csak a forgalom, hanem járműátszámítási szorzó növekedési ütemét is figyelembe veszi (SAPEM, 2013). A 4.1. fejezetben bemutatott módszert a rendelkezésre álló 2008-2014 közötti adatokra alkalmazva, részletes járműosztályonként az 5. ábra szerinti eredmények adódnak. A részleteket a 2. táblázat tartalmazza.



5. ábra  
 Járműátszámítási szorzók alakulása az idő függvényében, részletes járműosztályonként

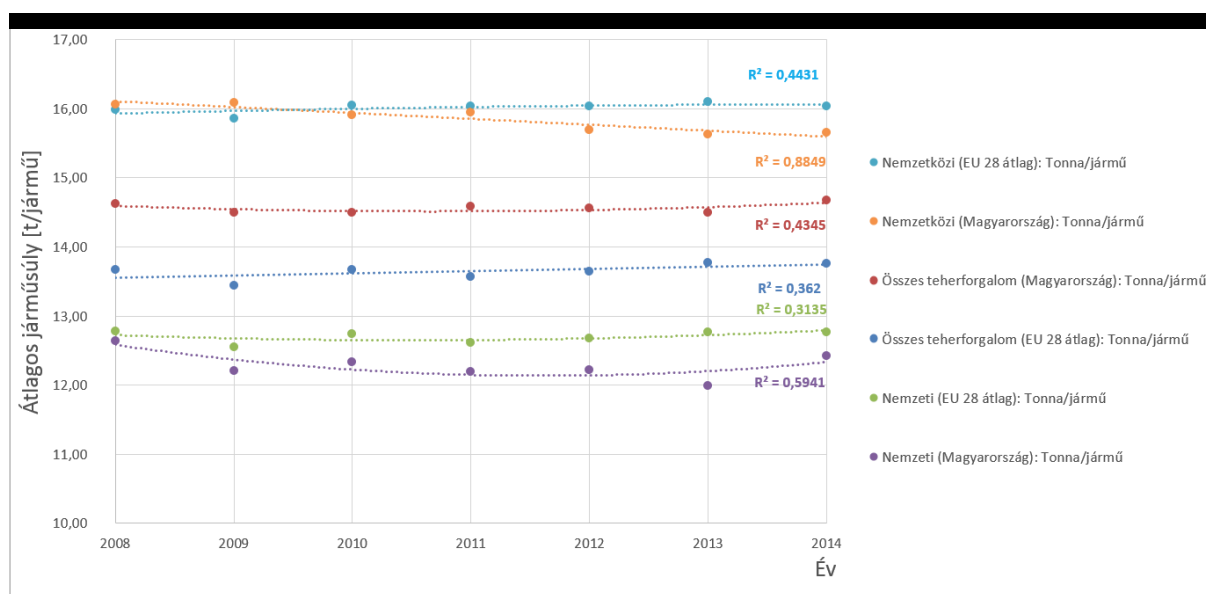
Járműtípus	C1	C21	C22	D11	D12	D21	D22	DX1	DX2	Dx3	E11	E12	E2	E31	E32	E4			
Regr. egyenes (y=a+b*x)	a	-25,6	-25,7	-128,5	-33,2	-131,6	-104,1	89,9	30,4	-423,7	-52,6	22,9	-85,5	-67,8	-82,0	22,6	14,4		
	b	0,013	0,014	0,065	0,017	0,066	0,053	-0,044	-0,014	0,212	0,026	-0,011	0,043	0,035	0,042	-0,011	-0,00		
	R <sup>2</sup>	0,779	0,564	0,338	0,643	0,579	0,555	0,531	0,602	0,536	0,540	0,619	0,723	0,785	0,607	0,144	0,413		
Éves változás	5,29%	0,87%	3,00%	1,39%	3,26%	2,41%		-2,89%	-0,88%		7,21%	10,65%		5,92%	1,84%	2,04%		-3,67%	-0,43

2. táblázat  
 Járműátszámítási szorzók éves növekedési üteme a regressziós egyenesek alapján

A vizsgálat 11 járműtípus szorzója esetében növekedést, 5 járműtípus esetében csökkenést mutatott ki. A csökkenő rongáló hatást mutató járműosztályok, a DX1 kivételével a forgalomban igen alacsony arányt képviselnek, ezekben az esetekben az alacsony járműszám nem csak a gyenge korrelációt okozza, hanem a trend irányát is befolyásolhatja. Ugyanakkor mivel ezek a járműtípusok igen ritkán fordulnak elő a nehézforgalomban, részletesebb vizsgálatok nem kerültek elvégzésre.

Súlyozva az egyes járműosztályokhoz tartozó járműátszámítási szorzók alakulását a járműosztályok átlagos éves járműszámával,  $R^2=0,76$ , közepes determinációs koefficienssel, lineárisan növekvő tendencia adódik, évi átlagos 2,56%-os ütemmel. Ez összhangban van Gulyás korábban publikált eredményeivel, miszerint a 2002-2004 és a 2008-2009 évi adatokat összehasonlítva a tengelysúlyok időbeli növekedését találta (Gulyás, 2012a) (Gulyás, 2012b), ám a tengelysúlyok vagy a járműátszámítási szorzók növekedését nem számszerűsítette.

Az eredményeket alátámasztandó, az EUROSTAT adatbázisból lekérdezésre kerültek a közúti szállítmányozásra vonatkozó főbb adatok. A nyilvántartásában rendelkezésre állnak jármű-kilométer és árutonna-kilométer adatok európai országoként és az EU-28 átlagára (összegére). Az adatokból becsülhető az átlagos tonna/jármű arány, melyet a 6. ábra szemléltet a nemzeti (belföldi), a nemzetközi és az összes áruforgalom esetére, Magyarországra és az EU-28-ra külön-külön. A vizsgálatok a komplett statisztikai adatsorokon történtek, melyek a WIM adatokhoz hasonlóan az ún. üres futást is tartalmazzák.



6. ábra

Nemzeti és nemzetközi áruforgalom statisztikai adatai (EUROSTAT)

















Az EU-28-ra vetített nemzetközi áruforgalom – alacsony determinációs koefficiens mellett növekvő trendje – összhangban van járműátszámítási szorzók WIM adatok alapján talált növekedésével, hogy az adatok határátkelőkről származnak, tehát a nemzetközi forgalomra vonatkoznak. Ezt összevetve a hazai eredetű nemzetközi áruforgalom csökkenő mutatójával megállapítható továbbá, hogy a határátkelőkön mért járművek túlnyomó többsége nem hazai eredetű nemzetközi forgalom.

Az ábrán látható, hogy a nemzetközi áruforgalom járművei az országon belüli áruforgalomnál 1-2 tonnával jobb kihasználtsággal közlekednek. Tekintve emellett, hogy a nemzetközi forgalom a belterületi úthálózatot célállomástól függetlenül terheli, a biztonság javára való közelítéssel a határátkelőkön mért adatokból számított járműátszámítási szorzók használhatóak a pályaszerkezet méretezés során.

#### 4.3. A többlet fűrésztő hatást figyelembe vevő szorzó

Magyarország Európai Unió csatlakozása nyomán, megfelelően az EU 96/53/EK irányelvnek, a hajtott egyes tengelyek megengedett legnagyobb súlya 10 t-ról 11,5 t-ra emelkedett, az ikertengelyek megengedett legnagyobb súlya 16 t-ról 18 t-ra emelkedett. A hármas tengelyek és a nem hajtott egyes tengelyek megengedett legnagyobb tengelysúlya 10 t ill. 24 t maradt.

Az irányelv szerinti és az azt megelőző (továbbiakban: korábbi) hazai szabályozás szerinti megengedett súlyhatárokat, járműtípusonként a 3. táblázat tartalmazza.

Jármű-osztály		(1) Korábbi hazai szabályozás						(2) 96/53/EK szerint					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	C1	10	10					10	11,5				
	C21	10	16					10	18				
	C22	10		24				10		24			
	D11	10	10	10	10			10	11,5	10	10		
	D12	10	10	10	16			10	11,5	10	18		
	D21	10	16	10	10			10	18	10	10		
	D22	10	16	10	16			10	18	10	18		
	DX1	10	16		16			10	18		18		
	DX2	10	10	16				10	11,5	18			
	DX3	10	10	10				10	11,5	10			
	E11	10	10	10				10	11,5	10			
	E12	10	10	16				10	11,5	18			
	E2	10	10		24			10	11,5		24		
	E31	10	16		16			10	18		18		
	E32	10	16	10				10	18	10			
	E4	10	16			24		10	18			24	

3. táblázat

Megengedett tengelysúlyok a korábbi hazai szabályozás és az 96/53/EK irányelv szerint, [tonna]

A hazai útpályaszerkezeteket a korábban megengedett tengelysúly- ill. tengelycsoport-súlyokhoz képest növelt terhelésre felkészítendő, különböző Európai Uniók alapok támogatásával burkolatmegerősítési program indult (TRAFFICON, 2004). Feltételezhető volt, hogy a fuvarozók a lehetőséget kihasználva a korábbinál nehezebb járműveket fognak közlekedtetni, melynek hatásait, a tengelysúly-határ teljes kihasználását valószínűsítve, több tanulmányban vizsgálták. Például Timár a megnövelt tengelysúlyhatár hatásaként számításaiban – feltételezve annak teljes kihasználását – 8,5-11,5%-os várható élettartam rövidülést mutatott ki. Emellett – optimális burkolatgazdálkodást feltételezve – PMS modelleket alkalmazva 25 éves tervezési időszakra számítva, a hazai közúthálózaton mintegy 6,7%-os fenntartási költségnövekedést prognosztizált (Timár, 2005).

A változások hatásai a pályaszerkezet-méretezés során a tervezési forgalom meghatározása oldalán kerültek figyelembe vételre, egy ideiglenesen bevezetett „z” szorzó bevezetésével, melynek értékét előzetesen 1,5-re határozták meg. Később Gulyás, 2006-2007. évi WIM adatok elemzése alapján arra jutott, hogy a z=1,5 szorzó jó egyezést mutat a jelenlegi 10 tonnás és egy fiktív, 11,5 tonnás méretezési egység tengely alapján számított járműátszámítási szorzók arányával (Gulyás, 2009).

Mivel a szorzó a tengelyekre és tengelycsoportokra vonatkozó súlyhatár-emelés hatását hivatott figyelembe venni, a további számításokban a tandem és tridem tengelyek tengelycsoportként szerepelnek. A mérési adatokat a (2) egyenlet alapján leíró  $p(x)$  folytonos sűrűségfüggvény integrálásával kapott  $P(x)$  eloszlásfüggvény újabb integrálásával számítható annak a valószínűsége, hogy adott tengely ill. tengelycsoport súlya korábbi ( $sh1$ ) és a jelenlegi ( $sh2$ ) súlyhatár közé esik, a (6) egyenlet szerint, mely lényegében a súlyhatár-emelés következményét mutatja meg.

$$P_1((1) < T < (2)) = \int_0^{sh2} P(x) \cdot dx - \int_0^{sh1} P(x) \cdot dx$$

(6)

ahol:

$P_1$  - a korábbi hazai szabályozás és az uniós szabályozás közé eső tengelysúly előfordulási valószínűsége egy adott tengely vagy tengelycsoport esetében,

$P(x)$  - adott tengely vagy tengelycsoport súlyának eloszlásfüggvénye,

(1) - az adott tengelyre vagy tengelycsoportra vonatkozó korábbi hazai szabályozás szerinti tengelysúlyhatár,

(2) - az adott tengelyre vagy tengelycsoportra vonatkozó, 96/53/EK szerinti tengelysúlyhatár.

Hasonlóképpen számítható egy adott tengely vagy tengelycsoport esetében a jelenlegi (sh2) súlyhatár meghaladásának valószínűsége a (7) egyenlet alapján, mely a túlsúly valószínűségét mutatja meg.

$$P_2(T > (2)) = \int_{sh2}^{\infty} P(x) = 1 - \int_0^{sh2} P(x) dx$$

(7)

A 4. táblázat a (6) és (7) egyenlet szerint számított valószínűségeket tartalmazza, tengely- illetve tengelycsoportonként, járműtípusonként.

Jármű-osztály	Mérések száma (2014) [jármű]	(sh1)-(sh2) közötti súlyú tengelyek és tengelycsoportok [%]						Túlsúlyos járművek aránya az EK irányelvhez képest [%]						
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
C1	167 966	-	0,50					0,00	0,07					
C21	5 788	-	2,67					0,28	0,45					
C22	28	-						0,00	1,65					
D11	13 434	-	6,47	-	-			0,06	0,49	0,28	0,25			
D12	12 733	-	22,00	0,00	0,00			0,05	0,98	0,06	0,11			
D21	10 933	-	7,59	0,28	0,00			0,41	0,27	0,28	0,35			
D22	489	-	3,84	0,14	0,02			0,00	0,44	0,00	0,00			
DX1	54 812	-	3,18		0,19			0,01	0,67		0,00			
DX2	60 744	-	27,55	20,03				0,00	2,60	5,46				
DX3	16 122	-	0,56	0,05				0,00	0,07	0,00				
E11	5 966	-	0,32	0,00				0,00	0,03	0,26				
E12	214 371	-	1,60	0,00				0,00	0,17	0,00				
E2	1 797 771	-	18,81					0,00	0,96	0,00				
E31	667	-	8,69		10,76			0,01	2,40		2,32			
E32	70	-	0,02	0,00				0,00	0,00	0,20				
E4	2 452	-	0,78					0,03	0,12		0,09			

4. táblázat

Az uniós szabályozást kihasználó tengelyek és a túlsúlyos tengelyek előfordulási valószínűsége

Látható, néhány esetben kiugróan magas a súlykorlát emelésének hatása, elsősorban a hajtott tengelyek esetében, ugyanakkor megjegyzendő, hogy a kevés mérésszámú E31 szerelvénytípus kivételével az ikertengelyek csak legfeljebb néhány százalékban lépik túl a korábban megengedett 16 tonna tengelysúlyt, a jelenleg megengedett 18 t tengelysúly irányába. A valószínűségek alapján, a 2014-ben mért járművek számát tekintve a súlykorlát emelésének hatására összesen mintegy 1 137 840 db tengely ill. tengelycsoport súlya lépte át a korábbi súlykorlátot, ami az összes mért tengely- és tengelycsoportnak (6 956 845 db tengely ill. tengelycsoport) jelentős, mintegy 16,4%-a, így részben alátámasztja a jelentős többlet-rongáló hatással kapcsolatos fenntartásokat.

A jelenlegi súlykorlátot túllépő tengelyek és tengelycsoportok számát tekintve megállapítható, hogy túlsúly jellemzően 1% alatti gyakorisággal fordul elő, kivéve a relatíve ritka E31 járműtípust, illetve a látszólag igen óvatlanul kihasznált, relatíve gyakran előforduló DX2 pótkocsis szerelvényt. A túlsúlyos tengelyek és tengelycsoportok száma mindössze 71.123 db. ami az összes mérés 1,02%-a.

Korábbi elemzések alapján a pályaszerkezet-méretezéshez használandó járműátszámítási szorzók szempontjából a tengelycsoportok tengelyenként való figyelembe vétele, ezáltal az egymás melletti tengelyek egymásra hatásának elhanyagolása, megengedhető közelítés (Koren, 1997; Gulyás, 1998). Ezt figyelembe véve az elemzéseket elvégezve úgy, hogy a tengelycsoportok egyedi tengelyekként kerülnek figyelembe vételre az adódott, hogy a 10 tonna feletti nehéz tengelyek előfordulása mintegy 406 368 db., ami 3,71% relatív gyakoriságot jelent a 2014-ben mért összes tengely (10 964 374 db tengely) arányában.

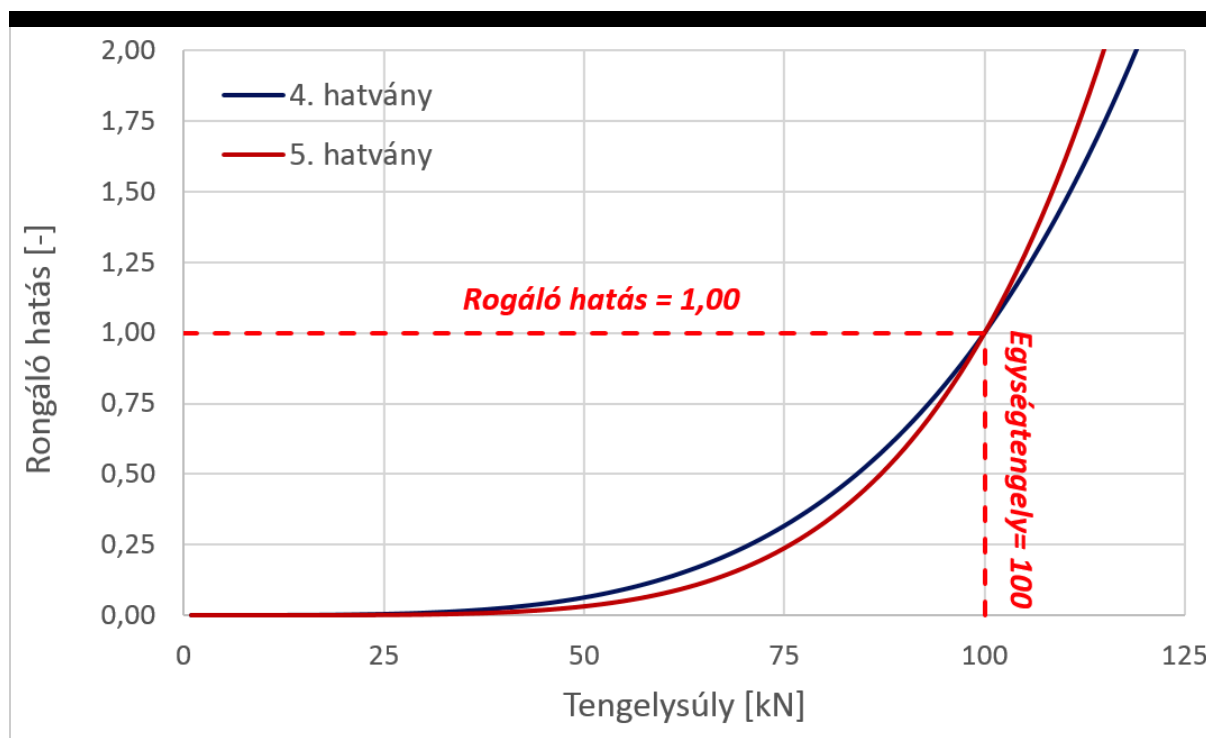
A 4.1. fejezetben hivatkozott módszerrel meghatározott járműátszámítási szorzók a teljes tengelysúly-hisztogramok felhasználásával kerültek meghatározásra. Az összes (érvényes) mérés felhasználásával kapott tengelysúly-hisztogramokra, jó közelítéssel illesztett eloszlásfüggvények alapján számított értékek nem csak a súlyhatár emelésének hatására megnövekedett tengelysúlyokat, hanem a túlsúlyos járművek tengelyeinek rongáló hatását is figyelembe veszik. A tervezési forgalom meghatározása során jelenleg – útkategóriától függetlenül, illetve bel- és külterületen egyaránt alkalmazott „z” szorzóra tehát nincs szükség, ezáltal a jelenlegi, mintegy másfélszeres túlméretezést okozó hatása elkerülhető a fáradási élettartam szempontjából meghatározó, tervezési forgalom értékének megbízható meghatározása mellett.

#### 4.4. A rongáló hatás kitevője

Az aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezésének korábbi empirikus gyakorlatát az 1960-as évek nagyléptékű AASHO kísérleteinek eredményei gyökeresen megváltoztatták. Az azóta „negyedik hatvány” (fourth power law) néven ismertté vált eredményeket már az első kiértékelések (Huff, et al., 1962) megfogalmazták. A pályaszerkezet teljesítőképességi indexének (PCI, Present Serviceability Index) alakulását vizsgálva a kutatók arra jutottak, hogy az egyes nehéztengelyek összesített pályaszerkezet-rongáló hatása az egységtengelyhez képest a 3,6-4,6 hatvánnyal arányos. Itt fontos megjegyezni, hogy az eredetileg vizsgált PCI nem csak a fáradási, hanem az összességében vett tönkremenetelre vonatkozó, tapasztalati jellegű mérőszám. Később számos újabb elemzés készült, például az Asphalt Institute kutatói nem sokkal később egy használhatóbb kiértékelést is közzétettek (Shook & Finn, 1962), mely lényegében a későbbi hazai szabályozás, a Hajlékony Útpályaszerkezetek Méretezési Utasítása - HUMU (KPM, 1971) alapját is jelentette.

Ez a megközelítés a mai napig számos ország gyakorlatában megtalálható, például a jelenlegi hazai mellett más országok méretezési előírásainak alapját képező német méretezési eljárásban is. Habár a COST 334 kutatás eredményei később tovább árnyalták a rongáló hatás leírását, miszerint a bitumenes kötőanyagú rétegek tönkremeneteléhez, fáradási repedések tekintetében 4-7 közötti, maradó alakváltozások esetén 1-2, míg az alapréteg maradó deformációjához 3-4 közötti hatványkitevő rendelhető (COST 334, 2001), a nehéztengelyek rongáló hatásának figyelembe vétele országoként eltérő maradt.

A korábbi hazai eljárás a tapasztalatokat meghonosítva, a nehéztengelyek egységtengelyhez képesti rongáló hatását, azaz a járműátszámítási szorzók értékeit a 4. hatvány szerint számította, mely összességében illeszkedett a különböző elemzésekben pályaszerkezet méretezéshez javasolt, 2-6 közé becsült hatványkitevőkhöz. A korábbi elképzelésekhez képest az 1990-es években a hazai szabályozás, a francia méretezési előírást az 5. hatványkitevő alkalmazására tért át. Ez a tervezési forgalom számítása során azzal jár, hogy az egységtengelynél kisebb súlyú tengelyek kisebb, az annál nagyobb súlyúak nagyobb rongáló hatással kerülnek figyelembe vételre (7. ábra).



7. ábra

A 4. és 5. hatvány szerinti rongáló hatás

A már hivatkozott COST 334 kutatásban azt találták, hogy a 4-6 közötti rongáló hatás összességében helytálló, a forgalomban előforduló egyes nehéztengelyek relatív gyakoriságát is figyelembe véve, a két hatványkitevő alkalmazásával kapott egységtengely-áthaladási szám közötti különbség minimális. Ezt hazai számítások is alátámasztották (Gulyás, 1998), miszerint a kétféle kitevővel számított tervezési forgalmak közötti különbség 5% alatti (Gulyás, 2002).

Ennek ellenőrzésére, felhasználva a bemutatott módszertant, kiszámításra kerültek a járműátszámítási szorzók a 4. hatvány szerinti rongáló hatást feltételezve. Az eredményeket az alábbi 5. táblázat tartalmazza.

Összevont járműosztály	ÚT 2-1-202:2005	Átlagos aránya a nehézgépjármű forgalomban	Járműátszámítási szorzó	
			4. hatvány szerint	5. hatvány szerint
C	0,6	7,35 %	0,44	0,34
D	1,6	7,16 %	2,11	2,07
E	1,7	85,49 %	1,93	1,81
Átlagos rongáló hatás:			1,83	1,72
Eltérés a 4. hatványhoz képest			5,75%	

5. táblázat

**Rongáló hatások és átlagos rongáló hatás alakulása a 4. és 5. hatvány esetében**

Látható, habár a kétféle kitevővel számított járműátszámítási szorzók értéke eltérő, tekintve a nehézgépjármű-osztályok arányát a nehézforgalomban, a különbség minimális, értéke összhangban van Gulyás eredményeivel. Az okozott eltérés a többi input adat hatásához képest elenyésző, így a hatványkitevő kérdésének értékelése pusztán a tengelysúlyadatok alapján nem lehetséges.

## 5. Összefoglalás

A tervezési forgalom meghatározására alkalmazott modellben a nehézforgalom térben és időben változó jellemzőinek figyelembe vétele érdekében jelentős egyszerűsítéseket, általánosításokat szükséges megtenni, ugyanakkor e jellemzők tervezési élettartam alatti változásainak lehető legpontosabb becslése elengedhetetlen az alul- illetve túlméretezés elkerülése, ezáltal a rendelkezésre álló erőforrások hatékony felhasználása szempontjából.

A tervezési forgalom meghatározásának pontosságára irányuló kutatásom során, elvégezve a modell érzékenységvizsgálatát, számszerű kimutatásra került, hogy az egyes input adatok valóságban előforduló változékonysága mekkora hatással van a végeredmény bizonytalanságára. Ezek közül a forgalomfejlődési szorzót, valamint a járműátszámítási szorzók vizsgálatát külön publikációkban mutattam be.

Jelen elemzés során a járműátszámítási szorzókat részletesebb vizsgálatnak vettem alá. Felhasználva a korábban javasolt módszertant, vizsgálatra kerültek az egyes járműtípusok járműátszámítási szorzói az idő függvényében. Kimutatásra került, hogy a gyakoribb járműtípusok jellemzően növekvő, a ritkábbak jellemzően csökkenő járműátszámítási szorzókkal jellemezhetőek. Összességében, figyelembe véve az egyes járműtípusok arányát a nehézforgalomban, közepes korrelációval, lassú rongáló hatás növekedés mutatható ki. Európai áruforgalmi statisztikák alapján nem csak a talált növekvő trend tekinthető igazoltnak, hanem az is, hogy a határátkelőkön történt WIM mérések alapján meghatározott járműátszámítási szorzók – a biztonság javára történő közelítéssel – alkalmazhatóak a belföldi közúthálózat méretezése során.

WIM adatok felhasználásával vizsgáltam a hajtott egyes tengely és a kettős tengelycsoport megengedett legnagyobb súlyának növekedéséből adódó többlet rongáló hatást figyelembe vevő „z” szorzót. A súlyhatár növelésének hatása egyértelműen kimutatható a WIM adatsorok leírására javasolt függvény elemzése alapján, ami igazolja a korábbi fenntartásokat a többlet rongáló hatással kapcsolatban. A cikkben javasolt módszertan alkalmazása esetén azonban a z szorzó nem szükséges, hiszen a járműátszámítási szorzók javasolt meghatározási módja szerint lehetőség nyílik a teljes tengelysúly-spektrum – így a törvényesen megnövekedett tengelysúllyal és a túlsúllyal közlekedő járművek – figyelembe vételére a járműátszámítási szorzók meghatározása során.

Vizsgálatra került a járműátszámítási szorzók meghatározásánál a nehéz tengelyeknek az egység tengelyhez képest vett rongáló hatásának figyelembe vételére alkalmazott kitevő hatása. A kitevő értékének helyessége nem képezte a vizsgálat tárgyát, de annak hatását vizsgálva az adódott, hogy korábbi elemzések eredményei helytállóak, a nehézforgalom összetétele alapján nincs jelentős eltérés a negyedik és ötödik hatvány feltételezésével számított egység tengely-áthaladási számok között (az eltérés 5,75%). A rongáló hatás

kitevőjének változása tehát a tervezési forgalom értéke szempontjából, a többi input adat hatását tekintve, elhanyagolható.

## 6. Hivatkozások

Ádány, S. és mtsai., 2007. Acélszerkezetek. Általános eljárások. Tervezés az EUROCODE alapján. 2. szerk. Budapest: Business Media Magyarország Kft..

Andricsák, Z., Gulyás, A. & Thurzó, G., 2005. Az autópályák és a párhuzamos főutak forgalmának alakulása a közelmúltban. Közúti és mélyépítési szemle 55:(8), pp. 15-21.

BASSt, 2009. Auswirkungen des Schwerlastverkehrs auf die Brücken der Bundesfernstraßen. ISBN 978-3-86509-940-2.

COST 334, 2001. Effects of Wide Single Tyres and Dual Tyres. Final report of the action.

Deák, G. és mtsai., 2006. Terhek és hatások. Épületek tartószerkezeteinek tervezése az Eurocode alapján. Budapest: Business Media Magyarország Kft..

Dempster, A. D., Laird, N. M. & Rubin, D. B., 1977. Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm. Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological) Vol. 39, No. 1., pp. 1-38.

e-UT 02.01.31 [ÚT 2-1.118:2005], 2005. Közutak távlati forgalmának meghatározása előrevetítő módszerrel. Magyar Útügyi Társaság, p. 20.

e-UT 06.03.13 [ÚT 2-1.202:2005]: , 2005. Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése. Magyar Útügyi Társaság, p. 34.

Farkas, G., Kovács, T., Lovas, A. & Szalai, K., 2015. A valószínűségi elven alapuló méretezés kialakulása hazánkban. asbeton: cikkgyűjtemény és köszöntések Dr. Tassi Géza egyetemi tanár, a műszaki tudományok doktora (MTA) születésének 90. évfordulója alkalmára, pp. 189-206.

Gulyás, A., 1998. Experience of Weigh-in-Motion in Hungary. Pre-Proceedings of the Second European Conference on Weigh-in-Motion of Road Vehicles, Lisbon, pp. 81-89.

Gulyás, A., 1998. Automatikus forgalmi adatgyűjtés és az eredmények többcélú felhasználása. Ph.D. értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Út és Forgalomtechnika Tanszék.

Gulyás, A., 2002. Az aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezésénél használatos járműátszámítási szorzók felülvizsgálata. Közúti közlekedés- és mélyépítéstudományi szemle 52(6), pp. 258-261.

Gulyás, A., 2009. Az elmúlt évek dinamikus tengelyterhelés-mérési eredményeinek vizsgálata. Közlekedésépítési szemle 59. évf. 5. szám, pp. 23-26.

Gulyás, A., 2012a. Axle load trends and their effects on pavement structural design. Pollack Periodica: An International Journal for Engineering and Information Sciences Vol. 7 No. 1, <http://dx.doi.org/10.1556/Pollack.7.2012.1.9>, pp. 97-106.

Gulyás, A., 2012b. Axle Load Trends in Hungary and their Effects on Pavement Structural Design. Procedia - Social and Behavioral Sciences 48:(6) doi:10.1016/j.sbspro.2012.06.1066, pp. 888-896.

Huff, T. S., Liddle, W. J. & Langsner, G., 1962. Use of Road Test Findings by AASHO Design Committee. HRB, National Research Council, Washington, D.C..

Karoliny, M., 2005. Minőség - új megközelítésben. Milyen lehetőségeket ad az EU?. Közúti és Mélyépítési szemle 55:(3), pp. 3-6.

Koren, C., 1986. A nehéz gépjárművek tengelysúly-összetétele és egységtengelyre való átszámítása hazánkban. Mélyépítéstudományi Szemle 36:(10), pp. 421-426.

Koren, C., 1987. Járműátszámítási szorzókmeghatározása a hajlékony útpályaszerkezetek méretezéséhez. Kandidátusi értekezés, Győr.

Koren, C., 1997. A nehéz forgalom időbeli és térbeli változásainak hatása a hazai úthálózaton. Közúti Közlekedési és Mélyépítéstudományi Szemle 47:(1) , pp. 18-25.



Koren, T. & Thurzó, G., 2005. Az országos közutak forgalmának alakulása. Közúti és mélyépítési szemle 55:(9), pp. 11-14.

KPM, 1971. Hajlékony Útpályaszerkezetek Méretezési Utasítása (HUMU), Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium.

Michael I., J. & Lei, X., 1996. On convergence properties of the EM algorithm for Gaussian mixtures. Neural Computation 8:(1), pp. 129-151.

Saltelli, A., 2002. Sensitivity Analysis for Importance Assessment. Risk Analysis 22:(3) DOI:10.1111/0272-4332.00040, pp. 579-590.

SAPEM, 2013. South African Pavement Engineering Manual. első szerk. Republic of South Africa: South African National Roads Agency.

Shook, J. F. & Finn, F. N., 1962. Thickness Design Relationships for Asphalt Pavements. Proceedings of the international Conference on Structural Design of Asphalt Pavements.

Soós, Z., 2016. A tervezési forgalom meghatározásának vizsgálata sztochasztikus módszerekkel. Az Aszfalt: A Magyar Aszfaltipari Egyesülés (HAPA) Hivatalos Szakmai Lapja 20:(1), pp. 15-23.

Soós, Z., A forgalomfejlődés becslésének módszertana a valós forgalom és a nemzetközi gyakorlat tükrében. Budapest: Közlekedéstudományi szemle (Befogadva: 2015.12.15.) (megjelenés alatt).

Soós, Z., Tóth, C. & Bóka, D., m.a.. Determination of Load Equivalency Factors by Statistical Analysis of Weigh-In-Motion Data. The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering (megjelenés alatt).

Stephens, M. A., 1974. EDF Statistics for Goodness of Fit and Some Comparisons. Journal of the American Statistical Association 69:(347), pp. 730-737.

Timár, A., 2005. A megengedett legnagyobb tengelysúly 11,5 tonnára növelésének hatásai. Közúti és mélyépítési szemle 55:(4), pp. 2-13.

Timár, A., 2009. A magyar úthálózatot igénybe vevő nemzetközi forgalom előrebecslése. Közlekedésépítési szemle (58):9, pp. 1-9.

TRAFFICON, 2004. Az országos közúthálózaton 2006 végéig megvalósuló 11,5 tonnás burkolat-megerősítési program végrehajtásának értékelése, figyelemmel a gyorsforgalmi úthálózat-fejlesztési programra. Kutatási jelentés.

*Megjelent itt*

**8. szám**  
2016. ősz



*Szerző*

**Soós Zoltán**

Okleveles építőmérnök, 2014 óta a BME Út és Vasútépítési Tanszék PhD hallgatója.

*Témakörök*

Útépítés • Útgazdálkodás

*Kulcsszavak*

*Befogadva*

2016. december 2.

---

### Hozzászólás

Hozzászólás	<input type="text"/>
* Név	<input type="text"/>
* E-mail cím	<input type="text"/>
Honlap	<input type="text"/>
<input type="button" value="Hozzászólás elküldése"/>	

[Bejegyzések](#)

[Galéria](#)

[Impresszum](#)

[Interjúk](#)

[Könyvajánló](#)

[Nemzetközi szemle](#)

[Szakolvasó](#)

[Témakörök](#)

---

© **Copyright Útügyi Lapok** 2013 • *Minden jog fenntartva.*



