

## Földutak járhatóságának biztosítása talajstabilizáció alkalmazásával

Péterfalvi József<sup>1</sup> – Primusz Péter<sup>1</sup> – Kisfaludi Balázs<sup>1</sup> – Kaszala Judit<sup>2</sup> – Gribovszki Zoltán<sup>1</sup>  
– Kalicz Péter<sup>1</sup> – Bazsó Tamás<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet

<sup>2</sup> EGERERDŐ Zrt. Műszaki Üzem

E-mail: peterfalvi.jozsef@uni-sopron.hu

**Kulcsszavak:** erdőfeltárás, feltáráshálózat, földútjavítás, talajstabilizáció, CBR vizsgálat

### Bevezetés

Az EGERERDŐ Zrt. feltáráshálózatának jelentős része pályaszerkezet nélküli földút vagy javított földút, amelyek járhatóságát az időjárás nagy mértékben befolyásolja. Az Erdőgazdasággal közösen megfogalmazott kutatás célja olyan földút javítási és karbantartási technológiák vizsgálata, amelyek költséghatékonyak, ugyanakkor részben vagy teljes mértékben időjárástól függetlenül biztosítják a forgalmazhatóságot.

A jellemzően gyengén, vagy közepesen kötött talajú földutak járhatósága szűk időintervallumra korlátozódik, mivel a járófelületük már kis mennyiségű csapadék hatására is járhatatlanná válik. Megoldásként két lehetőség adódik a járhatóság biztosítására:

- A járófelületre homokot, vagy homokos kavicsot terítünk, azt bekeverjük és tömörítjük, kialakítva így egy mechanikai stabilizációs réteget. Erre a rétegre, a teherbírás növelésére, zúzottkő pályaszerkezeti réteg építhető;
- Megváltoztatjuk a talajt kötőanyag hozzáadásával. A kötőanyag lehet őrlött égetett mész, illetve ennek és cementnek különböző arányú keveréke. Erre a stabilizációs rétegre vékony, folyamatos szemeloszlású zúzottkő réteg kerül.

A két megoldás közül a helyszínrre szállítandó anyagmennyiség a második esetben töredéke az első megoldásnak, hiszen a kötőanyag mennyisége a maximális száraz halomsűrűség 3-5%-a.

A földutak járhatóvá tételének érdekében kívántuk megvizsgálni a lehetséges megoldásokat, műszaki és gazdasági szempontból is.

### Talajstabilizációk a földutak járhatóságának biztosítására

A talajok kötőanyaggal történő stabilizálásához meg kell vizsgálni a talaj tulajdonságait, majd többféle kötőanyagot és kötőanyag adagolást alkalmazva laboratóriumi vizsgálattal meg kell

határozni a legnagyobb teherbírást biztosító változatot.

A talajok stabilizálása során a kötőanyaggal összekevert és tömörített réteg vízfelvétele csökken, aminek hatására a stabilizált talajréteg teherbírása vízre kevésbé lesz érzékeny. Ennek köszönhetően a nagyobb teherbírási stabilizált réteg időjárási viszonyoktól függetlenül, tartós alátámasztást tud biztosítani a burkolati rétegeknek.

Különböző talajtípusokhoz eltérő kötőanyagfajtát szükséges alkalmazni a műszakilag megfelelő és optimálisan előállítható talajstabilizációkhoz. Kötött talajok, mint az agyagok és az iszapok esetében az égetett mészkötőanyag alkalmazásával érhetjük el a legkedvezőbb változásokat, míg homok talajok esetében a cement bizonyul optimálisnak. A szemcsés és a kötött talajok között elhelyezkedő, úgynevezett átmeneti talajok esetében a cement és az égetett mészkötőanyag keverékéből készített hidraulikus útépítési kötőanyagok (Hydraulic Road Binders) alkalmazása javasolt a szakirodalom szerint.

### **A kiválasztott földút talajának talajmechanikai vizsgálatai**

A mintavételre kijelölt négy földút talajának talajmechanikai vizsgálatai alapján mértékadónak a Glóbuszi út talaját választottuk, amellyel a kötőanyag és annak adagolása meghatározására CBR vizsgálatot végeztünk. A talajminták  $E_2$  [MPa] teherbíróképességi modulusa a CBR vizsgálat eredményéből számítással határozható meg az alábbi képlettel:

$$E_2 = 10 \cdot (CBR\%)^{0,67}$$

ahol:  $E_2$ : tárcsás teherbíróképességi modulus [MPa],

$CBR\%$ : a vizsgált talajminta CBR értéke.

A stabilizált talajréteg teherbíráásával szemben támasztott követelmény 100 MPa  $E_2$  érték volt, amely egy minta kivételével teljesült.

A modern, analitikus pályaszerkezet tervezési eljárások a rugalmasságtan eredményeit felhasználva modellezik a pályaszerkezet terhelésre adott reakcióját, és ez alapján határozzák meg a szükséges rétegvastagságokat. A modelleknek fontos paramétere a pályaszerkezeti anyagok rugalmassági modulusa ( $E$ ), amely az adott anyag ismétlődő terheléssel szemben mutatott ellenállását fejezi ki. Az  $E$  értékét nagy pontossággal az ún. ciklikus triaxiális vizsgálattal lehet mérni, ám az ehhez szükséges berendezés nagyon drága. A rugalmassági modulus értékét jó közelítéssel ki lehet számítani a ciklikus CBR vizsgálattal is, amelyhez a klasszikus CBR vizsgáló berendezés használható, ami gazdaságosabbá teszi a mérést (Molenaar et al. 2011). Ebben a vizsgálatban annyi ismételt terhelést adunk a mintára, ami után szinte csak rugalmas alakváltozás játszódik le. Jelen vizsgálat elvégzésekor a normál CBR vizsgálat

végrehajtása után a talajmintát 50 terhelés-tehermentesítés ciklusnak tettük ki. A talajminták  $E$  értékét az Opiyo (1995) által közölt képlettel számítottuk:

$$E \cong \frac{\sigma \cdot d}{u \cdot D} \left[ H + \frac{d(L - H)}{D} \right]$$

A képletben  $E$  a rugalmassági modulus [MPa],  $\sigma$  a nyomófeszültség,  $d$  a nyomófej átmérője,  $u$  a rugalmas alakváltozás,  $L$  a minta magassága,  $H$  az a magasság, amíg az erőhatás terjedése eléri az edény falát,  $D$  a minta átmérője. A terhelés mértéke megegyezett a normál CBR vizsgálatban mért, 2,50 mm benyomódáshoz szükséges terheléssel. Az utolsó ciklus kezdeti, és maximális benyomódása közti különbség megadta a minta rugalmas alakváltozását ( $u$ ).

A talajmechanikai vizsgálatok eredményeit az 1. táblázat mutatja be.

**1. táblázat.** Talajmechanikai vizsgálatok eredményei

<b>Kötőanyag</b>	<b>Kötőanyag adagolás [%]</b>	<b>Víztartalom [%]</b>	<b>Pihentetés [nap]</b>	<b>CBR [%]</b>	<b>E<sub>2</sub> [MPa]</b>	<b>E [MPa]</b>
100% mész	4,0	13,60	3	48,9	135	49
<b>70% mész + 30% cement</b>	<b>4,0</b>	<b>13,80</b>	<b>3</b>	<b>56,8</b>	<b>150</b>	52
100% mész	3,0	13,33	28	35,2	109	60
100% mész	3,0	16,48	28	52,3	142	41
100% mész	3,0	19,27	28	45,0	128	55
100% mész	5,0	13,78	28	35,6	110	67
100% mész	5,0	16,63	28	38,4	115	<b>92</b>
100% mész	5,0	19,10	28	44,2	127	61
100% mész	7,0	13,68	28	21,2	77	60
100% mész	7,0	17,01	28	45,0	128	54
100% mész	7,0	19,63	28	45,9	130	67

Fentiek alapján a legnagyobb teherbírást a 70% örölt égetett mész és 30% cement 4%-os bekeverésével készült próbatest adja. A legnagyobb rugalmassági modulus értéket a 14% víztartalmú talajhoz kevert 5% örölt égetett mésszel készült mintán mértük.

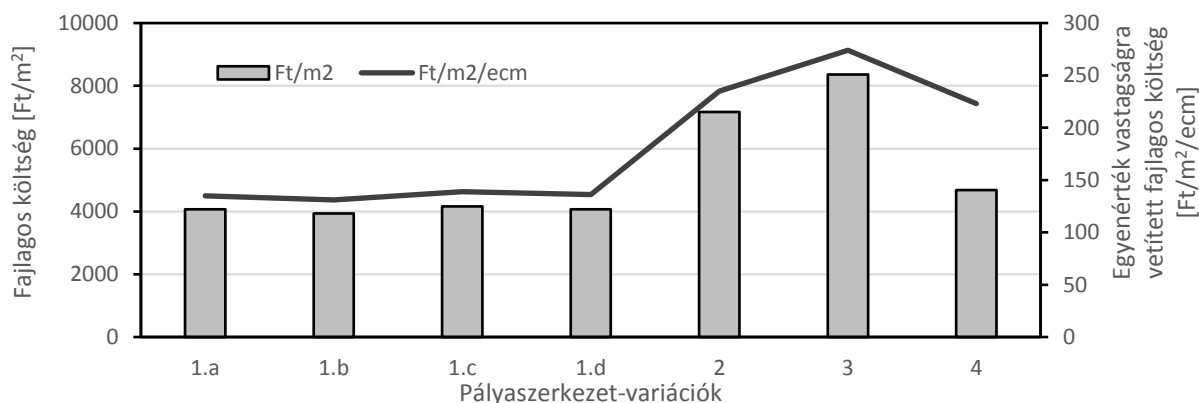
### **Alkalmazható pályaszerkezet-variációk építési költségeinek vizsgálata**

A pályaszerkezet-variációk összeállításánál az eddig alkalmazott, csak zúzottkőből álló pályaszerkezetek mellett a hangsúlyt a stabilizációs pályaszerkezetekre helyeztük. Kötőanyagként az agyag talajoknál örölt égetett mészport, a gyengén kötött átmeneti talajoknál örölt égetett mészpor és cement keverékét irányoztuk elő. A költségek a 2018-ban érvényes vállalkozói díjak. A zúzottkő szerkezeteknél a legközelebbi, recski kőbánya listaáraival, a kő

szállításának, terítésének és tömörítésének költségeivel kalkuláltunk. A stabilizációk esetében a vállalkozói díj minden költséget tartalmaz. A pályaszerkezet-variációk az alábbiak voltak:

- 1.a Talajstabilizációs alap réteg őrölt égetett mész kötőanyaggal 30 cm vastagságban: alap réteg 100%-ban mész felhasználásával készül 4%-os tömegarányban. A burkolati réteg 15 cm 0/22 folyamatos szemeloszlású zúzottkő. A pályaszerkezet teljes egyenérték-vastagsága 30,0 ecm. A teljes költsége 4064 Ft/m<sup>2</sup>, amely az egyenértékvastagságra vetítve 135 Ft/m<sup>2</sup>/ecm.
- 1.b Talajstabilizációs alap réteg őrölt égetett mész kötőanyaggal 40 cm vastagságban: alap réteg 100%-ban mész felhasználásával készül 4%-os tömegarányban. A burkolati réteg 10 cm 0/22 folyamatos szemeloszlású zúzottkő. A pályaszerkezet teljes egyenérték-vastagsága szintén 30,0 ecm. A teljes pályaszerkezet költsége 3933 Ft/m<sup>2</sup>, amely az egyenértékvastagságra vetítve 131 Ft/m<sup>2</sup>/ecm.
- 1.c Talajstabilizációs alap réteg őrölt égetett mész és cement keverék kötőanyaggal 30 cm vastagságban: alapréteg kötőanyaga 70% mész és 30% cement keveréke 4%-os tömegarányban. A burkolati réteg 15 cm 0/22 folyamatos szemeloszlású zúzottkő. A pályaszerkezet teljes egyenérték-vastagsága 30,0 ecm. A teljes pályaszerkezet költsége 4164 Ft/m<sup>2</sup>, amely az egyenérték-vastagságra vetítve 139 Ft/m<sup>2</sup>/ecm.
- 1.d Talajstabilizációs alap réteg őrölt égetett mész és cement keverék kötőanyaggal 40 cm vastagságban: alapréteg kötőanyaga 70% mész és 30% cement keveréke 4%-os tömegarányban. A burkolati réteg 10 cm 0/22 folyamatos szemeloszlású zúzottkő. A pályaszerkezet teljes egyenérték-vastagsága szintén 30,0 ecm. A teljes pályaszerkezet költsége 3933 Ft/m<sup>2</sup>, amely az egyenértékvastagságra vetítve 131 Ft/m<sup>2</sup>/ecm.
- 2. Zúzottkő pályaszerkezet geotextília felhasználásával: a geotextília fölé 25 cm durva zúzottkő alap kerül CP 45/125 kő felhasználásával, a burkolati réteg 13 cm 0/22 folyamatos szemeloszlású zúzottkő. A pályaszerkezet teljes egyenérték-vastagsága 30,5 ecm. A teljes költsége 7170 Ft/m<sup>2</sup>, amely az egyenérték-vastagságra vetítve 235 Ft/m<sup>2</sup>/ecm.
- 3. Makadám pályaszerkezet: a 10 cm homokos kavics rétegre, 25 cm durva zúzottkő alap kerül CP 45/125 recski kőből, majd burkolati réteggént 13 cm 0/22 folyamatos szemeloszlású zúzottkő. A pályaszerkezet teljes egyenérték-vastagsága 30,5 ecm. A teljes költsége 8365 Ft/m<sup>2</sup>, amely az egyenérték-vastagságra vetítve 274 Ft/m<sup>2</sup>/ecm.
- 4. Zúzottkő pályaszerkezet: 30 cm-es vastagságban M80-as zúzottkő felhasználásával készül. A pályaszerkezet teljes egyenérték-vastagsága 21 ecm. A teljes költsége 4680 Ft/m<sup>2</sup>, amely az egyenérték-vastagságra vetítve 223 Ft/m<sup>2</sup>/ecm.

Az egyes pályaszerkezetek költségeit az 1. ábrán látható grafikonon ábrázoltuk.



**1. ábra.** Pályaszerkezet-variációk fajlagos költségei

### Összefoglalás

Az összehasonlítások alapján megállapítható, hogy a stabilizációs pályaszerkezetek között nincs számottevő különbség, sem a bekerülési költség, sem a teherbírás vonatkozásában. Minimális az eltérés a vastagabb és vékonyabb stabilizálás, illetve az erre kerülő 15 cm vagy 10 cm vastagságú zúzottkő réteg között is. Geotextília felhasználásával már jelentősen nőnek a költségek, míg a várható teherbírás alig változik. A hagyományos makadám költsége ennél is nagyobb, míg a teherbírás nem nő tovább. Az elmúlt években használt zúzottkő pályaszerkezet költsége hasonló a stabilizációs pályaszerkezetekéhez, viszont a teherbírása jelentősen kisebb. Ezek alapján a meszes illetve mész-cement kötőanyagú stabilizációs alapok megépítése esetén kapjuk a legkedvezőbb ár-érték arányt. Fentiek alapján a stabilizációs alappal készülő pályaszerkezetek forgalomállóságának vizsgálatára célszerű kísérleti útszakaszokat építeni.

### Köszönetnyilvánítás

A kutató munka a "Soproni Egyetem Struktúraváltási Terve" - 32388-2/2017 INTFIN sz. projekt keretében az Emberi Erőforrások Minisztériuma támogatásával valósult meg.

### Irodalom

- MOLENAAR, A.A.A. - ARAYA, A.A. - HOUBEN, L.J.M. (2011): Characterization of unbound base materials for roads using a new developed repeated load CBR test. 8<sup>th</sup> International Conference on Managing Pavement Assets: 15-19 November 2011, Santiago, Chile: Proceedings. TRB
- OPIYO, T.O. (1995): A mechanistic approach to lateric-based pavements. MSc. dolgozat. International Institute for Infrastructure, Hydraulic and Environment Engineering, Delft
- PÉTERFALVI, J. - PRIMUSZ, P. - MARKÓ G. - KISFALUDI B. - KOSZTKA M. (2014): Mésszel stabilizált földmű hatásainak vizsgálata egy kísérleti útszakaszon. ERDÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK 4.:(1.) pp. 119-134.