



Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

SZÉCHENYI  2020

SOPRONI EGYETEM
ERDŐMÉRNÖKI KAR

TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

2020. NOVEMBER 30.

SOPRONI EGYETEM
ERDŐMÉRNÖKI KAR





Soproni Egyetem
Erdőmérnöki Kar

TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

Szerkesztette: Facskó Ferenc, Király Gergely



Soproni Egyetem
Kiadó

Sopron – 2020

A kötet megjelenését az „EFOP-3.6.1-16-2016-00018 – A felsőoktatási rendszer K+F+I szerep-vállalásának növelése intelligens szakosodás által Sopronban és Szombathelyen” című projekt támogatta.

A kötet publikációit lektorálták: Bartha Dénes, Bidló András, Brolly Gábor, Czimber Kornél, Czupy Imre, Faragó Sándor, Frank Norbert, Pájer-Gálos Borbála, Gribovszki Zoltán, Heil Bálint, Hofmann Tamás, Horváth Adrienn, Horváth Tamás, Jánoska Ferenc, Kalicz Péter, Király Angéla, Király Gergely, Kovács Gábor, Lakatos Ferenc, László Richárd, Szakálosné Mátyás Katalin, Rétfalvi Tamás, Tuba Katalin, Vityi Andrea, Winkler Dániel

Soproni Egyetem Kiadó, 2020
Felelős kiadó: Prof. Dr. Fábíán Attila általános rektorhelyettes
Kézirat lezárva: 2020. november 30.

ISBN 978-963-334-376-0 (on-line verzió)

On-line verzió elérhetősége: http://emk.uni-sopron.hu/images/dekani_hivatal/Kiadvanyok/TudomanyosKozlemenyek2020.pdf

Szerkesztette: Facskó Ferenc
Király Gergely

Ajánlott hivatkozás:

FACSKÓ F.– KIRÁLY G. (szerk.) (2020): Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar. Tudományos közlemények. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron.

Tartalomjegyzék

Előszó.....	5
Ács Norbert, Czímber Kornél: Webes földmérési alappontsűrítést végző alkalmazás.....	6
Báder Mátyás, Németh Róbert: Rostirányban tömörített faanyag zsugorodásának és dagadásának csökkentése.....	13
Balázs Pál, Király Géza, Nagy Dezső, Konkoly-Gyuró Éva: Az első katonai felmérés tartalmi ellenőrzése egy felső-rába-völgyi példán keresztül.....	19
Balázs Pál, Berki Imre, Konkoly-Gyuró Éva: Tájváltozással kapcsolatos kutatások a hazai és nemzetközi szakirodalomban.....	26
Barta Edit, Bakki-Nagy Imre Sándor: Vasúti felsővezeték elektromos terének mérése és számítása...33	
Brolly Gábor, Bazsó Tamás: Oktatási fejlesztések az okleveles erdőmérnök szak Földmérés tantárgy gyakorlatain.....	40
Brolly Gábor, Király Géza: Földi lézerszkennelt pontthalmazok tájékozására alkalmas szoftverek összehasonlítása erdei fák térképezése szempontjából.....	45
Czímber Kornél, Burai Péter, Román András: Légi lézeres és hiperspektrális faállomány-felmérés első eredményei.....	51
Czupy Imre, Mészáros Imre, Vágvölgyi Andrea: A soproni szennyvíztisztító telep biogázüzemre vetített energiamérlege.....	61
Csáki Péter, Czímber Kornél, Király Géza, Kalicz Péter, Zagyvainé Kiss Katalin Anita, Gribovszki Zoltán: Erdőállományok vízháztartásának vizsgálata az Alföldön, leskálázott párolgástérképek segítségével.....	69
Csanády Viktória: Vízszennyezési adatok modell vizsgálata.....	74
Deák István György, Horváth Sándor: Pamo Mangala farm (Észak-Zambia) vadállományának állapota.....	81
Elekne Fodor Veronika, Biró Barbara, Horváth Adrienn, Polgár András : A közlekedés környezeti hatásainak lehetséges monitorozása az M85 gyorsforgalmi út tükrében.....	85
Fülöp Viktor Géza, Horváth Sándor: A tűzifa, az energetikai célú erdei apríték, valamint az ipari fakitermelési és piaci változásai 2007 és 2018 között.....	91
Gálos Borbála, Kiss Márton: Meteorológiai mérések a Soproni-hegységben.....	97
Gribovszki Zoltán, Kalicz Péter: Párolgás okozta napi ingadozás és annak információértelme (módszerek az evapotranszpiráció számítására).....	105
Gribovszki Zoltán: Vízpótlások erdőterületen, elmélet és esettanulmányok.....	112
Herceg András, Kalicz Péter, Primusz Péter, Gribovszki Zoltán: Az éghajlatváltozás hatása az útpályaszerkezetre.....	119
Hofmann Tamás, Visiné Rajczi Eszter, Albert Levente: Bükk (<i>Fagus sylvatica</i> L.) faanyag polifenol készletének folyadékkromatográfiás/tömegspektrometriás vizsgálata.....	127
Hofmann Tamás, Visiné Rajczi Eszter, Albert Levente : Bükk (<i>Fagus sylvatica</i> L.) levél antioxidáns kapacitásának és polifenol készletének vizsgálata.....	132
Hofmann Tamás, Visiné Rajczi Eszter, Albert Levente: Tölgyfajok levél-antioxidáns tartalmának összehasonlító vizsgálata.....	137
Horváth Attila László, Szakálosné Mátyás Katalin: A harveszteres fakitermelés teljesítményének javítási lehetőségei szimulátor segítségével.....	142
Horváth Attila László, Szakálosné Mátyás Katalin: A harveszteres gépkezelők szimulátoros képzésének hatása a munka gazdaságosságára.....	149
Horváth Attila László, Major Tamás, Szakálosné Mátyás Katalin: Harveszteres fakitermelési módszerek termelékenységeinek összehasonlítása.....	156
Horváth Bíbor Júlia, Németh Róbert, Báder Mátyás: A rostirányban tömörített faanyag zsugorodás-dagadásának vizsgálata.....	163
Kapocsi Gergely, Horváth Sándor, László Richárd: N agyvadállomány vagyon-kezelésének elemzése az Országos Vadgazdálkodási Adatbázis állománybecslési és elejtési adatainak tükrében.....	170
Katona Csaba, Bazsó Tamás, Péterfalvi József, Primusz Péter: BLK360 lézerszkennő alkalmazása vonalas létesítmények felmérésére: jelek és távolságok.....	177
Kovács Gábor, Heilig Dávid, Heil Bálint: Fás szárú energetikai ületvények technológiáját és ökonómiáját befolyásoló tényezők a gyakorlatban.....	187

Kovács Klaudia, Vityi Andrea, Horváth Attila László: Agroerdészeti erdei köztes termesztésű rendszerek technológiája.....	195
Major Tamás, Pintér Tamás, Szakálosné Mátyás Katalin: Gyökérsarj eredetű akác állományok összehasonlító vizsgálata a SEFAG Erdészeti és Faipari Zrt. területén.....	200
Major Tamás, Horváth Attila, Virág Vivien: Harveszteres gépi faanyagfelvételezés összehasonlító vizsgálata.....	205
Marcisin Tamás, Király Gergely: Az állomány záródása és az újulatszám összefüggéseinek vizsgálata nyírségi vörös tölgyesekben	210
Németh Zsolt István, Kiss Péter Áron, Rákosa Rita: Faanyagok FT-IR spektrum alapú osztályozása kemometriás módszerekkel	217
Nevezi Csenge, Bazsó Tamás, Csáki Péter, Gribovszki Zoltán, Kalicz Péter, Zagyvainé Kiss Katalin Anita: Hidrológiai és botanikai folyamatok összefüggéseinek vizsgálata egy patakmenti erdőállomány és nedves rét területén.....	221
Novák Dominik, Németh Róbert, Báder Mátyás: A jövő faimpregnáló polimerje. A tejsav tömörfában történő felhasználásának áttekintése	227
Papp Viktória, Szalay Dóra: Pirolízis korom és faanyag keverék pelletek energetikai és mechanikai vizsgálata.....	232
Péterfalvi József, Primusz Péter: Talajstabilizációk szerepe az erdészeti útépítésben	237
Polgár András, Jagodics Nóra, Horváth Adrienn, Elekné Fodor Veronika: Szántóföldi növénytermesztés környezeti hatásai	247
Polgár András, Antal Mária Réka: Faipari élzárési típusok környezeti hatásainak vizsgálata.....	254
Rákosa Rita, Pásztory Zoltán, Börcsök Zoltán, Németh Zsolt István: IR spektrometria a faanyag hőkezelésének monitorozására	263
Rákosa Rita, Szegleti Csongor, Németh Zsolt István: Műanyag hulladékok osztályozása FT-IR spektrumok alapján.....	268
Szakálosné Mátyás Katalin, Fekete György, Horváth Attila László: Lovak alkalmazása és jövője a hazai fahasználatokban	273
Szakálosné Mátyás Katalin, Gimesi Kristóf Szilárd, Major Tamás, Horváth Attila László: Kötélpályás közelítés vizsgálata a soproni hegyvidéken	278
Szakálosné Mátyás Katalin, Sudár Ferenc János, Horváth Attila László: A többműveletes fakitermelő gépek kíméletességének fokozása harveszter szimulátor segítségével.....	284
Szöke Előd, Csáki Péter, Kalicz Péter, Zagyvainé Kiss Katalin Anita, Gribovszki Zoltán: Hidrológiai vizsgálatok egy fás legelőn.....	291
Tari Tamás, Sándor Gyula, Náhlik András: A vaddisznó lakott-területi megjelenésének jellemzői kérdőíves felmérés eredményeinek tükrében.....	298
Tóth Mihály Zoltán, Németh Róbert, Báder Mátyás: Fahegesztés vízgőz és nyomás segítségével.....	305
Vadkerti Tóth Balázs, Németh Róbert, Báder Mátyás: Fahajlítás anatómiája – Áttekintés.....	311
Vágvölgyi Andrea, Szalay Dóra: Stratégiai elemzőmódszer alkalmazása az energetikai célú fás szárú ültetvények vizsgálatára.....	318
Vágvölgyi Andrea, Mészáros Imre, Czupy Imre: Szennyvíziszap komposztálás anyagmérlegére irányuló vizsgálatok	325
Vágvölgyi Andrea, Szigeti Nóra, Czupy Imre, Beszédes Sándor, Szalay Dóra: Fás szárú ültetvények technológiai és ökológiai szempontú siker-kudarcc tényezőinek vizsgálata.....	329
Vajda József, Horváth Sándor: A COVID-19 hatása az amerikai agrártámogatási rendszerre.....	336
Visiné Rajczi Eszter, Albert Levente, Hofmann Tamás: A fakéreg antioxidáns tulajdonságainak kiértékelése	342
Visiné Rajczi Eszter, Albert Levente, Bocz Balázs, Bocz Dániel, Hofmann Tamás: Tobozok antioxidáns tulajdonságainak vizsgálata	348
Zagyvainé Kiss Katalin Anita, Gribovszki Zoltán, Kalicz Péter, Szöke Előd, Varga Jenő, Csáki Péter: Agrárerdészeti rendszer talajnedvességének vizsgálata fertődi mintaterületen.....	354

TALAJSTABILIZÁCIÓK SZEREPE AZ ERDÉSZETI ÚTÉPÍTÉSBEN

PÉTERFALVI JÓZSEF, PRIMUSZ PÉTER

Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet
peterfalvi.jozsef@uni-sopron.hu

Bevezetés

Különböző talajstabilizációkat már régóta alkalmaznak erdészeti útépítésben. Felhasználásuk a forgalmi igénybevétel nagyságától függően kettős. Egyrészt a feltáróutak pályaszerkezetének alaprétegében, másrészt a kis forgalmú általában pályaszerkezet nélküli kiszállítóutak javítására alkalmazhatjuk. Mechanikai stabilizáció készíthető a kedvező szemeloszlású, kötött frakciót viszonylag magas arányban tartalmazó helyi kavicsos talajokból, amelyre alkalmas talaj előfordulása csak szűk területre koncentrálódik (pl.: cseri talajok az ország nyugati részén). Jóval nagyobb jelentőséggel bírnak a kötőanyag bekeverésével készülő talajstabilizációk, amelyek előnye, hogy a helyi talajt használjuk fel, ezért a helyszínre szállítandó anyagok mennyisége jelentősen lecsökken. Ezzel együtt a hagyományos építési módokkal szemben az építési költségek is lényegesen kisebbek lehetnek (Péterfalvi et al. 2015, Szendefy 2009).

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 teherbírású 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 (Szendefy 2009) szerint.

Korábban 1960-1970 között, mintegy 53 km erdészeti út épült meszes talajstabilizáció alkalmazásával Somogy, Zala és Vas megyékben. Az ezt követő időszak közgazdasági és műszaki viszonyai nem kedveztek a talajstabilizációk további elterjedésének. Ennek eredménye lett a talajstabilizációkkal folytatott kutatások visszaszorulása is. Napjainkban azonban a szigorodó közgazdasági helyzet, a környezetvédelmi igények, a korszerű talajmarók és kötőanyag adagolók együttesen ismét ráirányították a figyelmet a talajstabilizációk korábbinál szélesebb körű felhasználására. A nagy teljesítményű talajmarók agyag talajok esetén is tudják biztosítani a 40 cm-es stabilizációs rétegvastagság előállítását.

Az erdő egyes részeinek megközelítését lehetővé tevő feltáróhálózat legkisebb forgalmat lebonyolító épített közlekedési pályái a kiszállítóutak, amelyek zömében pályaszerkezet nélküli földutak, vagy kis teherbírású szakaszain javító réteggel ellátott javított földutak. Az erdőgazdálkodás szállítási feladatai, igazodva a fakitermelési lehetőségekhez, zömében csapadékban gazdagabb időszakokra esnek, amikor a földutak teherbírása, így járhatósága is a legkisebb. Az ütemezett anyagmozgatási feladatok azonban ma már megkívánják, hogy ezek a földutak gazdaságos javítási technológiákkal ebben az időszakban is forgalmazhatók legyenek. A jelenleg alkalmazott javítási eljárások zömében nagy mennyiségű kőanyag beépítését kívánják meg, amelyek a beépítés helyszínéhez közel eső kőbányák esetén is jelentős költséget jelentenek.

Fentiek ismeretében fogalmazódott meg az EGERERDŐ Erdészeti Zrt. vezetésében az a gondolat, hogy megbízza a Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kara, Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézetének Erdőfeltárási Tanszékét a kezelésében lévő erdőterület kis teherbírású földútjai gazdaságos javítási technológiájának kidolgozásával. Az Erdőgazdasággal közösen megfogalmazott „Útépítési technológiák alkalmazhatósági és hatékonysági összehasonlító

vizsgálata” című FSA alprojekt célja olyan földút javítási és karbantartási technológiák vizsgálata, amelyek költséghatékonyak, ugyanakkor részben vagy teljes mértékben időjárástól függetlenül biztosítják a forgalmazhatóságot. A nagy mennyiségű zúzottkő kiváltására talajstabilizációs alapréteg javasolható, amelynek alkalmazása melletti döntést a földművek felső rétegének kötőanyaggal történő stabilizálása területén végzett kutatások és megépített erdészeti utak pozitív tapasztalatai segítették.

A kötőanyaggal készülő talajstabilizációs kutatásaink célja kettős. Egyrészt a talajtól, a kötőanyagtól, a rétegvastagságtól, a beépítési körülményektől, a beépítéstől eltelt időtől, az időjárási körülményektől és a lebonyolódott forgalom nagyságától függő teherbírás-változás vizsgálata, másrészt a stabilizált réteg rugalmassági modulusának meghatározása, amelyre a mechanikai alapú pályaszerkezet-méretezéshez van szükség.

A vizsgálatra kijelölt javított földút talajával elvégzett vizsgálatok alapján a meszes, illetve mész-cement kötőanyagú stabilizációs alapok megépítése esetén kapjuk a legkedvezőbb ár-érték arányt. Mivel ezt a megállapítást laboratóriumi stabilizációs vizsgálatok, egységárelemzések és az eddig szerzett építési tapasztalatok támasztják csak alá, a stabilizációs alappal készülő pályaszerkezetek forgalomállóságának vizsgálatára kísérleti útszakasz épült. Korábbi hasonló kísérleti útszakaszoktól eltérően ebben az esetben a már többször elvégzett javításoknak köszönhetően nagyobb mennyiségű zúzottkő nyomódott a földút talajába, amely egyes szakaszokon jelentősen megnehezítette a talajmaró munkáját. Ugyanakkor lehetőséget kínált arra, hogy a zúzottkőves talaj és a különböző kötőanyag keverékkel megépített talajstabilizáció viselkedését, főleg teherbírás változását mérések segítségével nyomon kísérjük.

A földmű teherbírásának mérése a kísérleti pályaszerkezetek építése előtt

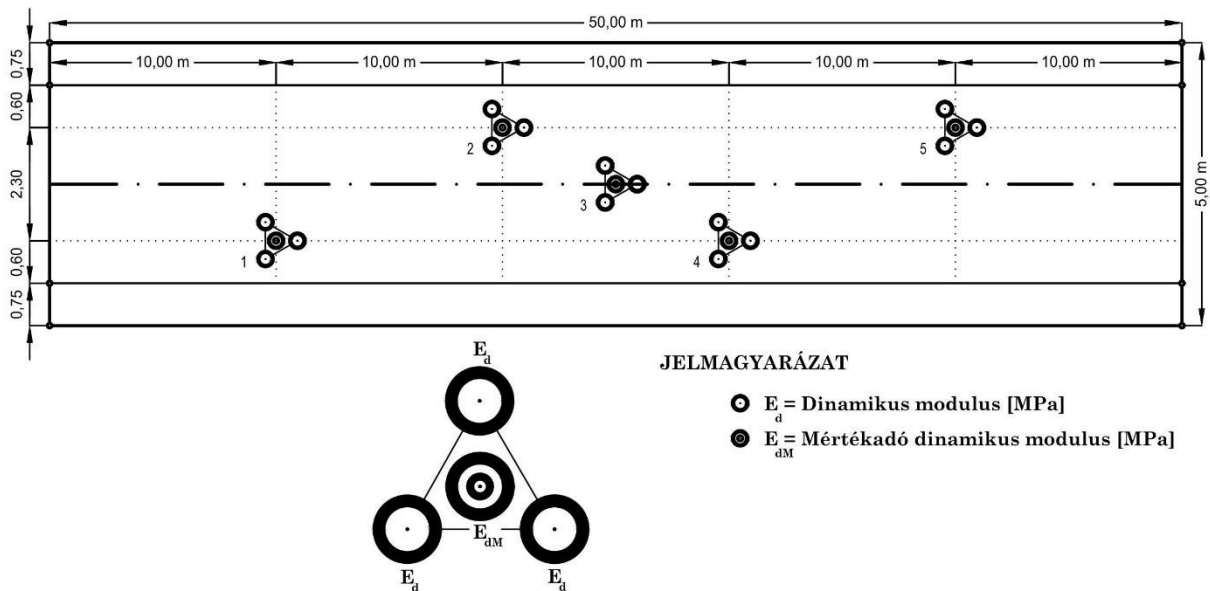
A stabilizációs kísérleti pályaszerkezetek esetében cél volt a földmű teherbírás-változásának meghatározása is, a stabilizálás hatására. Ezért még a földmű stabilizálása előtt meg kellett mérni a földmű teherbírását. A földmű teherbírásának mérését BC-1 (Bearing Capacity & Compaction-rate Tester) típusú könnyűejtősúlyos berendezéssel (1. ábra) végeztük. A dinamikus teherbírás (E_d) vizsgálati eljárás legfeljebb 63 mm legnagyobb szemnagyságú, legfeljebb a tárcsaátmérő mintegy kétszeresének megfelelő vastagságú (30 cm) friss anyagréteg, vagy földműrétteg vizsgálatára alkalmas. Ezzel a mérési eljárással meghatározott (E_d) érték nem hozható közvetlen összefüggésbe a tárcsás teherbíróképesség mérés (E_2) értékével. Ennek magyarázata az, hogy míg a statikus (E_2) értékek meghatározásakor a tárcsával terhelt talaj konszolidációs ideje legalább 10^2 szekundum, addig a dinamikus teherbírás vizsgálat (E_d) értékének meghatározásakor ez az érték közelítően 10^{-2} szekundum, amely megfelel egy körülbelül 40-50 km/h sebességgel közlekedő tehergépkocsi terhelési időtartamának. Ebből következően elsősorban az azonos mérési helyen egymást követően végzett mérések hasonlíthatók össze. A földmű teherbírásának mérésére a stabilizációs alappal tervezett szakaszokon volt fontos annak érdekében, hogy a különböző kötőanyaggal és különböző vastagsággal készített talajstabilizációk teherbírást növelő hatását összehasonlítsuk. Az előzetes egyeztetéseknek megfelelően erre az első 4 szakasz lett előirányozva, ezért ezeken a szakaszokon mértünk teherbírást a BC-1 eszközünkkel az előzetesen kijelölt mérési helyeken.

A mérési helyek elhelyezkedése mind a 8 szakaszon azonos. Az egyes szakaszokon 5 db mérési helyet tűztünk ki olyan geometriával, hogy egy vontatott nehézejtősúlyos mérőberendezéssel is a kitzűött pontok sorrendjében lehessen mérni. A BME Út vasút Tanszékével való jó kapcsolatnak köszönhetően ugyanis lehetőség adódott arra, hogy a teherbírás méréseket a Tanszék KUAB típusú nehézejtősúlyos FWD berendezésével is elvégezzük a stabilizált földművön, illetve a kész zúzottkő burkolaton. A mérési pontokat jelölő karókat jobb oldalon a padkán, bal

oldalán a bevágási rézsűbe ütöttük le. A karókra ráírtuk a mérési helyek sorszámát szakaszszám/mérészám formában (pl. 1. szakaszon: 1/1, 1/2, 1/3, 1/4, 1/5). A mérési helyek és mérési pontok elhelyezkedését a 2. ábra sematikus rajza mutatja be.



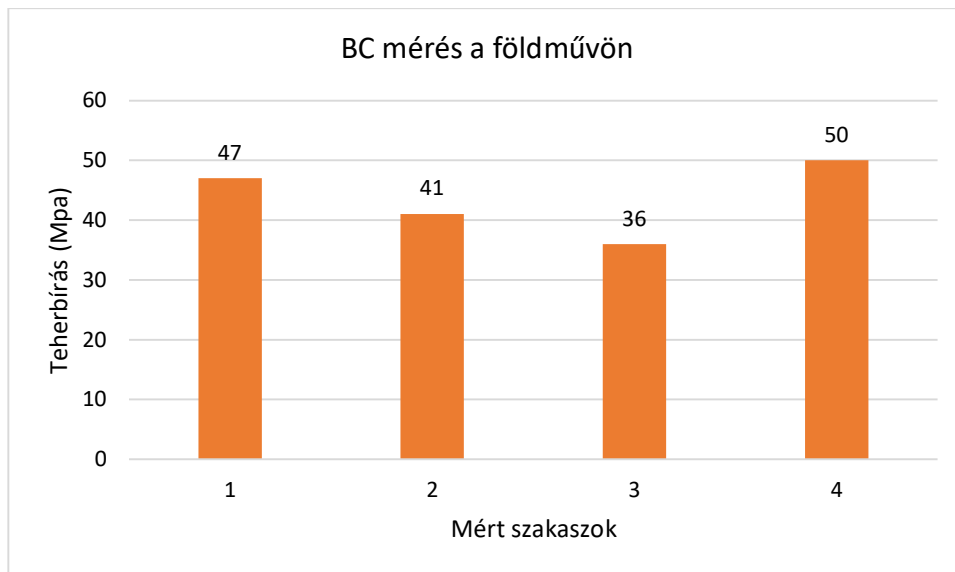
1. ábra. BC-1 típusú könnyűejtősúlyos berendezés



2. ábra. A teherbírás vizsgálatok mérési helyeinek és pontjainak sematikus ábrája

Minden mérési helyen három ejtéssel előterhelést végeztünk, majd három mérőejtést hajtottunk végre. Az egyes mérési pontok mértékadó értékét (E_{dM}) a három mérési sorozat segítségével (háromszög kötésben) átlagolással határoztuk meg. Ez kísérleti szakaszonként $5 \times 3 = 15$ db mérést jelentett.

Az első 4 szakaszon végzett mérések alapján megállapítható volt, hogy a mért (E_{dM}) értékek éppen megfelelnek a pályaszerkezet ráépítéséhez szükséges teherbírásnak. Az egyes szakaszok 5 db mérésének átlagait a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra. A földművön végzett dinamikus teherbírásmérések szakaszonkénti átlagai

A megépített pályaszerkezet-variációk

A Megbízó képviselőjével egyeztetve a nyolc 50 m hosszú kísérleti útszakaszra 5 stabilizációs és három tisztán zúzottkő pályaszerkezet lett előirányozva.

A Kivitelezővel történt helyszíni egyeztetés során, a kísérleti szakasz első ötven méterén, az előzetes tervtől eltérően, a 40 cm vastagságú 3%-os mészsadalós stabilizációs rétegre, 13 cm tömör vastagságú, folyamatos szemeloszlású zúzottkő burkolati réteg épült. A többi négy stabilizációs típus az előzetes terveknek megfelelően épült annyi eltéréssel, hogy a folyamatos szemeloszlású zúzottkő burkolati réteg, az előzetesen tervezett 10 illetve 15 cm helyett, egységesen 13 cm tömör vastagságban épült meg. A kivitelezés során a földmű felső 30-40 cm vastag rétegének nagy teljesítményű önjáró talajmaróval történő fellazításával egyidőben, az előzetesen a földműre terített kötőanyag bekeverése is megtörtént. Az előtömörítés, profilba hozás és simító hengerlést követően kialakult stabilizált földműre, egységesen 13 cm tömör vastagságú folyamatos szemeloszlású zúzottkő burkolati réteg került. A megépített stabilizációs pályaszerkezetek rétegrendje az alábbi lett (1. táblázat).

A három tisztán zúzottkő pályaszerkezet-típus a Kivitelező javaslatára az előzetes tervtől eltérő rétegrenddel épült meg. A 6., 7. és 8. szakaszokon megépített pályaszerkezetek rétegrendje az alábbi (2. táblázat).

A 8. szakaszon a Kivitelező elképzelése szerint egy keréknyomban erősített különleges pályaszerkezet épült. Ennek a variációnak kellett volna a legnagyobb teherbírást mutatnia a keréknyomban, de ez nem teljesülhetett mivel a két 0,80 m széles és 40 cm vastag erősített sáv túl közel került egymáshoz.

Teherbírásmérések a stabilizált földmű és a zúzottkő burkolat felületén

A kísérleti útszakasz utolsó három szakaszára tervezett zúzottkő pályaszerkezetek megépítését követően, a stabilizációs pályaszerkezetű szakaszok talajstabilizációs készültek el. A stabilizált földműből fúrással vett talajminták konzisztenciájából és színéből következtetni lehetett a stabilizáció vastagságára. A 10-15 cm, illetve 30-40 cm mélységből vett minták víztartalmai a stabilizáció előtti 28%-ról, a felszínhez közelebb 15-17%-ra, mélyebben 18-22%-ra csökkent. A víztartalom csökkenését az örölt égetett mésztöltés, illetve a kötőanyag bekeverésekor a talaj átszellőztetése okozta.

1. táblázat. A megépített stabilizációs pályaszerkezetek rétegrendje az 1-5 szakaszon

1. szakasz			
Réteg neve	Vastagság [cm]	Egyenérték tényező (e_i)	Egyenérték-vastagság (ecm) (H_e)
Folyamatos szemeloszlású zúzottkő burkolat (Z 0/32)	13	1,0	13,0
Mészstabilizáció (3%-os mészadagolással)	40	0,5	20,0
Összesen:	53		33,0
2. szakasz			
Réteg neve	Vastagság [cm]	Egyenérték tényező (e_i)	Egyenérték-vastagság (ecm) (H_e)
Folyamatos szemeloszlású zúzottkő burkolat (Z 0/32)	13	1,0	13,0
Stabilizáció mész-cement keverékkel (6%-os mész-cement adagolással)	40	0,5	20,0
Összesen:	53		33,0
3. szakasz			
Réteg neve	Vastagság [cm]	Egyenérték tényező (e_i)	Egyenérték-vastagság (ecm) (H_e)
Folyamatos szemeloszlású zúzottkő burkolat (Z 0/32)	13	1,0	13,0
Stabilizáció mész-cement keverékkel (6%-os mész-cement adagolással)	30	0,5	15,0
Összesen:	43		28,0
4. szakasz			
Réteg neve	Vastagság [cm]	Egyenérték tényező (e_i)	Egyenérték-vastagság (ecm) (H_e)
Folyamatos szemeloszlású zúzottkő burkolat (Z 0/32)	13	1,0	13,0
Mészstabilizáció (6%-os mészadagolással)	40	0,5	20,0
Összesen:	53		33,0
5. szakasz			
Réteg neve	Vastagság [cm]	Egyenérték tényező (e_i)	Egyenérték-vastagság (ecm) (H_e)
Folyamatos szemeloszlású zúzottkő burkolat (Z 0/32)	13	1,0	13,0
Mészstabilizáció (6%-os mészadagolással)	30	0,5	20,0
Összesen:	43		28,0

2. táblázat. A megépített tisztán zúzottkő pályaszerkezetek rétegrendje az 6-8 szakaszon

6. szakasz			
Réteg neve	Vastagság [cm]	Egyenérték tényező (e_i)	Egyenérték-vastagság (ecm) (H_e)
Folyamatos szemeloszlású zúzottkő burkolat (Z 0/32)	13	1,0	13,0
Zúzottkő alap (Z 70/110) geotextília+georács	40	0,7	28,0
Összesen:	53		41,0
7. szakasz			
Réteg neve	Vastagság [cm]	Egyenérték tényező (e_i)	Egyenérték-vastagság (ecm) (H_e)
Folyamatos szemeloszlású zúzottkő burkolat (Z 0/32)	13	1,0	13,0
Zúzottkő alap (Z 70/110)	40	0,7	28,0
Homokos kavics javító és elválasztó réteg	10	-	-
Összesen:	63		41,0
8. szakasz			
Réteg neve	Vastagság [cm]	Egyenérték tényező (e_i)	Egyenérték-vastagság (ecm) (H_e)
Folyamatos szemeloszlású zúzottkő burkolat (Z 0/32)	13	1,0	13,0
Zúzottkő alap (Z 70/110) geotextília	25	0,7	17,5
Keréknyomok alatti sávokon a tengelytől 0,45-0,45 m távolságban 0,80-0,80 m szélességben: georács, 40 cm zúzottkő (Z 70/110)	-	-	-
Összesen:	38		30,5

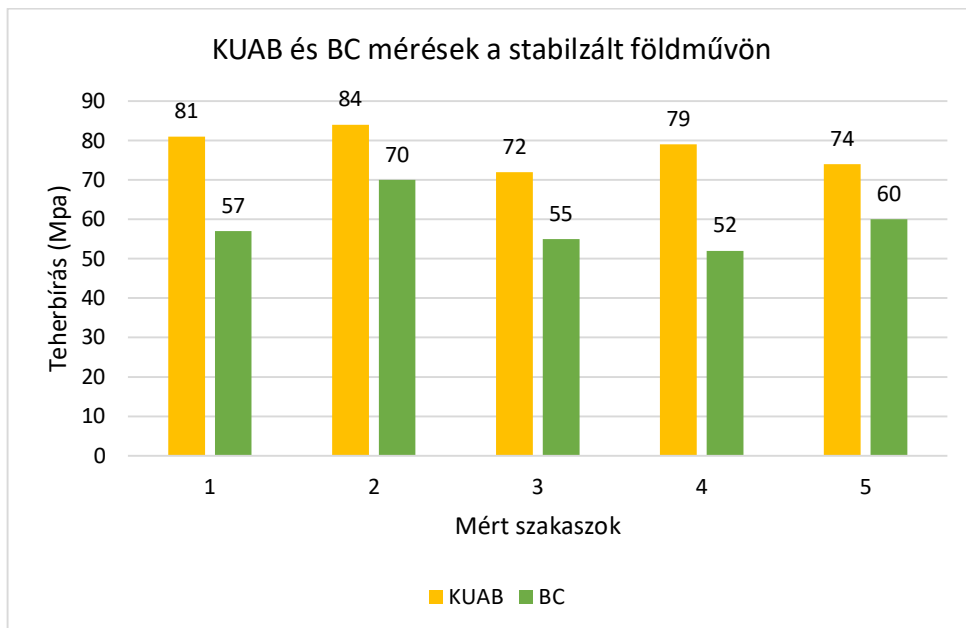
A stabilizált földmű teherbírását az építést követő három nap elteltével mértük. A stabilizált földművön a méréseket BC-1 típusú könnyűejtésű és KUAB típusú nehézejtésű berendezéssel végeztük ugyan azon a napon közvetlenül egymást követően. Az elkészült zúzottkő pályaszerkezetek teherbírását csak a KUAB típusú FWD (Falling Weight Deflectometer) berendezéssel mértük, mivel ezzel a berendezéssel a nagyobb a hatásmélység miatt megbízhatóbb mérés végezhető.

A KUAB típusú FWD berendezésnél az adott súlyú teher, megfelelően beállított magasságból való ejtésével létrehozott terhelés, $r=15$ cm sugarú körtárcsán kerül átadásra a mérendő felületre. A tárcsa szegmentált, négy egyenlő részre osztva biztosítja a burkolat aktuális deformációi melletti lehető legjobb felfekvést. A terhelés közben a behajlást mikrométer pontosságú geofonok mérik, a terhelő tárcsa alatt, illetve attól 200, 300, 450, 600, 900, 1200 mm-re, a jármű tengelye mentén, ezzel előállítva az ún. behajlási teknőt. A mérés során mérési helyenként 2 ejtés szokásos, amelyek közül az első ejtés egy kondicionáló ejtés. A számításokhoz a második ejtés során nyert adatok kerülnek felhasználásra. A berendezés mindkét ejtést rögzíti. A berendezést mérés közben a 4. ábra mutatja be.

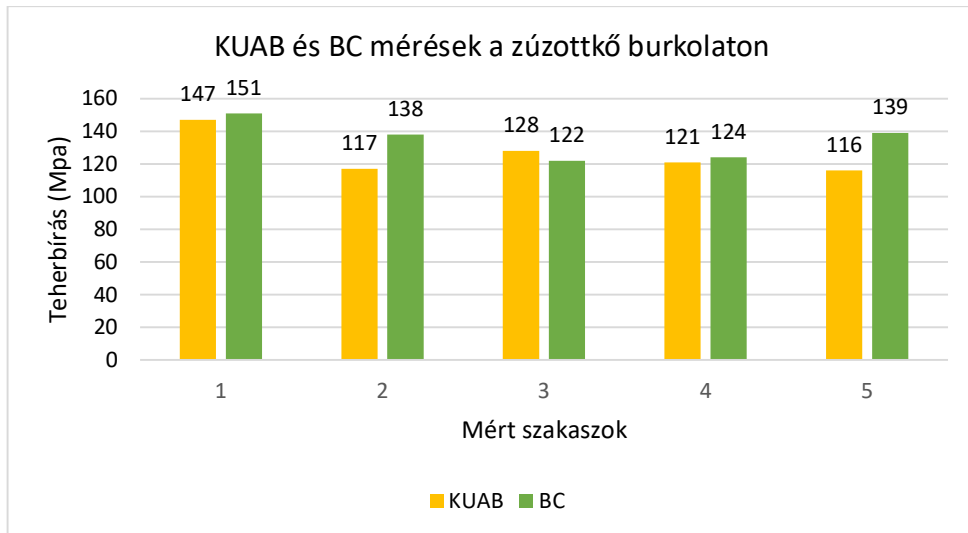


4. ábra. KUAB típusú FWD berendezés a stabilizált földművön történő mérés közben

A stabilizációs pályaszerkezeteken szakaszonként elvégzett 5-5 mérés átlagait az 5. és 6. ábra diagrammjai mutatják be.



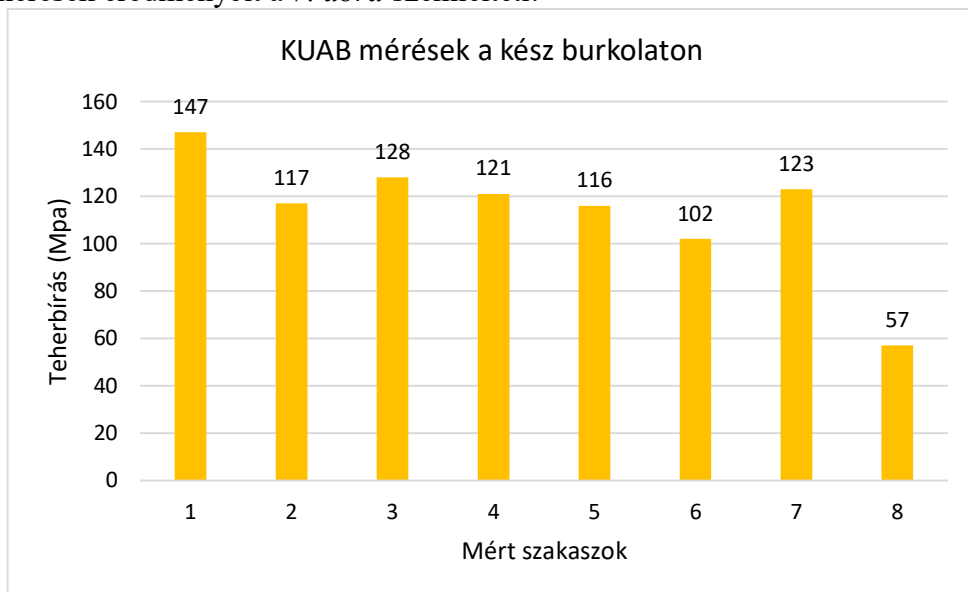
5. ábra. KUAB és BC-1 berendezéssel mért értékek a stabilizált földművön



6. ábra. KUAB és BC-1 mérések eredményei a stabilizált földműre épített zúzottkő burkolaton

A két berendezés mérési eredményeinek összehasonlításából jól látszik, hogy a stabilizált földművön a KUAB típusú FWD berendezés kiegyenlítettebb eredményeket szolgáltatott, mint a BC-1 eszköz.

A kísérleti útszakasz mindegyik pályaszerkezet-típusán, a KUAB típusú FWD berendezéssel végzett mérések eredményeit a 7. ábra szemlélteti.



7. ábra. A megépített kísérleti pályaszerkezetek teherbírása a KUAB berendezéssel mérve

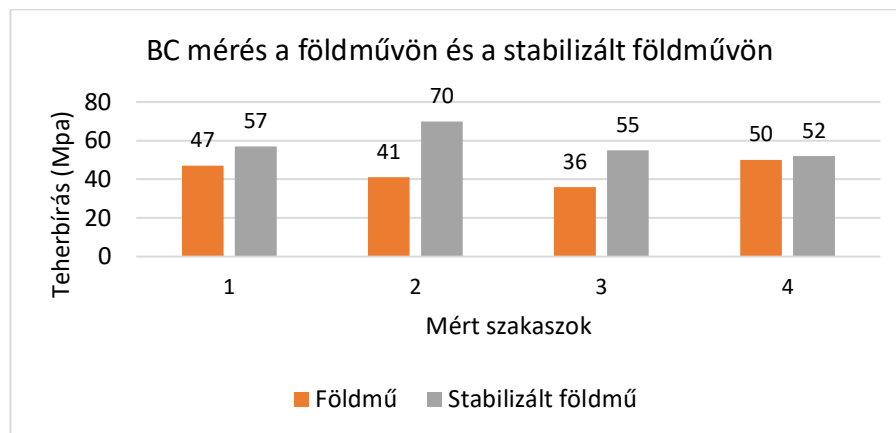
A tapasztalatok és a mérési eredmények értékelése

A kísérleti útszakasz építésével és az elvégzett mérésekkel kapcsolatos megállapításaink az alábbiakban foglaljuk össze.

Az építés során alkalmazott gépekkel és technológiákkal jó minőségben elkészültek a kísérleti pályaszerkezetek.

A zúzottkővel javított földutak esetén, a stabilizációs útalap építésénél, a földmű stabilizálandó rétegvastagságban történő felmarásához és a kötőanyag bekeveréséhez a nagy teljesítményű önjáró talajmaró javasolható.

A földmű felső 30-40 cm vastag rétegének kötőanyaggal történő stabilizálása, a kötőanyag és annak bekeverése hatására, a csökkenő víztartalom következtében, kedvezőbb tömöríthetőségi viszoyokat teremt. A nagyobb tömörség pedig nagyobb teherbírást eredményez (8. ábra).



8. ábra. BC-1 eszközzel mért teherbírás értékek a földművön és a stabilizált földművön

A 8. ábrán a stabilizált földművön mért magasabb teherbírás értékek a nagyobb tömörségen kívül a kötőanyagnak is köszönhetők. A legnagyobb teherbírás növekedés a 6%-os mész-cement kötőanyaggal készült 2. szakasz 40 cm vastag stabilizált földművén volt tapasztalható.

A kötőanyag mennyiségének és a stabilizált réteg vastagságának az építés után három nappal kisebb a hatása a teherbírás növelésére, mint a tömörségnek.

A stabilizáció építése után 10 nappal a stabilizált földműre épített 13 cm vastag 0/32 folyamatos szemeloszlású zúzottkő réteg felszínén mért teherbírás értékek szintén az előbbi megállapítást támasztják alá.

A kísérleti útszakasz mindegyik pályaszerkezet-variációján, a KUAB típusú FWD berendezéssel végzett teherbírás mérések alapján megállapítható, hogy az 53-63 cm vastag geotextíliá+georács és zúzottkő, illetve homokos kavics és zúzottkő felhasználásával készült pályaszerkezetek (6., 7. szakasz) teherbírása nem nagyobb, mint a stabilizációs alappal rendelkező pályaszerkezeteké (1-5. szakaszok).

A 8. szakasz lényegesen kisebb teherbírása, részben a két erősített sáv egymástól mért nem megfelelő távolságának, részben a nagyobb mélységben lévő talajréteg nagyobb víztartalma miatti kisebb teherbírásának köszönhető.

A megépített kísérleti útszakaszon végzett teherbírás mérések, a korábbi tapasztalatoknak megfelelően, egyértelműen bizonyították, hogy a kötött és átmeneti talajú földutak időjárástól független forgalmazhatósága, különböző kötőanyagok felhasználásával készülő talajstabilizációs alapra kerülő vékony folyamatos szemeloszlású zúzottkő burkolati réteggel biztosítható.

A stabilizált földműre épített 13 cm vastag zúzottkő burkolati rétegen, a BC-1 eszközzel mért mértékadó dinamikus modulus (E_{dM}) értékek, jó egyezést mutatnak a KUAB FWD berendezéssel mért felületi modulus értékekkel, ezért a BC-1 eszköz jól alkalmazható a 30 cm-nél nem vastagabb zúzottkő rétegek teherbírásának meghatározására.

Köszönetnyilvánítás: A kutató munka a "Soproni Egyetem Struktúraváltási Terve" - 32388-2/2017 INT-FIN sz. projekt keretében az Emberi Erőforrások Minisztériuma és az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel - az agrárerdészet mint új kitorési lehetőség”) pályázat támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- PÉTERFALVI, J., PRIMUSZ, P., MARKÓ G., KISFALUDI B., KOSZTKA M. (2015): Evaluation of the Effect of Lime-Stabilized Subgrade on the Performance of an Experimental Road Pavement. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 36:(2) pp. 269-282.
- SZENDEFY J. (2009): A hazai talajok szerkezetének és teherbírásának változása meszes talajstabilizáció hatására, PhD dolgozat Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kar.