

Klimatikus hatások figyelembevétele a behajlási adatsorok kiértékelése során*

Szerző(k) **Tóth Csaba és Szentpéteri Ibolya**

Kivonat

Útpályaszerkezeteink állapotát számos paraméterrel jellemezhetjük és minősíthetjük, ennek ellenére a teherbíró-képesség maradt az egyik legfontosabb jellemzője. A teherbíró-képesség definiálására több elméleti megközelítést és gyakorlati eljárást fejlesztettek ki, a pályaszerkezet teherbíró-képességére leggyakrabban a függőleges terhelés okozta behajlásból következtetnek. Napjainkban a dinamikus ejtősúlyos berendezések (falling weight deflectometer, FWD) alkalmazása egyre gyakoribb, és már szélesebb körben használják, mint korábban elfogadott és elterjedt Benkelman-gerendát.

Az FWD készülékek Magyarországon a 90-es években jelentek meg. Közismert, hogy nemcsak a terhelés alatti behajlást, hanem a terhelés tengelyétől különböző távolságra lévő pontok behajlását is rögzíti a berendezés. Ennek gyakorlati jelentősége a pályaszerkezet diagnosztikában általánosan is ismert és elfogadott nemzetközi szinten. Emiatt az új és még fejlesztés alatt álló magyar megerősítés méretezési előírást is erre az eszközre építik és megkövetelik a behajlási teknő rögzítését, szemben a korábbi gyakorlattal.

A behajlási teknő, és az azt leíró alaktényezők nemcsak pályaszerkezet teherbírásától és a terhelő erő nagyságától függenek, hanem a mérési körülmények is jelentős szerepet játszanak, pl.: meteorológiai hatások. Ezalatt főként a hőmérséklet hatása értendő, de a mérés előtti csapadékviszonyok sem hanyagolhatók el, amelyek közvetetten fejtik ki hatásukat az altalaj nedvességtartalmára. Ezek a hatások meglehetősen környezet specifikusak, ezért célszerű egy etalon szakasz alapos vizsgálatát elvégezni arra vonatkozólag, hogyan lehet ezen tényezők hatását megszüntetni. Jelen cikkben egy magyar autópálya szakasz többéves behajlásmérési eredményeinek és meteorológiai adatainak elemzését végeztük el, mellyel vizsgáltuk, hogy a megerősítés előírás tervezet autópályák esetén is alkalmazható-e.

*A cikk a Road and Rail Infrastructure III, Split, Horvátország, 2014 konferencián „Effects of climatic factors on the shape of deflection bowl.” címmel elhangzott előadás átdolgozott magyar nyelvű változata.

1. Évszaki szorzók alkalmazása a behajlási adatok kiértékelése során

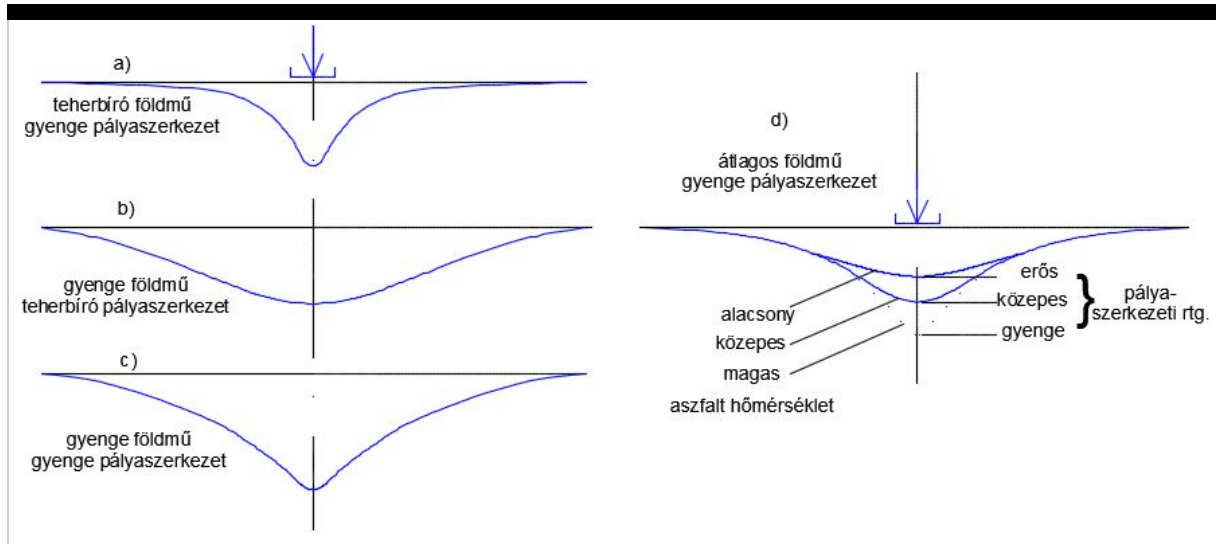
A hajlékony útpályaszerkezetek egyik fontos - ha nem a legfontosabb - állapotjellemzője a teherbíró-képesség. E fogalom alatt azonban olyan elméleti határértéket értünk, amelynek elérésekor következik be a rendeltetésszerű használatra alkalmatlan állapot, amiből következik, hogy a gyakorlatban ez az érték közvetlenül nem mérhető. Noha napjainkra már több mérési módszer is létezik, amelyek segítségével következtetni tudunk a pályaszerkezet aktuális teherbíró-képességére, a legelterjedtebb módszer - már csak egyszerűsége okán is - a behajlásmérés, azaz a pályaszerkezetnek a kerékterhelés hatására bekövetkező függőleges irányú besüllyedése. A behajlás A. C. Benkelmannak köszönhetően régóta egyszerűen meghatározható paraméter és a fordított kapcsolat a teherbíró-képesség és a behajlás között is közismert. Azonban már a Benkelman gerenda megalkotója is tisztában volt azzal, hogy a pályaszerkezet állapota egyetlen pontban mért behajlásértéssel korlátozottan jellemezhető, sőt akár félrevezető is lehet, így célszerűbb lenne a pályaszerkezet görbületének, azaz a teljes behajlási vonalnak a rögzítése.

A mérési módszerek fejlődésével, a Falling Weight Deflectometerek megjelenésével ez a probléma kiküszöbölhetővé vált és ma már széles körben elterjedt a teljes behajlási vonal rögzítése. Napjainkra már könyvtárnyi irodalma van az így nyert adatok kiértékelésének és egyre több, a behajlási teknő paramétereken alapuló pályaszerkezet diagnosztikai eljárás lát napvilágot. A pályaszerkezet erőjátéka és a behajlási vonal közötti kapcsolat egzakt tanulmányozását azonban két külső körülmény nagyban nehezíti.

Az egyik paraméter a pályaszerkezeti rétegek merevségeinek markáns hőmérsékletfüggése. A mért behajlási teknő alakját jelentősen befolyásolja az aszfaltrétegek pillanatnyi hőmérséklete. Ezen hatás kiküszöbölésére

ugyan számos összefüggés áll rendelkezésre, azonban a probléma komplexitása nem teszi lehetővé univerzális képlet megalkotását. Minden útszakasz a maga klimatikus környezetébe helyezve egyedi korrekciót igényelne, így az általánosított összefüggések csak csökkenteni tudják a hőmérsékletnek a mérésre gyakorolt hatását, de teljesen kiküszöbölni nem.

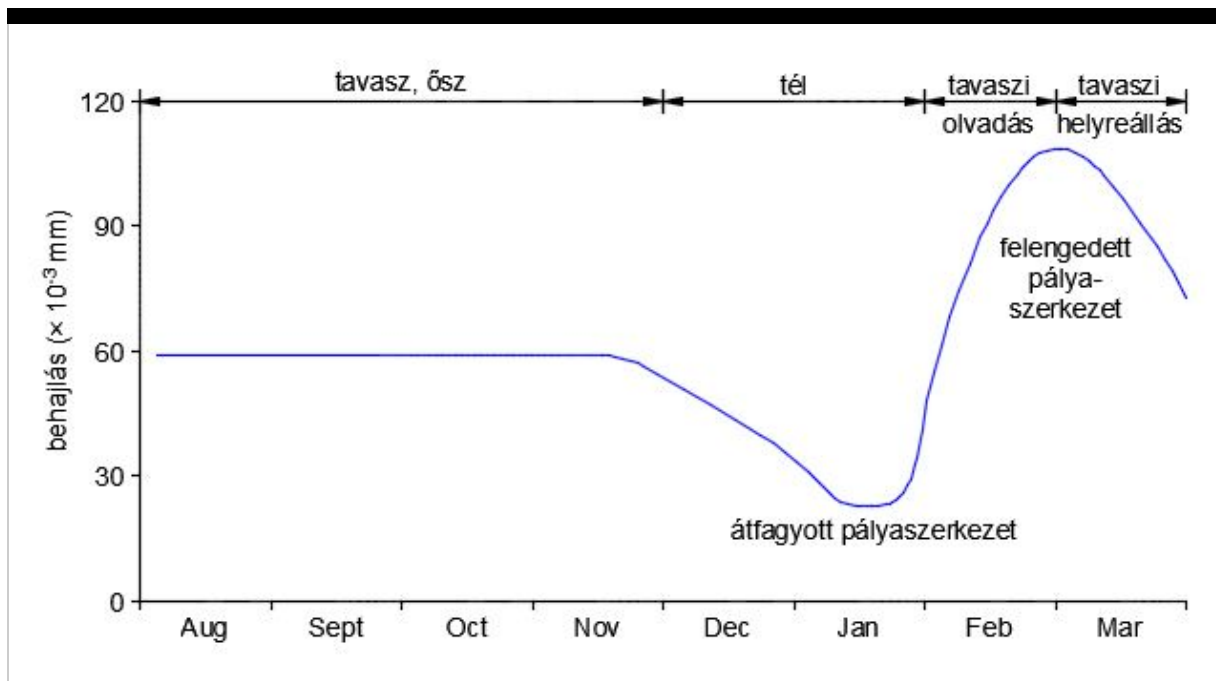
A másik jelentős hatás, aminek figyelembevétele indokolt, az a pályaszerkezetet alátámasztó földmű állapota. A behajlásmérés a pályaszerkezet és a földmű együttes állapotát vizsgálja, ezáltal a földmű állapotváltozása - pl.: elnedvedés hatására bekövetkező teherbíróképesség-csökkenése - befolyással bír a mért behajlási adatokra. Ezen két domináns hatásnak a behajlási vonalra gyakorolt következményét szemlélteti az 1. ábra.



1. ábra

A hőmérséklet és a pályaszerkezet állapotának hatása a behajlási teknőre [Jung, 1988]

A földmű állapotok behajlásra gyakorolt hatása már a statikus behajlásmérések kezdete óta közismert, a 2. ábrán szemléltetett hatásmechanizmust feltételezve.



2. ábra

A földmű állapotának a pályaszerkezet behajlására gyakorolt hatása

Ugyan földrajzi elhelyezkedésenként különböző ez a hatás, de pl.: az európai klimatikus viszonyok között

jellemzően a tévégi hóolvadás és a tavaszi esőzések nyomán áll elő az a periódus, amikor az elnedvesedést követően előálló gyenge földmű teherbírás miatt mérhetőek a legnagyobb behajlásértékek. Ezt az időszakot a pályaszerkezet hátralévő élettartama szempontjából kritikusnak, ezen behajlás adatokat a szerkezetek szempontjából mértékadónak tekintjük. A szakirodalomban ez a kritikus időszak ún. „tavaszi behajlás” néven is ismert. A 60-70-es években a behajlásmérések jellemzően ennek megfelelően erre az időszakra is koncentráltak, később azonban a mérési időszak a nyári és őszi hónapokra is kiterjedt. Ennek köszönhetően azonban megjelent az évszaki korrekció szükségessége, amely segítségével például a nem kritikus nyári hónapokban végzett méréseket meg tudták feleltetni a mértékadó tavaszi értékeknek.

A jelenleg érvényes magyar szabályozás [ÚT 2-1.202; 2005] szerint a behajlásméréseket lehetőleg az elnedvesedés miatti legkedvezőtlenebb tavaszi időszakban, a megerősítést megelőző év tavaszán, március-május hónapokban kell végrehajtani. Az egyéb időpontokban végrehajtott behajlásmérések eredményeit erre a legkedvezőtlenebb időszakra kell átszámítani. Az átszámítási tényező meghatározását egy 1989-es előírás rögzíti (forrás: MSZ 2509-4), mely szerint, egy hasonló felépítésű pályaszerkezeten hasonló talaj- és hidrológiai viszonyoknak megfelelő helyen legalább egy éven keresztül havonta mért behajlásértékek alapján lehet meghatározni úgy, hogy a március 1 – június 15. között mért értéket osztjuk a felmérés időszakában mért értékekkel.

Ha ez nem lehetséges, akkor annak közelítő értékét a következők figyelembevételével, az 1. táblázatból lehet venni. Az évszaki szorzókat a talaj fajtájától függően a mérés időpontját figyelembe véve kapjuk meg. Az évszaki szorzók értéke a mértékadó időszakban 1,0. A szorzók a száraz (K, kedvező) vidékekre, a nedves (NK, nem kedvező) vidékekre 100 mm-nél vastagabb meleg aszfaltkeverékekből épült rétegek esetén érvényesek, egyéb esetekben a 1. táblázat zárójeles értékei használhatók.

Talajcsoport	A behajlásmérés hónapja				
	április	május	június, július	augusztus, szeptember	október, november
I-II.	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
III.			1,1	1,1	1,2
IV-V.		1,1	1,3 (1,4)	1,5 (1,6)	1,5 (1,6)
VI-IX.	1,1	1,0	1,1 (1,2)	1,2 (1,4)	1,3 (1,5)

1. táblázat

Az évszaki szorzók értékei a magyar szabályozás szerint

Az elmúlt évtized klimatikus viszonyaiban megfigyelt változások azonban felvetették annak igényét, hogy a magyar szabályozás ezen elemét aktualizálni szükséges. Ennek szellemében egy új, Karoliny Márton által kidolgozott módszer szerint a mértékadó földmű állapot korrekcióját a mérést megelőző időszak csapadékviszonyai alapján javasolt elvégezni a 2. táblázatban szereplő korrekciós értékekkel, azaz a behajlásmérés értékeit a megelőző két hónap (60 nap) csapadékviszonyainak és a talajfajtának függvényében a 2. táblázatban szereplő szorzókkal meg kell növelni.

Hosszú távú földműkorrekció behajlás szorzói					
Talajcsoport az e-UT 06.02.11 szerint	A behajlásmérést megelőző 60 nap csapadékmérleg negatív eltérés a sokévi átlagtól				
	nincs vagy pozitív eltérés	10 % alatt	20 % alatt	30 % alatt	több, mint 30 %
I-II.	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1
III.			1,1	1,1	1,2
IV-V.		1,2	1,4	1,5	1,6
VI-IX.		1,1	1,3	1,4	1,5

2. táblázat

Jelen cikkben annak vizsgálatára teszünk kísérletet az alábbiakban, hogy az FWD eredményekből becsült földmű modulus és a mérést megelőző csapadékviszonyok között milyen szoros kapcsolat figyelhető meg. Egy autópálya szakasz forgalmi sávjain mért behajlási idősor segítségével azt vizsgáljuk, hogy a mérést megelőző időszak meteorológia viszonyai és a mért adatok között milyen összefüggések találhatók.

2. A földmű állapotra FWD mérések alapján adható becslések

A hajlékony útpályaszerkezetek terhelés hatására történő viselkedése még napjainkban is jó pontosságú közelítéssel vizsgálható a Boussinesq-féle egyenletekkel. A pályaszerkezet egyenértékű felületi modulusa így a jól ismert összefüggés alapján az alábbi (1. egyenlet) [Ullidtz, 1998]:

$$E_{eq} = \frac{f(1 - \mu^2)\sigma_0 a}{d_0} \quad (1)$$

ahol,

E_{eq} - egyenértékű felületi modulus [MPa],

f - korrekciós tényező, értéke a terhelő erő feltételezett eloszlásától függ [-],

μ - Poisson tényező [-],

a - a terhelő tárcsa sugara [mm],

d_0 - a terhelő tárcsa alatt mért behajlás [mm].

Természetesen az összefüggés számos pontosítása ismert, így például az észti pályaszerkezet méretezési irányelv [Talvik; 2009] az egyenértékű felületi moduluszt az alábbiak szerint korrigálja:

$$E_{eq2001-52} = C * E_{eq}^2 * T^t * M_i * H_j \quad (2)$$

ahol,

$E_{eq2001-52}$ - egyenértékű felületi modulus [MPa],

T - burkolathőmérséklet [°C],

C, e, t - empirikus konstansok,

M_i - évszaki szorzó,

H_j - töltés magasságtól függő korrekció ($j = <0,5$ m; $0,5 - 1$ m; > 1 m).

Az összefüggés (2. egyenlet) újszerűségét értelmezésünkben az jelenti, hogy az egyenértékű felületi modulus korrekciója során az „ M_i ” faktor mellett, amely az évszaki hatást hivatott figyelembe venni, megjelenik a „ H_j ” faktor is, azaz észti kutatások szerint a töltés magassága is szignifikáns hatást gyakorol a pályaszerkezet teherbíró-képességére.

Általánosan elfogadott összefüggés azonban, hogy a terhelés középpontjától „ r ” távolságban számított modulus nagysága azonos a terhelés középpontja alatt „ $z = r$ ” mélységben lévő réteg modulusával.

$$E_{eq(r)} = \frac{(1 - \mu^2)\sigma_0 a^2}{r x d_r} \quad (3)$$

ahol,

$E_{eq(r)}$ - felületi modulus „ r ” távolságban [MPa],

μ - Poisson tényező [-],

a - a terhelő tárcsa sugara [mm],

d_r - a terhelő tárcsától „ r ” távolságra mért behajlás [mm],

r - a mérés távolsága a terhelés középpontjától [mm].

Ezen állítás elfogadása teremti meg tehát annak lehetőségét, hogy az FWD berendezések segítségével rögzített behajlási teknő különböző paramétereit alapján a felszín alatti rétegek állapotára vonatkozóan becsléseket tehesünk.

Számos elmélet ismert a földmű modulussal kapcsolatos becslések elvégzésére, mi jelen munkánk során az alábbi - svéd kutatásokon alapuló [Christiansen – Holst – Baltzer; 2010]- alábbi összefüggést használtuk:

$$E_f = \frac{52000}{d_{900}^{1,5}} \quad (4)$$

ahol,

E_f - földmű modulusa [MPa],

d_{900} - a terhelő tárcsától 900 mm-re mért behajlás [mm]

3. A vizsgált autópálya-szakasz földmű modulusainak időszora

Karoliny a behajlásmérési eredmények klimatikus hatások okozta évszaki ingadozását az *1. táblázatban* szereplő évszaki szorzók helyett a *2. táblázat* korrekciós tényezőivel javasolja figyelembe venni. Ezen értékek megalapozottságának alátámasztására azonban meglehetősen kevés mérési eredmény áll rendelkezésre, ezért egy más célból keletkezett méréssorozat eredményeit e tekintetben vizsgáltuk meg.

Négy éven keresztül, félévenként egy autópálya-szakasz dinamikus behajlási eredményeit vetettük össze az adott időszak csapadékviszonyaival. Az FWD mérések forgalmi sávonként (üzemi, haladó és előző) történtek, 100 méterenkénti gyakorisággal, forgalmi sávonként 45 darab keresztaszalványban. A 7 alkalommal végzett mérések időpontja 2-2 alkalommal novemberre illetve decemberre esett, továbbá 1-1 esetben három egymást követő évben május, június és július hónapban is történtek mérések. Az autópálya átlagos napi egységterhelése 5-5500 Et között mozgott, a vizsgálat időszaka alatt a haladó sávon jellemzően 6 millió 100 kN egységterhelésű forgalmi terhelés futott le.

Az útszakaszhoz közeli meteorológia állomás adatai szerint a vizsgált 5 éves időszak alatt majd 3000 mm csapadék esett. A területen az utóbbi 5 év alatt hullott csapadékmennyiség időbeli megoszlása, havi bontásban a *3. táblázatban* látható.

Év/hó	2009	2010	2011	2012	2013	Átlag	Szumma
1	53,6	82,9	22,9	30,9	58,8	49,82	249,10
2	48,2	71,5	15,0	22,9	84,5	48,42	242,10
3	48,8	20,9	43,5	0,4	92,8	41,28	206,40
4	1,8	71,7	20,3	18,5	19,9	26,44	132,20
5	41,1	160,6	40,9	23,6	106,8	74,60	373,00
6	84,5	83,9	59,0	95,0	61,5	76,78	383,90
7	34,9	87,8	57,6	98,3	0,1	55,74	278,70
8	46,8	77,9	5,3	1,1	39,0	34,02	170,10
9	14,4	95,5	1,1	48,5	24,7	36,84	184,20
10	28,3	24,7	14,9	77,0	42,2	37,42	187,10
11	89,2	73,3	0,0	15,4	42,7	44,12	220,60
12	43,6	121,7	69,9	48,9	1,1	57,04	285,20
Összesen	535,2	972,4	350,4	480,5	574,1	582,52	

3. táblázat

Havi összegzett csapadék mennyiség [mm]

Látható, hogy jellemzően kiemelkedő csapadékos hónap nem található. A vizsgált időszakra összegzett mennyiség maximuma júliusra esik, bár az öt év alatt egyszer sem ez a hónap volt a legcsapadékosabb. Ez némiképp ellentmond a várakozásaink, hiszen a szakmai közhiedelmeink április-május hónapot tartják a legcsapadékosabbnak és ez tükröződik vissza az 1. táblázat értékeiben is. Érdekes anomália továbbá, hogy a 2012 legcsapadékosabb hónapja 2013-ban már a legszárazabb volt. Ezen eredményeik nem igazolták a kritikus tavasi időszak létét, így indokolható az 1. táblázat átdolgozásának szükségessége. Megjegyezzük azonban, hogy az adatok az ún. hagyományos csapadék adatokat tartalmazták és a télvégi hóolvadás hatását nem vettük figyelembe, ami közvetve szintén befolyásolja a pályaszerkezetet alátámasztó földmű teherbíróképességét. Mi azonban a behajlás méréseket május és december között végeztük, így ez a hatás nem befolyásolja az alábbi eredményeinket.

A 3. fejezetben bemutatottak szerint számos lehetőség áll rendelkezésre, ha a behajlási teknő segítségével a pályaszerkezet alatti rétegek teherbíró-képességére akarunk becsléseket megfogalmazni. Mi a vizsgálatok során a svéd összefüggést alkalmaztuk (4. egyenlet), amely terheléstől mért a 900 mm-re rögzített behajlás értékét használja fel. Figyelembe véve, hogy más összefüggések ezen a szenzoron mért értéket szintén használják, vagy az ezzel korreláló 1200 mm távolságban mért behajlást, ezért azt gondoljuk, hogy az így meghatározott összefüggések a földmű modulus és a megelőző csapadék adatok között más földmű modulus becslő képletek alkalmazása esetén is igazolhatóak lennének.

A 4. egyenlet segítségével forgalmi sávonként és keresztaszvénnyenként meghatároztuk a becsült földmű modulus értékeket. Ezt követően sávonként képeztük az adatok átlagát és szórását, majd az alábbi összefüggéssel határoztuk meg az adott sávra, adott időpontban jellemző mértékadó földmű modulusot.

$$E_m = E_{atl} - u * E_S \quad (5)$$

ahol,

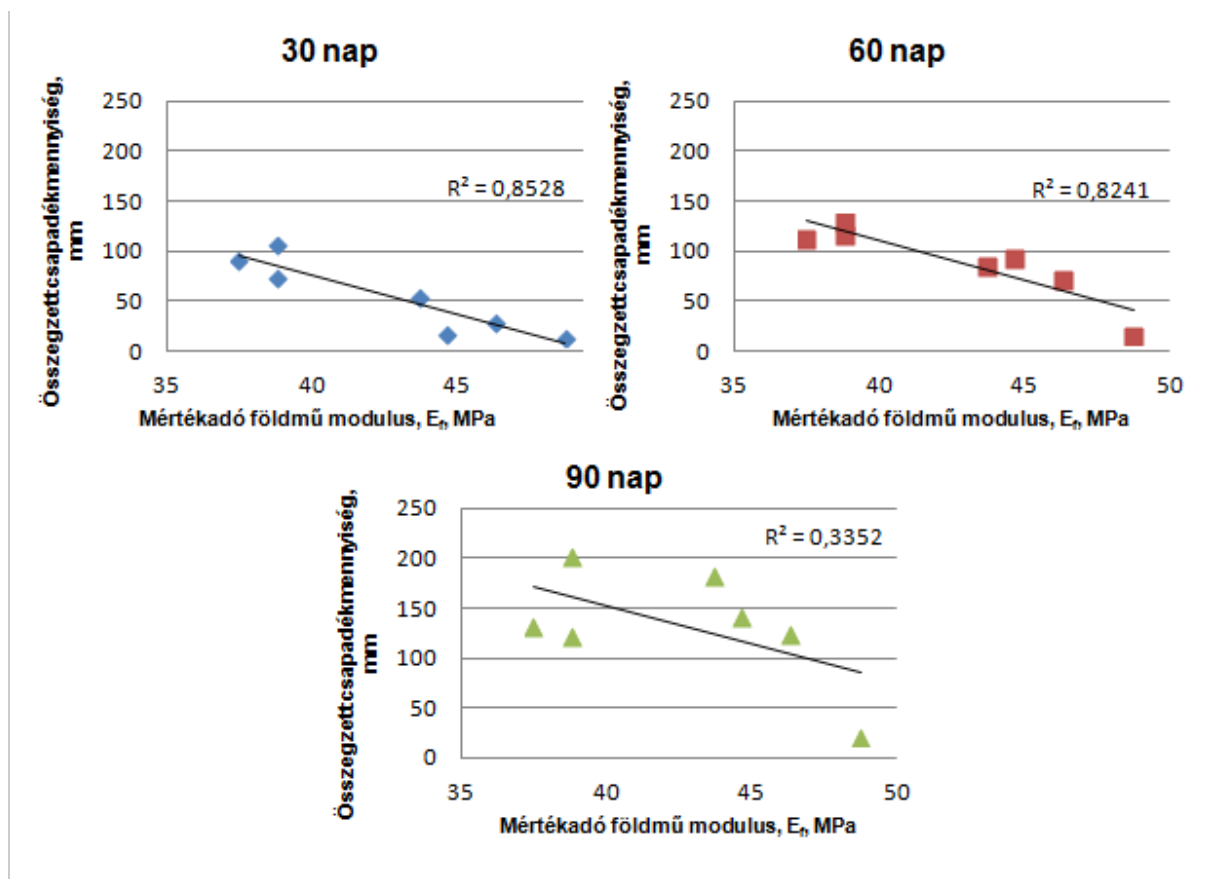
E_m - mértékadó modulus [MPa],

E_{atl} - mért modulusok számtani átlaga [MPa],

u - 95 %-os valószínűségi szint esetén 1,64,

E_S - modulusok szórása [-].

Ezt követően elvégeztük a mérést megelőző 30, 60 és 90 nap csapadék adatainak összegzését és vizsgáltuk az adatpárok közötti kapcsolat erősségét. Az alábbi ábrák a kapcsolat erősségét szemléltetik. Az előző sáv esetén a becsült földmű modulus mind a 30, mind a 60 napos csapadék mennyiséggel szoros korrelációt mutatott, a 90 napos értékek esetén ez a határozott kapcsolat már nem volt kimutatható.



3. ábra

Az előző sáv földmű modulusa és a csapadékmennyiség kapcsolata

A 30 napos csapadékmennyiség és földmű modulus kapcsolata az üzemi sáv esetén még szintén kimutatható volt, azonban a 60 és 90 napos adatok esetén már nem volt egyértelmű. A középső, haladó sáv esetén a kapcsolat már a 30 napos csapadék adatokkal sem volt kimutatható.

Az adataink szerint a behajlási teknő alapján meghatározható földmű modulus és a mérést megelőző napok összegzett csapadék mennyisége között csak bizonyos feltételek mellett mutatható ki szoros kapcsolatot. A 4. táblázat adatai a földmű modulus és a megelőző összegzett csapadék mennyiség adatok közötti korreláció erősségét mutatják (R²).

Időtartam/sáv	Előző sáv	Haladó sáv	Üzemi sáv
30 nap	0,85	0,21	0,64
60 nap	0,82	0,12	0,38
90 nap	0,34	0,00	0,08

4. táblázat

A földmű modulus és az összegzett csapadék közötti regressziós együttható

Az eredmények alapján látható, hogy mind a három sávban megfigyelhető tendencia volt, hogy a mérést megelőző 30 napos időszak esetén volt a legszorosabb kapcsolat, ami a 60 nap esetén romlott és a legkedvezőtlenebb értékek a 90 napos időszak esetén keletkeztek. Fontos megállapításnak tartjuk továbbá, hogy a legmagasabb korreláció az előzősáv esetén volt megfigyelhető, kisebb erősségű a kapcsolat a leálló (üzemi) sáv esetén. Mindkét sáv egyik burkolatszélével közvetlenül csatlakozik zöldfelülethez, ami értelemszerűen segíti a csapadék közvetlen bejutását ezen forgalmi sávok alá és segíti kifejteni annak kedvezőtlen hatását. A leálló sáv esetén ezt a burkolatszél- zöldsáv kapcsolatot befolyásolja a padka állapota, mérete, esésviszonyai, a rézsű felület, a töltés magasság, a meglévő vízvezető árok távolsága, stb. Véleményünk szerint ezen tényezők együttesen befolyásolják az üzemi sáv padka felüli elnedvesedését.

mértékét, ezáltal gyengébb korrelációt okozna a földmű modulus és a csapadékmennyiség között, mint az előzősáv esetén. A haladósáv helyzete e tekintetben speciális, hiszen közvetlenül nem érintkezik zöldfelülettel, ezáltal olyan kis mértékben reagál a mérést megelőző csapadékviszonyokra, hogy már a 30 napos összegzett csapadékmennyiséggel sem korrelál a becsült modulus. Ezen megállapítás jelentőségét növeli, hogy burkolat-megerősítés méretezés során ezen sáv forgalmi terhelését tekintjük mértékadónak, így ezen sávon mért behajlási értékek nem kellően kidolgozott korrekciókkal történő változtatása nem az évszaki hatást fogja korrigálni, sokkal inkább csak torzítja a teherbírási eredményeket.

4. Összegzés

A jelenleg érvényes magyar burkolat-megerősítési eljárás átdolgozás alatt áll és ennek kapcsán vizsgálat tárgyát képezte, hogy a behajlási eredmények ún. tavaszi értékre történő átszámítása történhet a konkrét hónapokhoz tartozó faktorokkal. A meteorológiai adatok és a felhalmozódott szakmai tapasztalatok azt mutatják, hogy ezen megközelítés torzító hatása jelentős is lehet.

Egy új megközelítés szerint a pályaszerkezet teherbíró-képességének évszaki ingadozását a mérést megelőző összegzett csapadék mennyiséggel lenne célszerű korrigálni, amely a földmű modulus befolyásolásán keresztül fejti ki hatását. Az ezzel kapcsolatos vizsgálatok azonban kistöltés magasságú, 2*1 sávós, jellemzően kislevegős alsórendű utakon történtek. Cikkünkben azt vizsgáltuk, hogy egy töltésen vezetett, jellemzően jól működő vízelvezetésű autópálya-szakasz esetén a javasolt korrekciók alkalmazhatók-e.

Eredményeink szerint azon elméleti megközelítés, hogy a megelőző összegzett csapadék mennyiség és a mértékadó földmű modulusok között szoros kapcsolat lehet, igazolható, bár vizsgálataink szerint a kapcsolat a 30 napos csapadékmennyiség esetén szorosabb, mint a tervezetben javasolt 60 napos esetben. A magas töltésen vezetett, többsávós pályák esetén azonban a vélelmezett vízmozgás másként alapul, mint azt az alsórendű utak viselkedése alapján vártuk. Javaslatunk szerint a javasolt korrekció gyorsforgalmi utak haladó sávjának méretezése során nem alkalmazható, ezekre külön korrekció dolgozandó ki.

5. Irodalom

Christiansen, A.S., Holst, M.L. & Baltzer, S.: Pavement Performance Models, Nordic Cooperation Program, Report No.2, 2010.

F. W. Jung: Numerical Deflection Basin Interpretation and temperature Adjustment in Non-Destructive Testing of Flexible Pavements, 1988

Ott Talvik, Andrus Aavik: Determination Of Limit Values For Fwd Deflection Basin Parameters (Sci, Bdi, Bci) For Pavement Condition Assessment. Proceedings of the XXVII International Baltic Road Conference August 24 – 26, 2009 Riga, Latvia

Per Ullidtz: Modelling Flexible Pavement Response and Performance, 1998

ÚT 2-1.202:2005 [e-UT 06.03.13] Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése

Adatok

Megjelent itt

4. szám
2014. ősz



Szerző

Tóth Csaba

Adjunktus, BME Út és Vasútépítési Tanszék.

Témakörök

Útépítés

Kulcsszavak

behajlás • csapadék • évszaki tényező • földmű modul

Befogadva

2014. december 18.

Hozzászólás

* Név

* Email

Honlap

Hozzászólás

Hozzászólás elküldése

Bejegyzések

Galéria

Impresszum

Interjúk

Könyvajánló

Nemzetközi szemle

Témakörök

