



58. ÉVFOLYAM  
10. SZÁM

# **KÖZÚTI ÉS MÉLYÉPÍTÉSI SZEMLE**

**2008. OKTÓBER**

FELELŐS KIADÓ:  
Kerékgyártó Attila *mb. főigazgató*

FELELŐS SZERKESZTŐ:  
Dr. Koren Csaba

SZERKESZTŐK  
Dr. Gulyás András  
Dr. Petőcz Mária  
Rétháti András  
Dr. Tóth-Szabó Zsuzsanna

CÍMLAPFOTÓ és  
A BORÍTÓ 2. OLDALÁN:  
Takács Viktor felvétele

KÖZÚTI ÉS MÉLYÉPÍTÉSI SZEMLE  
Alapította a Közlekedéstudományi  
Egyesület.  
A közlekedésépítési és mélyépítési  
szakterület mérnöki tudományos  
havi lapja.

HUNGARIAN REVUE OF ROADS  
AND CIVIL ENGINEERING  
INDEX: 25 572 ISSN: 1719 0702

KIADJA:  
Közlekedésfejlesztési  
Koordinációs Központ  
1024 Budapest, Lövház u. 39.

SZERKESZTŐSÉG:  
Széchenyi István Egyetem,  
UNIVERSITAS-Győr Nonprofit Kft.  
9026 Győr, Egyetem tér 1.  
Telefon: 96 503 452  
Fax: 96 503 451  
E-mail: koren@sze.hu, tothzs@sze.hu



# TARTALOM

DESIGN, NYOMDAI MUNKA,  
HIRDETÉSEK, ELŐFIZETÉS:

**Press GT Kft.**

1134 Budapest, Üteg u. 49.  
Telefon: 349-6135  
Fax: 452-0270;  
E-mail: info@pressgt.hu  
Internet: www.pressgt.hu  
Lapigazgató: Hollauer Tibor  
Hirdetési igazgató: Mező Gizi

A cikkekben szereplő megállapítások és adatok a szerzők véleményét és ismereteit fejezik ki és nem feltétlenül azonosak a szerkesztők véleményével és ismereteivel.

**KAROLINY MÁRTON**

Útpályaszerkezetek állapotfelvételének és megerősítésének néhány kérdése

**1**

**DR. GÁSPÁR LÁSZLÓ**

Útburkolatok keresztprofiljának jellemzése

**11**

**DR. LINDENBACH ÁGNES**

Stratégia az intelligens közlekedési rendszerek és szolgáltatások hazai fejlesztéséhez, II. rész

**18**

**ORBÁN ZOLTÁN**

Boltozott vasúti hidak szerkezeti viselkedésének modellezése és teherbírásának értékelése

**30**

**DR. TAKÁCS VIKTOR**

Útfásítások közlekedésbiztonsági kérdései

**36**

# ÚTPÁLYASZERKEZETEK ÁLLAPOT-FELVÉTELÉNEK ÉS MEGERŐSÍTÉSÉNEK NÉHÁNY KÉRDÉSE

KAROLINY MÁRTON<sup>1</sup>

## 1. ELŐZMÉNYEK, BEVEZETÉS

Az országos közúthálózat meglévő útpályaszerkezeteinek állapotát felelős források meglehetősen rosszra értékelik [1, 2]. Ugyanezt tapasztalhatjuk szubjektív módon, ha utazásaink során letérünk az örvendetesen gyarapodó gyorsforgalmi hálózatról. Nyilvánvaló, hogy belátható időn belül az úttájakok a gazdasági növekedés akadályává válhatnak. Gazdaságunk jelenlegi állapotában aligha várható, hogy a 70-es évek megerősítési-felújítási teljesítményéhez hasonló nagyságú forrásokat tud az ágazat rendelkezésére bocsátani. Ennek megfelelően erőfeszítéseinket a korlátos források hatékony felhasználására kell összpontosítani, hogy egységnyi ráfordításra minél nagyobb eredmény (megerősített felület, megnövekedett élettartam) jusson. Az alapkérdés az, hogy a jelenleg alkalmazott módszereink mennyire alkalmasak ezen hatékonysági követelmények érvényesítésére.

Nyilvánvaló, hogy ez a követelmény érvényre kell jusson mind az állapotfelvételben, ami az egyes útszakaszok megerősítési-felújítási programba kerülésének az alapja, továbbá a megerősítés technológiájának kiválasztásában és a konkrét méretezésben is. Írásomban azt kívánom igazolni, hogy a korszerű mechanikai módszerek alkalmazása mindkét területen reális lehetőséget nyújt objektív összehasonlításra és valós fizikai alapokon álló – a lehetséges technológiai spektrumot teljesen felölelő – méretezésre illetve ezen méretezés alapján gazdasági optimalizációra.

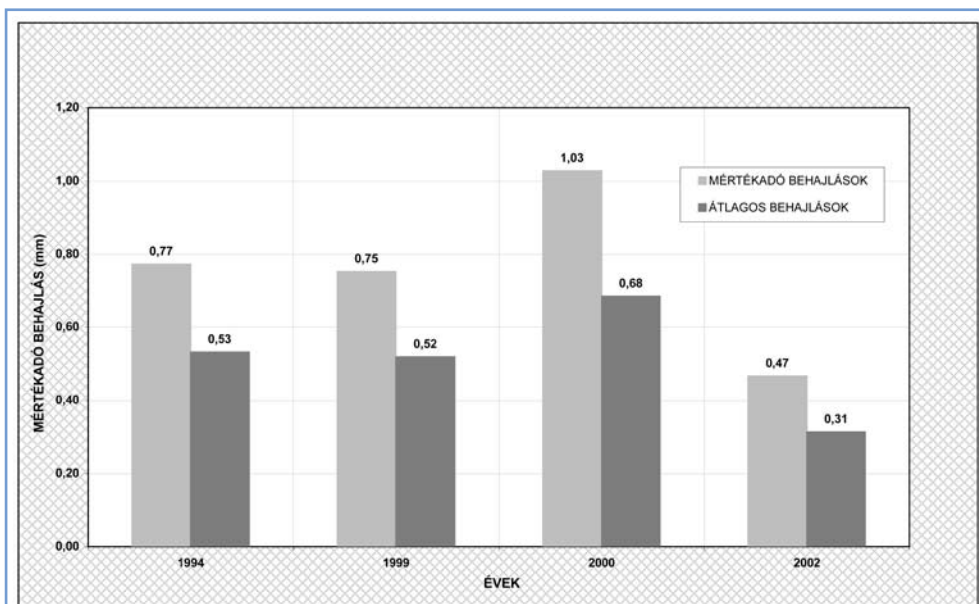
## 2. ESETANULMÁNY MEG-LÉVŐ PÁLYASZERKEZET ÁLLAPOTÉRTÉKELÉSÉHEZ

Jelenlegi gyakorlatunk a meglévő útpályaszerkezetek teherbírásának állapotértékelése során az aktuális behajlásérték megfelelőségét vizsgálja az aktuális nehéz forgalomhoz képest. Miután a forgalom a meglévő utakon viszonylag jól megállapítható és prognosztizálható, az állapotértékelés döntően a tapasztalt behajlásérték függvénye. Az 1. ábrán látható egy útszakasz különböző időpontokban mért behajlásadataiból meghatározott mértékadó behajlása. A mindössze nyolc évnyi időtartam alatt tapasztalt és számított mértékadó behajlások terjedelme a leg-

kisebb értéknek több, mint kétszerese. Az OKA-adatok tanúsága szerint a szakaszon 1999-ben történt burkolaterősítés, egyéb beavatkozás nem volt.

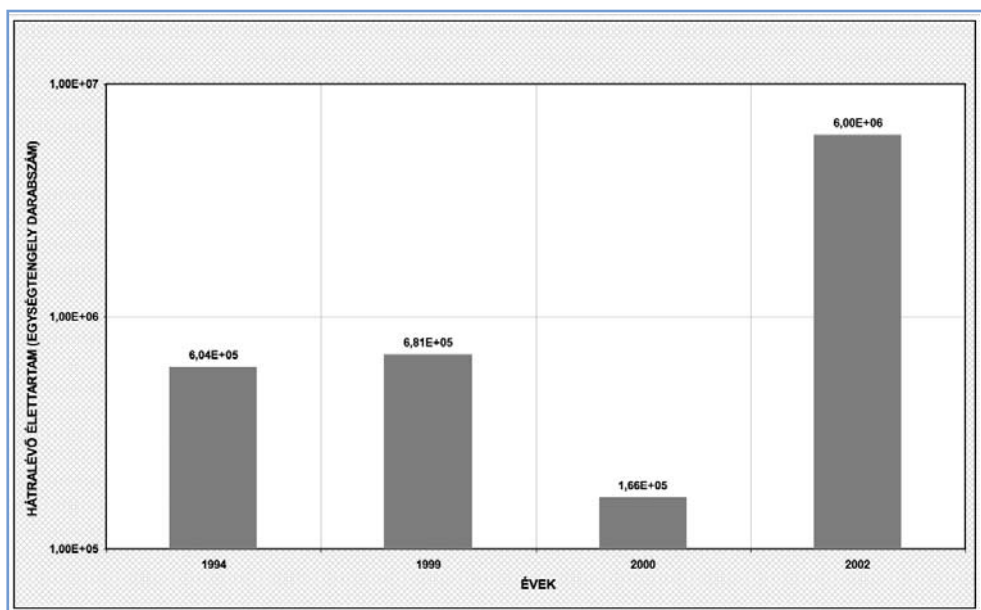
Állapotfelvételi gyakorlatunk a hátralévő élettartam meghatározásával operál, a 2. ábra tanúsága szerint ez az érték a megerősítés után nem változott, majd a következő évben az ötödére esett vissza, két év múlva közel negyvenszeres (!) növekedést mutat. Tegyük fel most, hogy a kérdéses útszakasz egy éves, vagy hosszabb megerősítési program sorolásában vesz részt. Az egyéb állapotparaméterek vizsgálata természetesen komoly alátámasztást adhat arra nézve, hogy a konkrét szakasz bekerüljön-e a „kiválasztottak” közé, de annak a függvényében, hogy *melyik év adatai* alapján készüljön a sorolás, esélyei nyilván alapvetően mások. Tételezzük fel most azt, hogy a szakasz már bekerült a konkrét programba és ekkor a kérdés a következő: *melyik mértékadó behajlásértéket* vegyük figyelembe a méretezésnél?

A fenti két példa vizsgálatánál megengedtük, hogy a döntést kimondónak „rendelkezésre álljon” az ábrákon látható idősor, konkrét gyakorlatunkban azonban az a realitás, hogy a döntéshozó többnyire csak egy év adatát látja, a döntés *hatékonysága* (pénzben mérve) ezek után nyilvánvalóan csak véletlenszerűen lehet jó. Természetesen tapasztalt és gondos szakember számára ez a probléma úgymond „kezelhető”. Azonban az esetek túl-



1. ábra: Mértékadó és átlagos behajlások értéke ugyanazon útszakaszon, különböző időpontokban

<sup>1</sup> Építőmérnök, ügyvezető igazgató, H-TPA Kft., e-mail: marton.karoliny@tpaqi.com



2. ábra: Hátralévő élettartam értéke ugyanazon útszakaszon, különböző időpontokban

szabb földmű indikátor területre mozdul el, majd ez 2002-re a jó tartományba vándorol. Azaz a központi behajlás által mutatott jelentős ingadozás a földműállapotok radikális változása miatt következett be. Nyilvánvaló, hogy mind a sorolás, mind a konkrét projekt tervezése, méretezése során a teljes állapotfelvételi idősor ismerete és információtartalmának megfelelő eszközökkel történő feldolgozása alapvetően más lehetőséget ad a feladatot végrehajtó szakembernek. Itt kell megjegyezni, hogy a hazai állapotfelvételi célú teherbírás-mérések már másfél évtizede FWD-technológiával történnek, azaz jelentős mennyiségű adat áll rendelkezésre, ami értékes információval bír a jövő feladatainál.

nyomó többségében a szerző álláspontja szerint ezt a „kezelést” nem teszi lehetővé részben az ilyen szakemberek hiánya, részben a döntéshozatali folyamat (közbeszerzés) időkorlátai. Ezen kívül ilyen esetekben nem zárható ki bizonyos mértékű szubjektivitás sem, hiszen a tapasztalat az átélt eseményeken alapszik, a közelmúlt 15-20 éve viszont valós megerősítések nagy tömegével nem dicsekedhet, ami ezt az átélést lehetővé teszi. A továbbiakban ugyanezen szakaszon mért behajlási teknő paramétereinek segítségével bemutatjuk, milyen objektív lehetőségeket ad ezen teknőparaméterek kiértékelésén alapuló állapotfelvételi technológia. Az FWD- készülék képes a teljes behajlási teknő süllyedéseit felvenni, ezen teknőparaméterek alapján számos kiértékelési módszer született, jelen esetben Jendia [3] módszerét használjuk.

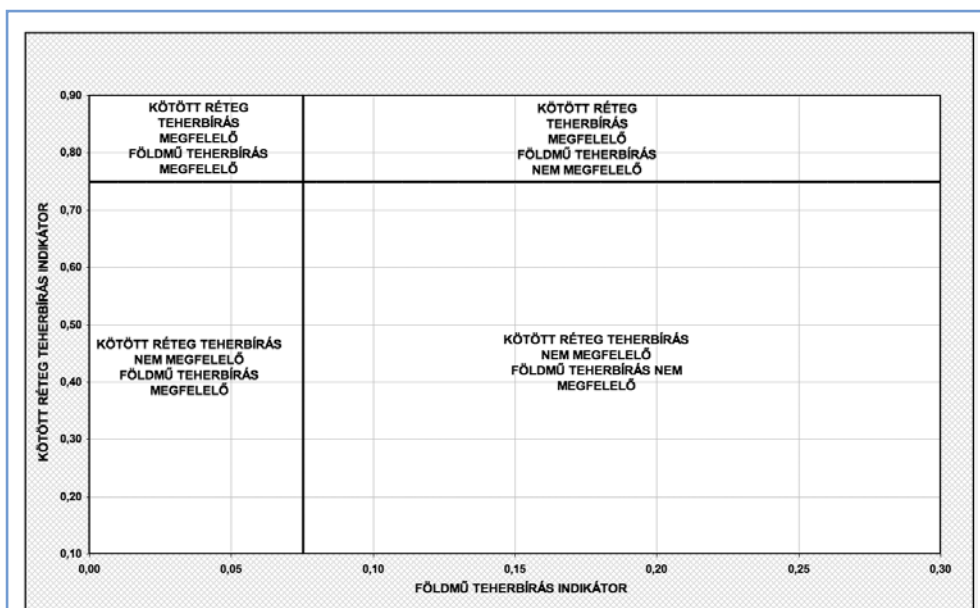
A kiértékelés sémája a 3. ábrán látható, a teknőparaméterekből Jendia két indikátort képez, az egyik a kötött (kohézióval rendelkező) pályaszerkezeti rétegekre, a másik az ezek alatt elhelyezkedő rétegekre (szemcsés rétegek + földmű) vonatkozik, tehát a pályaszerkezetet mint kétrétegű rendszert vizsgálja.

A 4. ábrán a vizsgált négy évet egy-egy pontfelhő jellemzi, amelyek mozgása az első évtől számítva jól felfedezhető tendenciát mutat. Az 1999. évi adatok földmű indikátor szerint lényegében helyben maradnak, kissé felfelé elmozdulva, ami a megerősítés kötött réteg indikátorra való hatását mutatja.

A 2000. évre ez a pontfelhő határozottan jobbra, a rossz-

### 3. KORSZERŰ MECHANIKAI MÓDSZEREK

A „korszerű mechanikai módszerek” kifejezés újabban egyfajta jelmondattá vált a hazai szakmai publikációkban. Nem kívánok, nem is lehet definíciót alkotni ezen kifejezés tartalmára nézve, ezért inkább egy rövid áttekintést szeretnék adni azokról az eredményekről, amelyeket ezen módszerek alkalmazása nyújt. Lényegében azokat a módszereket, eljárásokat lehet ebbe a csoportba tartozónak tekinteni, amelyek a pályaszerkezetet mint teherhordó szerkezetet fogják fel és a szilárdságtan elvei alapján feszültségeket és/vagy deformációkat mérnek, illetve számítanak, és ezek alapján vonnak le következtetéseket a meglévő szerkezet állapotáról, illetve méretezés esetén a szükséges geometriai és anyagi tulajdonságokat ezek alapján határozzák meg. Mindenképpen megjegyzendő, hogy azon elméleti alapok nagy



3. ábra: Jendia állapotértékelési módszere

része, amelyekre ezen eljárások többsége támaszkodik, már sok évtizede ismeretesek az építőmérnökök számára, így például Boussinesque egyenletei, Ode-mark és Ivanov eredményei, Burmister megoldásai a többretegű rendszerek erőjátékára stb.

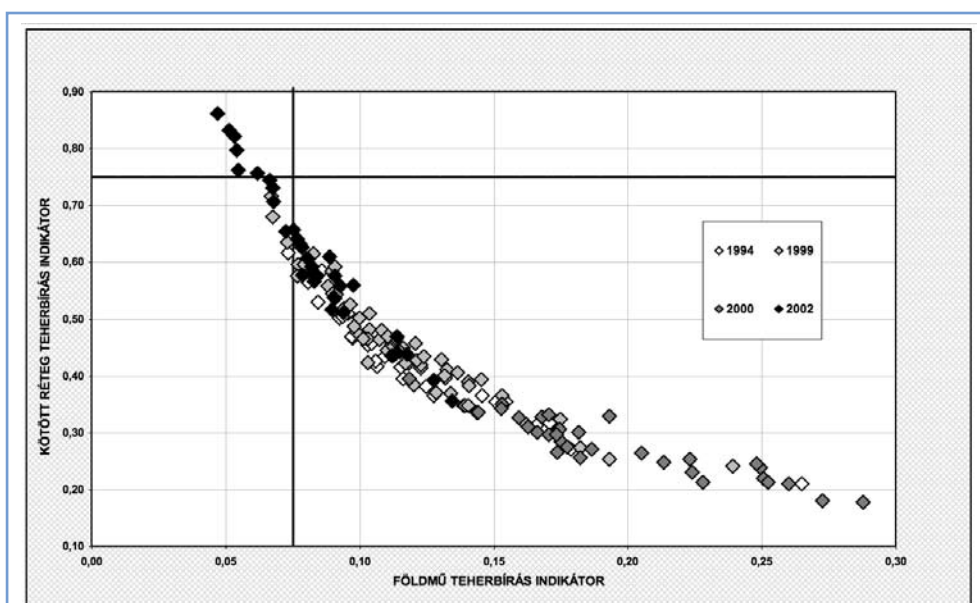
Ami ezen viszonylag régebbi eredmények gyakorlati alkalmazását lehetővé tette, az a mikroelektronika technológiai forradalma, egyrészt a számítástechnikai alapokat megteremtésével, másrészt a mérés-technikát tette képessé a nagyon rövid ideig tapasztalható nagyon kis mértékű és tudatosan kiváltott deformációk kellően pontos rögzítésére. Ez utóbbi teszi lehetővé a mérnöki gyakorlat anyagaira vonatkozó egyre pontosabb és megbízhatóbb anyag törvények validálását. A világ fejlett térségeiben hatalmas erőfeszítések történnek az új lehetőségek adta potenciálok kihasználására.

Ezek nem öncélú fejlesztések, hanem a nálunk sokkal gazdagabb országokban is teret nyert felismerés eredményei: a pályaszerkezet-gazdálkodásban is növelni kell a hatékonyságot, mert a források ott is korlátosakká válnak.

Illusztrációként néhány jellemző terület, néhány hivatkozással, ami a szerző szándéka szerint lehetőséget ad az érdeklődőknek:

- Teljesen új terület a *szimulált* modellek használata, ahol pl. sok ezer különböző pályaszerkezet számítógépes méretezésének adataiból adatbázisok és/vagy regressziós összefüggések hozhatók létre. Ide tartoznak a már korábban hivatkozott Jendia [3] kutatásai, egy másik, szintén állapotfelvelettel és -értékelési célú munka (Hothan, Schaefer [4]), valamint egy nagy jelentőségű hollandiai fejlesztés (van Gurp és mások [6]). Ez a felfogás a hazai körökben is megjelent: a (TLI Zrt. munkacsoport [7], illetve (Pethő [8]) alatti munkák szimulált modelleket (is) használtak.
- Az állapotfelvelet területén az FWD technológiája révén a klaszszikus teknőfelvételen túl a pályaszerkezeti rétegek reológiai tulajdonságainak meghatározásával közvetlen kapcsolat teremthető az egyre jobban fejlődő anyag törvény-kutatásokkal (Scarpas és mások [9])
- Az anyagvizsgálatok területén két főirányt lehet példaként felhozni, az egyik a pályaszerkezeti anyagok viselkedési tulajdonságainak *egyszerű* eszközökkel történő meghatározása, gazdasági és adatgyűjtési okokból (Medani, Molenaar [10], Leuthner, Wellner [11], Gajári [12]), valamint meghatározó kutatások folynak a különböző anyagok viselkedését egyre pontosabban leíró anyag törvények meghatározására, pl. [13].

Különös és a szerző számára logikus érvekkel megmagyarázhatatlan az az idegenkedés, ami a „korszerű mechanikai módszerek” jelmondat gyakori ismételtetése *mellett* szakmánkban megnyilvánul ezen módszerek konkrét *alkalmazásával* szemben. Kétségtelen az, hogy elsajátításukhoz sokat kell tanulni, de ez ma minden szakterületen így van, az alkalmazott tudományok fejlődése állandóan felülírja meglévő tudásunkat.



4. ábra: Állapotértékelés Jendia módszerével

A cikk témája nem teszi lehetővé a kérdés taglalását, de feltűnőnek tartom pl. az FWD alkalmazásával szembeni ellenállást (Tóth [14]).

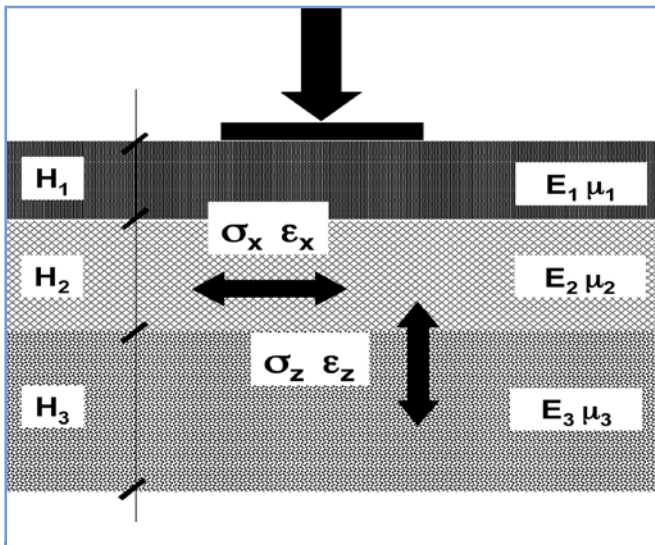
A szakmánk alapjait jelentő geodéziában a lézertechnológia vilámgyorsan átment a gyakorlatba, mert gyorsabb, pontosabb, gazdaságosabb stb. Az ugyanezen tulajdonságokkal rendelkező (és a bevezető esettanulmányban igazolt módon információgazdagabb) dinamikus teherbírásmérés lehetőségeinek mellőzése (miközben állapotfelveletre már hosszabb ideje használjuk) semmiféle józan érveléssel nem igazolható.

#### 4. ÚTPÁLYASZERKEZETEK IGÉNYBEVÉTELEI A MECHANIKAI ALAPÚ MÉRTEZÉSBEN

Az útpálya szerkezeteinek elhasználódását – tönkremenetelét – a forgalmi és meteorológiai terhelések (hatások) következtében keletkező feszültségek és/vagy alakváltozások okozzák. A tönkremenetel gyakorlatilag minden esetben az ismétlődő terhelés hatására történik, tehát a megengedett feszültségek és/vagy alakváltozások mértéke az anyag fáradási tulajdonságaival is összefügg. A mechanikai módszerek alkalmazása során az igénybevételeket általában a Burmister által kidolgozott többretegű rendszerekre vonatkozó differenciálegyenletek aktuális viszonyok közötti megoldásával lehet meghatározni. Ezek konkrét számítására többnyire valamilyen „konzerv” szoftvert használnak (SHELL-BISAR, ALIZEE stb.).

Ezen eljárások mechanikai modelljét új pályaszerkezet esetén az 5. ábra mutatja.

Adottnak (előre felveendőnek) tekintjük a rétegek számát, a rétegek geometriai méretét (vastagságát,  $H_n$ ), rugalmassági modulusát (Young-modulus,  $E_n$ ) illetve Poisson-tényezőjét ( $\mu_n$ ). Ezeket, továbbá a terhelési adatokat inputként alkalmazva a különböző szoftverekben lehetséges az igénybevételek (feszültségek:  $\sigma_x, \sigma_z$ ; illetve megnyúlások:  $\epsilon_x, \epsilon_z$ ) meghatározása. Megjegyzendő még, hogy a fejlettebb szoftverek képesek kezelni az egyes rétegek közötti kapcsolat (tapadás) jellegét és mértékét, ezáltal a valósághoz elvileg közelebb álló eredményeket lehet kapni. A mértékadó igénybevételek helye a kohézióval rendelkező anyagok esetében

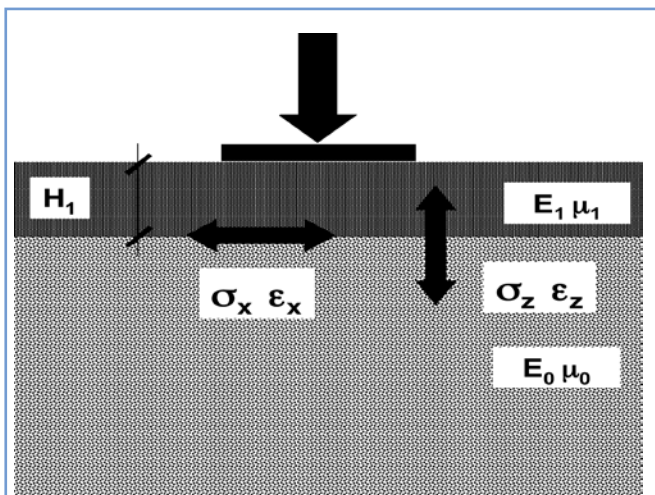


5. ábra: Új pályaszerkezet mechanikai modellje

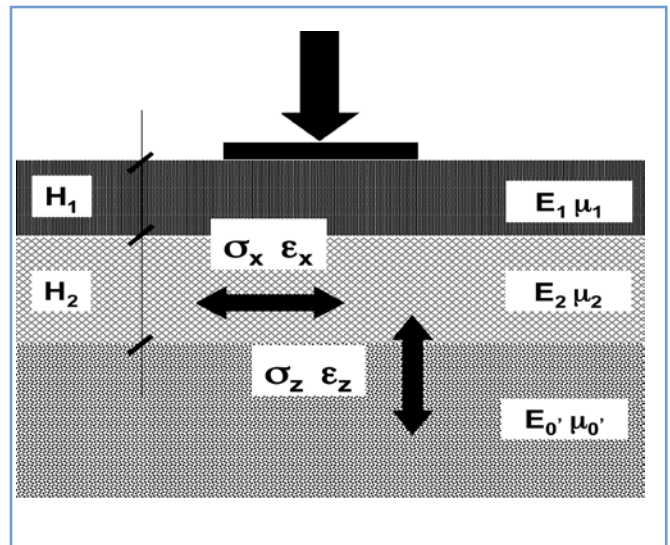
a réteg alsó szála, kohézióval nem rendelkező anyagok esetében (szemcsés rétegek és földmű) a réteg teteje. A pályaszerkezeteket alkotó különböző anyagoknál a határ-igénybevételként az adott anyagnak a *fáradási szempontból* értelmezhető igénybevételét:

- aszfaltkeveréknél a megnyúlást
  - hidraulikusan kötött anyagnál a feszültséget
  - szemcsés anyagnál és földműnél az összenyomódást
- széles körű nemzetközi szakmai egyetértéssel fogadták el

A konkrét értékeket fárasztóvizsgálatokkal lehet megállapítani, amelyek során – több terhelési szinten felvéve a tönkremenelt okozó igénybevételt (feszültséget, megnyúlást) – meghatározhatjuk az anyagra vonatkozó Wöhler-görbét, és ebből a méretezéshez szükséges terhelésméltési számmal (mértékadó tengelyáthaladásnál) leolvasható a határ-igénybevétel nagysága. Pályaszerkezet-megerősítés esetében a meglévő pályaszerkezetet az esetek jelentős részében (de nem minden esetben) az egyenértékű modulusával lehet jellemezni (lásd 6. ábra), a feladat végrehajtása ezek után az új pályaszerkezetekéhez hasonló módon hajtható végre.



6. ábra: Pályaszerkezet megerősítés mechanikai modellje



7. ábra: Remix technológiát is használó pályaszerkezet-megerősítés mechanikai modellje

A helyszíni újrahasznosítási eljárások (remix) esetében a 7. ábra szerinti a mechanikai modell. Itt az a specialitás, hogy a meglévő pálya egy része tervezett vastagságban átalakításra kerül, aminek eredményeként más szilárdságtani és fáradási tulajdonsággal rendelkezik.

Ennek kapcsán megoldandó az a feladat, hogy a tervezett vastagságban átalakított réteg *alatt* milyen teherbírás várható. A központos behajlás adataiból ez nem határozható meg, a gyakorlat számára általában elegendő, hogy a Boussinesque-egyenletek felhasználásával az átalakítás mélységében érvényes felületi modulus kiszámítjuk, de ehhez kell a behajlási teknő felvétele is. Mindezek a felsoroltak megadják az elvi és gyakorlati lehetőséget a konkrét méretezés végrehajtására. Meg kell ugyanakkor mondani, hogy a méretező szoftverek nem igazán felhasználóbarátok, azaz sok keresztmetszet méretezése meglehetősen fárasztó munka. A továbbiakban a szerző igyekszik bemutatni, hogy léteznek a gyakorlat számára jól alkalmazható, leegyszerűsített módszerek is.

## 5. FÉLMEREV PÁLYASZERKEZETEK IGÉNYBEVÉTELEI

A félmerev pályaszerkezetek állapotfelvételi és (megerősítés) méretezési gyakorlata ellentmondásos.

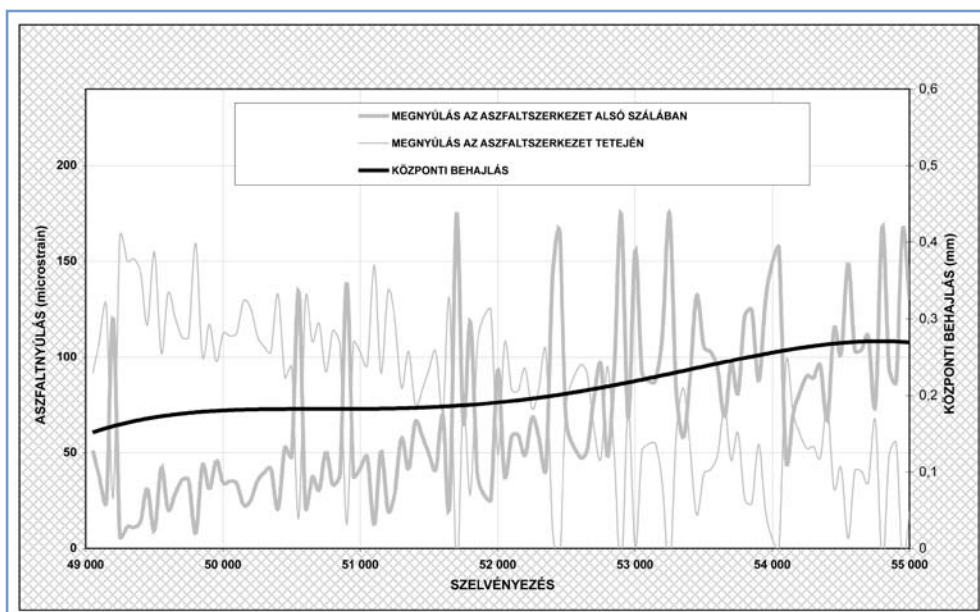
Az ellentmondást érvényes méretezési utasításunk [5] a következőképpen írja le: „Főként autópályák, gyorsforgalmi utak elhasználdott félmerev pályaszerkezeteinél, és nagy forgalmú városi utak beton alapréteggű szerkezeteinél fordul elő, hogy a mértékadó behajlás igen kicsi, a burkolat azonban az élettartam végén már fáradási repedéseket mutat.”

Praktikusan nézve ez önmagában nagyon erős bizonyíték arra, hogy a központi behajlásérték nem alkalmas a teherbírasi állapot megítélésére. Gyakorlatunk ugyanakkor egyrészt mégis ezen adatok alapján *értékel*, másrészt a felújítás/megerősítés méretezésénél vagy mégis a behajlás alapján „becsül”, vagy az ún. „összehasonlító” módszert alkalmazza, ami (általában) riasztóan nagy szükséges aszfaltvastagságokat igényel. (Nem kívánok részletekbe bocsátkozni, csak jelzem, hogy a kétféle módszer eredményei elvi szilárdságtani szempontból nézve nem vethetők össze. Ugyanis míg a behajlásos méretezés bizonyos mennyiségű repedést „megengedve” lényegében *törési határlapra* méretez, addig az összehasonlító méretezés a típus pályaszerkezetek alapul vételével a *rugalmas határállapotot* veszi figyelembe.

A kettő között legalább annyi a különbség, mint a vasbeton szerkezetek esetében az első illetve második feszültségállapot között.) A méretező szoftverek felhasználásával nyert regressziós összefüggések létrehozására irányult kiterjedt kutatások [6] alapján számítottuk ki egy hazai mérőssor adataiból a 8. ábrán lévő adatokat.

A 8. ábrán jól látható, hogy az aszfaltszerkezet tetején keletkező megnyúlások nagysága sok helyen eléri az aszfaltszerkezet alsó szálában keletkező megnyúlás értékeit. Az is jól látható, hogy a másodlagos y tengelyen skálázott központi behajlás értéke rendkívül alacsony, gyakorlatilag sehol sem éri el a méretezési utasításban szereplő méretező grafikonon szereplő legalacsonyabb megengedett behajlás értékét. Megjegyzendő, hogy a használt regressziós összefüggés nem a reflexiós repedések miatti többlet igénybevételre alapszik, ezek a nyúlások az abroncsok alatti összetett feszültségeloszlás eredményei; főleg a vízszintes nyírófeszültségek fontosak. Ezeket nem a fékezés okozza, hanem az a tény, hogy az abroncs a terhelés alatt vízszintesen nem tud szabadon tágulni, a súrlódási erő miatt.

A megnyúlások kapcsolatát a mérhető (illetve a tervezés során előre számítható) teknőparaméterekkel a 9. ábra mutatja. A diagram nem csak a konkrét félmerev pályaszerkezetre vonatkozik, hanem általánosabb érvényű. Tanulmányozva felfedezhető az a tendencia, hogy az aszfaltréteg két határoló felületén keletkező megnyúlások az  $SCI_{300}$ -értékek (a központi és a 300 mm távolságban lévő deflektió különbsége) függvényében ellentétes irányban növekednek. Ezt egyrészt fel lehet használni az alacsony  $SCI_{300}$ -értékkel rendelkező pályaszerkezetek esetében a felső aszfaltréteg fáradási méretezésére, másrészt nem



8. ábra: Aszfaltnyúlások félmerev pályaszerkezetben

kellően ismert pályaszerkezet vizsgálata esetében a jelenlegihez képest objektívebb képet tud adni.

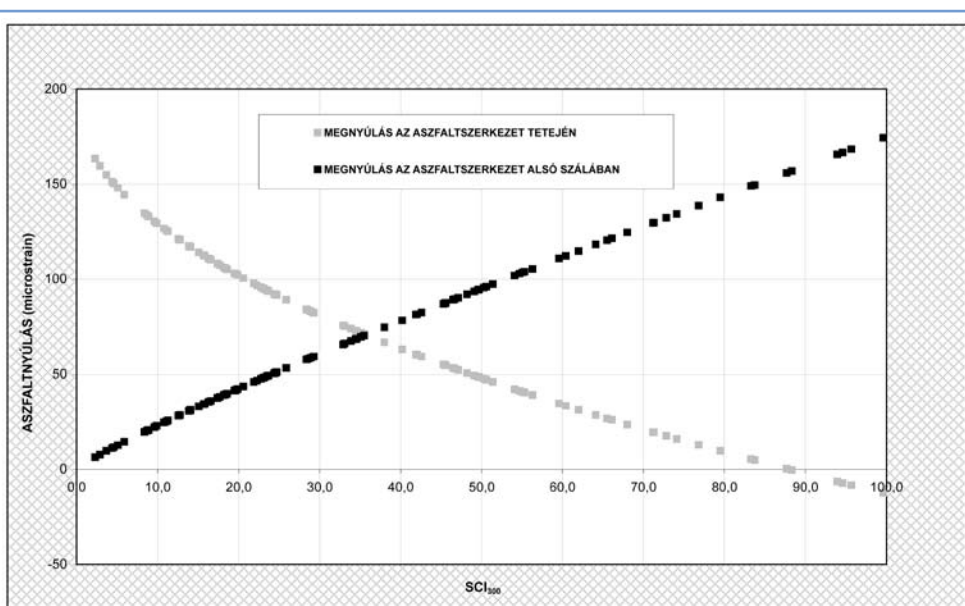
A két diagram adatai alapján nyilvánvaló, hogy jelenlegi gyakorlatunk nem képes a valós fizikai kép bemutatására, következésképpen hatékony tervezési-megerősítési technológia megtervezésére.

## 6. PÁLYASZERKEZET-MEGERŐSÍTÉS MÉRETEZÉSE KÜLÖNBÖZŐ TULAJDONSÁGÚ ASZFALTKEVERÉKEKKEL

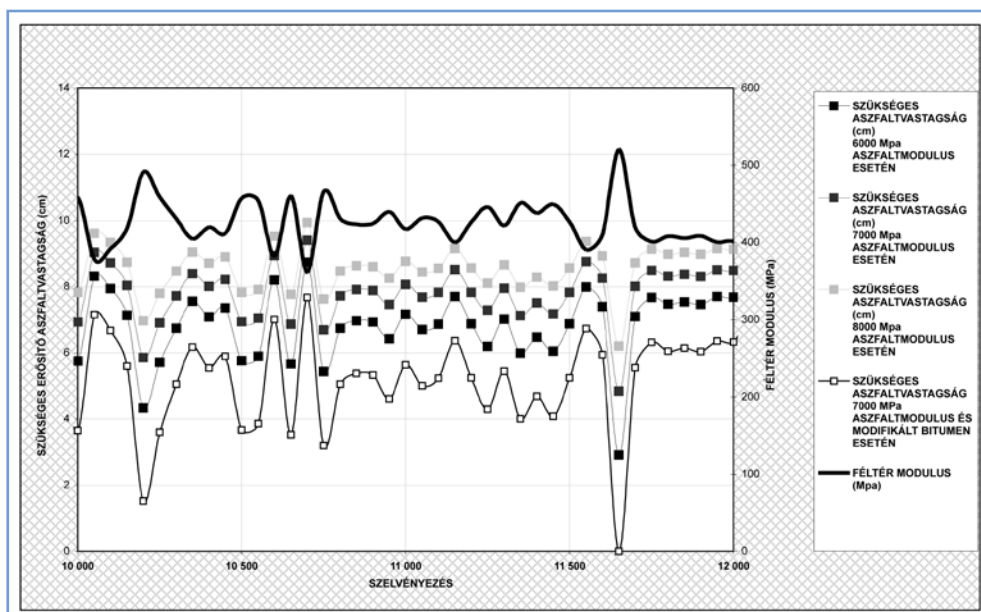
A behajlásmérésen alapuló megerősítési méretezés – mint ismeretes – a behajlás korlátozásán alapul.

Az eddigiek elég meggyőzően bemutatták, hogy a behajlás nem kielégítő mutatója az útpályaszerkezet teherbírásának, ezért a megerősítésben is más utakat kell keresni. Jelenlegi eljárásunk másik hiányossága, hogy lényegében egyfajta merevségi tulajdonságú aszfaltkeveréket „ismer” és a különböző fáradási tulajdonságú keverékeket nem tudja megkülönböztetni. Ez ismételtelen a hatékonyság rovására megy, hiszen a fejlett módszerekkel meghatározható aszfaltkeverék-tulajdonságok így kihasználatlanul maradnak. A negyedik pont alatt röviden ismertettük azokat a lehetőségeket, amivel egy út-pályaszerkezeti keresztmetszet méretezése szilárdságtani elven, korrekt módon végrehajtható.

Egy új út esetében annyi keresztmetszetet kell méretezni, amennyit a forgalmi (esetleg a meteorológiai) igénybevételek indokolnak, mindenesetre ezek számossága csekély, normál esetben egy. A meglévő útpálya-



9. ábra: Aszfaltnyúlások és a mért teknőparaméter összefüggése félmerev pályaszerkezet esetében



10. ábra: Szükséges erősítő aszfaltvastagságok különböző aszfalttulajdonságok esetében

szerkezetek esetében az a probléma, hogy az egyik legfontosabb input, a meglévő pályaszerkezet teherbírását jellemző paraméter (pl. felületi modulus) pontról pontra változik.

Emiatt a megbízhatósági és a hatékonysági (ráfördítési) szempontok között kell megfelelő kompromisszumot kialakítani. Meg kívánom jegyezni, hogy a hazánkban alkalmazott, illetve mintegy „kulturális hagyományként” kialakult biztonsági tényezők (explicit illetve implicit formában) jellemzően felülmúlják a fejlett ipari államokban kialakult szintet, nem mindig igazán indokolható mértékben, ami gyakran okoz indokolatlan ráfordításokat.

A konkrét problémára visszatérve, a megerősítés esetén célszerű a méretezést pontról pontra elvégezni, majd a szükséges biztonsági és hatékonysági követelmények között a kompromisszumot létrehozni.

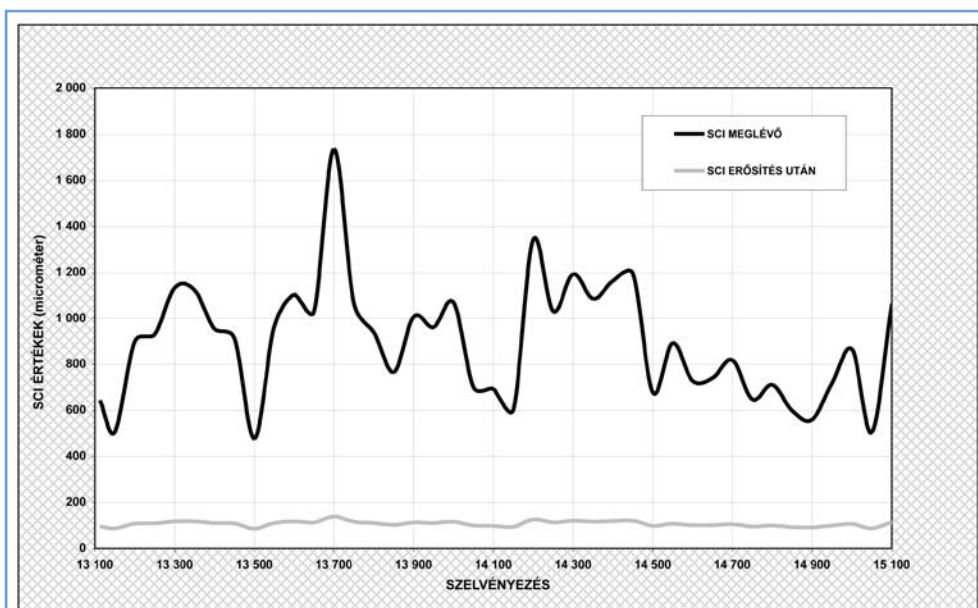
Megjegyzendő, hogy a hazai kutatásokban ez a felismerés már korábban megjelent és pl. Adorjányi [15] munkája ennek megfelelően készült. A 10. ábra egy ehhez hasonló, saját fejlesztésű segédsoftverrel készült, a cél az ábrázolásban a különböző aszfalttulajdonságok miatt jelentkező különbségek bemutatása volt. A diagram tanulmányozva, mindenekelőtt az egyes helyeken tapasztalható jelentős különbségek a feltűnőek, ami a minden ponton történő méretezésnél nagyon plasztikus, ellentétben jelenlegi gyakorlatunk meglehetősen laza kritérium szerint képzett homogén szakaszaival. Mind-ez ezen megoldással a képzett és gyakorlott tervező kezében egyrészt biztonságot javítja, másrészt lehetőséget teremt a hatékonyság fokozására. A kö-

vetelő, ami feltűnő, a különböző modulusú, hagyományos kötőanyagú aszfaltkeverékek közötti különbség. A magas modulus ugyan csökkenti a keletkező megnyúlást, de a magasabb modulusú (hagyományos kötőanyagú) aszfaltkeverékek fáradási tulajdonságai – az ábrán természetesen ez is figyelembe van véve – a keletkező előnyt lerontják. Ezek a számítások az érvényes hazai típus pályaszerkezetek kifejlesztése során használt modulus és fáradási tulajdonság meghatározására szolgáló regressziókon alapulnak (Nemesdy [16]), az azóta szerzett aszfaltmechanikai vizsgálatok tapasztalatai ezt a tendenciát alátámasztják. Talán a legfeltűnőbb azonban az, hogy a jó fáradási tulajdonságot adó modifikált bitumennek használatának milyen nagy

előnye. Ez az aszfaltmennyiségben keletkező (gazdasági) előny jelentős része megmarad a nyilvánvalóan költségesebb kötőanyag használata esetén.

## 7. ERŐSÍTÉSMÉRETEZÉSI LEHETŐSÉGEK FWD-ADATOK ALKALMAZÁSÁVAL

Mindazonáltal, főleg a 2. pontban a központi behajlás labilitásával kapcsolatos tanulságokat figyelembe vesszük, meggondolandó a központi behajlásból származó felületi modulus, mint a meglévő pályaszerkezet teherbírását reprezentáló paraméter használata.



11. ábra: Megerősítés előtt mért és a megerősítés terve alapján számított SCI-értékek

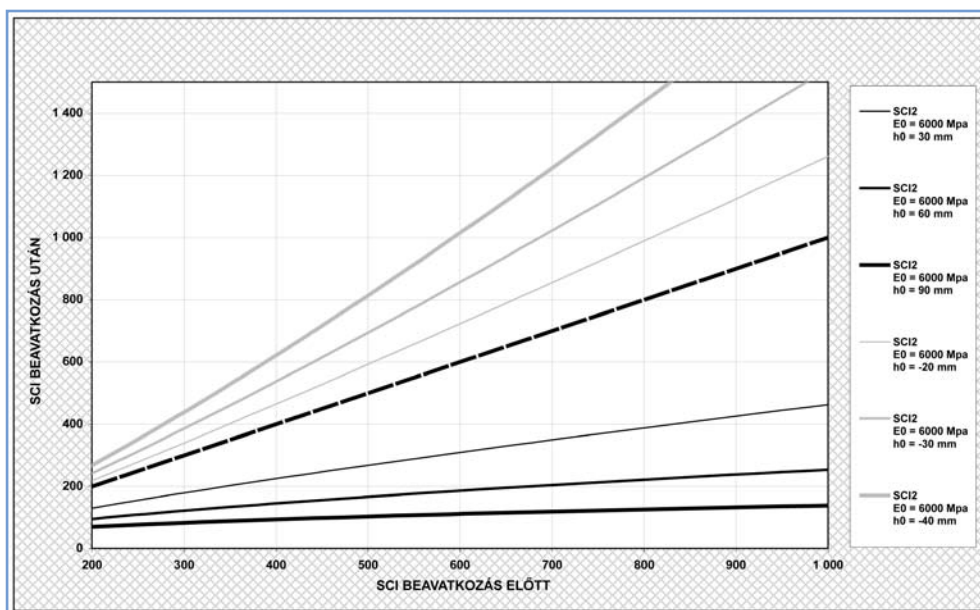


Megfontolandó, már csak azért is, mert a hatékonysági követelmény minimálisan is megköveteli, hogy egy projekt befejezésével meg lehessen határozni a célérés mértékét, azaz a teherbírás tervezett növekedését ellenőrizni lehessen.

Ahogy azt a 2. pontban láttuk, a központi behajlás legalábbis bizonytalan értékeket eredményez és *semmiképpen nem alkalmas* pl. jogi konzekvenciákat is tartalmazó felelősségi kérdések megfelelő kezelésére. Molenaar [17] kutatásai, amit azóta már a gyakorlatban is igazoltak, egy, a teknőparaméterek erősítés hatására történő változására alapozott lehetőséget adnak, amit a 11. ábra mutat be.

Az eljárás a meglévő SCI-értékekből indul ki és az erősítőréteg modulusának és vastagságának függvényében képes számítani az erősítés utáni SCI-értéket. Nagy előnye az eljárásnak, hogy a fejlett matematikai apparátussal megállapított regresszió jó becslést képes adni az erősítés utáni SCI-érték szórásnégyzetére, a modulus- és vastagságingadozásokat is figyelembe véve, azaz a sztochasztikus méretezésre, a biztonság árnyaltabb megközelítésére ad lehetőséget. Mindebből az is látható, hogy ez a módszer a célérés kritériumának megállapítását is lehetővé teszi, amit akár szerződéses követelményként is előírhatunk egy, a viselkedési tulajdonságokat is rögzítő feltételrendszerben.

Mint azt a 5. pontban láttuk, a meglévő SCI-értékekből számítható a keletkező megnyúlás, azaz a fáradási méretezés is végrehajtható. Az eljárásban egyéb, a hatékonyság növelését szolgáló lehetőség is rejlik.

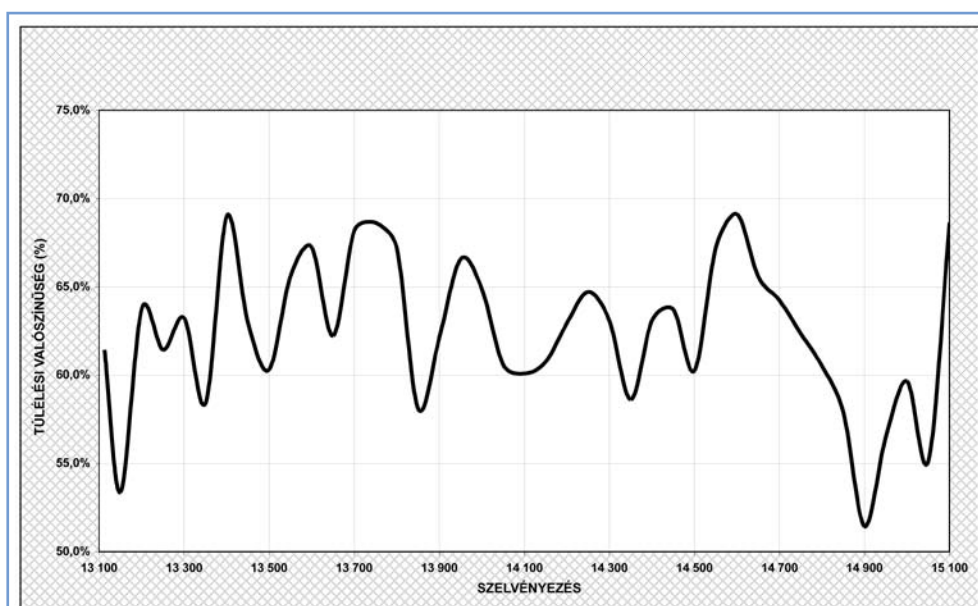


12. ábra: SCI-változás különböző beavatkozások hatására

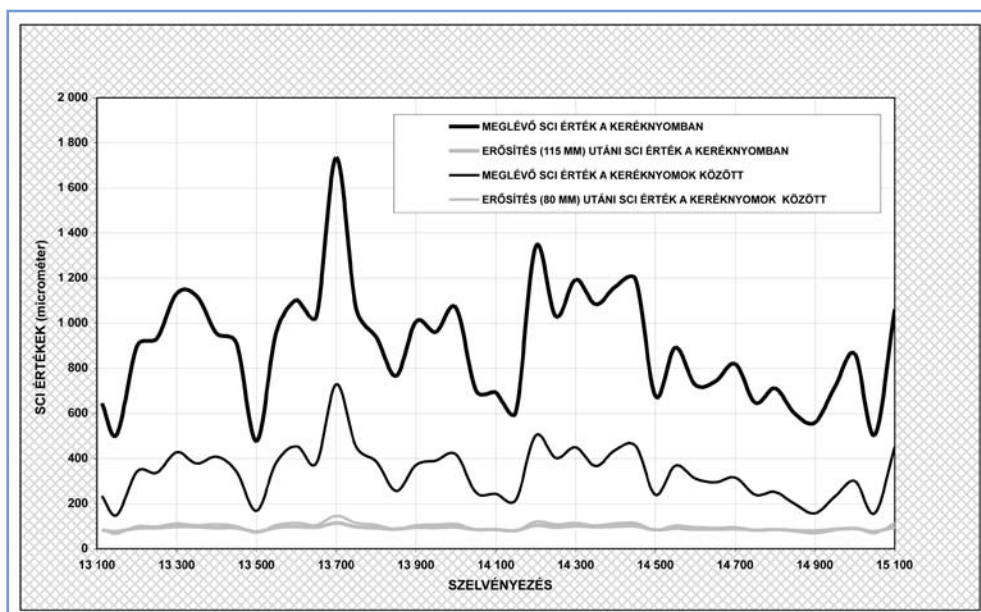
A 12. ábrán a regressziót egy, a gyakorlatban hazánkban is alkalmazott, de a méretezésben eljárásaink korlátai miatt figyelembe nem vett megoldásra is alkalmaztuk, arra az esetre, amikor a meglévő útpályából marással valamilyen ok miatt egy részt eltávolítunk. Jól látható, hogy a regresszió igen hatásosan képes modellezni az SCI-értékek változását (növekedését) ebben az esetben is.

A diagram tendenciái egyrészt felhívják a figyelmet arra, hogy a vékony kötött rétegek felújítás-megerősítés előtti eltávolításának, ami hazánkban különösen gyakori, súlyos méretezési (élettartam) következményei lehetnek, másrészt lehetőséget adnak a felújítási-megerősítési technológiai repertoár (választék) kiterjesztésére.

Azokban az esetekben, amikor geometriai (és ebből következően gazdasági, hatékonysági) okok miatt nem célszerű a ráépítéssel történő erősítés alkalmazása, érvényes előírásaink alapján nem vagyunk képesek méretezni. Egy nagyon jelentős felújításnál [18] megoldást kellett találni arra az esetre, amikor egy autópálya haladósávja már felújításra érett volt, de az előzősáv állapota nem tette szükségessé a szerkezet vastagítását. Tapasztalati alapon természetesen el lehet jutni valamilyen megoldáshoz, de amikor a megbízó – egyébként indokolatlan – hosszabb távú megfelelő viselkedést vár el (és szerződéses biztosítékokkal ki is kényszeríti), a felelőség vállalása pusztán a józan ész alapján nem célszerű, illetve a kikényszerítés *jogilag* lehet korrekt, de *szakmailag* aligha etikus. Visszatérve a technológiai választék kiterjesztéséhez, nézzünk egy, úgyszintén a [16] alatti szakirodalomból vehető állapotértékelési megoldást.



13. ábra: Meglévő útszakasz pályaszerkezetének értékelése az ép, illetve a károsodott helyeken mért SCI-értékek alapján



14. ábra: Megerősítés előtt mért és a megerősítés terve alapján számított SCI-értékek keresztmetszetben különböző vastagságú megerősítés esetén

Az SCI-értékeket lehet regisztrálni az általában jobban károsodott keréknyomban, de meg lehet mérni a keréknyomok között is, ahol átlagos esetben nem kap forgalmi terhelést. (Megjegyzendő, hogy egyes FWD-készülékek eleve alkalmaznak laterális szenzort, ezáltal ezt a mérést egy mérési ütemben is el lehet végezni). A két SCI-értékből képezhető egy, a károsodott pályaszerkezeti rész „túlélési valószínűségét” mutató faktor.

A 13. ábrán látható, hogy a feldolgozott útszakasz egyes szelvényekben már jelentősen megközelíti az elfogadható 50%-os túlélési valószínűséget (vagy komplementerként a meghibásodás kockázatát). Az ábra egyrészt az állapotfelmérés és -értékelés egy új lehetőségére hívja fel a figyelmet, de sugall egy hatékony beavatkozási módszert is. Nyilván lehetséges az, hogy az útpálya keresztmetszetében, pl. a keréknyomokban más erősítő rétegvastagságot alkalmazzunk, úgy, hogy a keréknyomban károsodott aszfaltréteget valamilyen mélységig eltávolítsuk.

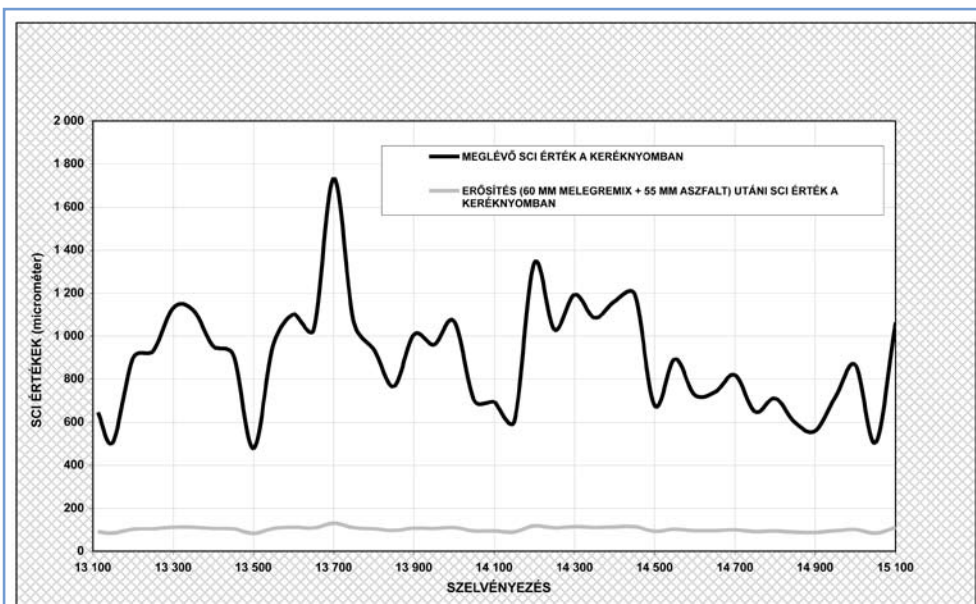
A 11. illetve a 12. ábrán bemutatott módszer kombinált alkalmazásával a 14. ábrán végülük szemügyre a példabeli útszakaszon alkalmazandó erősítőtávastagságok alakulását abban az esetben, amikor a keréknyomban a károsodott aszfaltréteg egy részét eltávolítjuk. Tétélezzük fel azt, hogy a megerősítés után az útpálya bármely helyén kereszt- és hosszirányban legfeljebb 140 mikron SCI-értéket akarunk elérni. A keréknyomokban mért SCI-értékek alapján – ahogyan a 11. ábrán látszik –, ehhez

100 mm, a keréknyomok között mért SCI-értékek alapján a nem károsodott felületre pedig 80 mm aszfaltvastagság szükséges. Amennyiben a keréknyomokban 35 mm régi aszfaltot eltávolítunk és itt 115 mm-nyi erősítést alkalmazunk, a maximum 140 mikron érték tartható.

A differenciált vastagság alkalmazása tehát lehetővé teszi a felületen az erősítés után várható azonos SCI-értéket (ezáltal a hátralévő, megnövekedett élettartam is azonos lesz), a példában ez kb. 20% aszfalttér fogat megtakarítását is eredményezte. A megoldásnak az még az előnye, hogy a meglévő aszfaltrétegek deformációs hajlam miatti eltávolítása esetén is lehetővé teszi a méretezést.

## 8. HELYSZÍNI ÚJRAHASZNOSÍTÁSOS FELÚJÍTÁS MÉRTEZÉSE

A helyszíni újrahasznosítás elvén alapuló eljárások – bár már megjelentek hazai gyakorlatunkban – a szerző véleménye szerint méltatlanul kis helyet töltönek be a technológiai repertoárban. Ennek – egyéb tényezők mellett – biztosan oka a technológiai ismeretek hiánya, még olyan alapvető kérdésekben is, hogy *mennyi ideig tart* a meglévő állapotokhoz igazodó keveréktervezés. Ez a tudáshiány mind a hideg, mind a meleg újrahasznosítás esetén felismerhető, ezért a továbbiakban csak a meleg újrahasznosítás esetét mutatom be. Aszfalt meleg újrahasznosítása esetében (tehát a meglévő aszfaltkeverék átalakítása egy másik, jobb tulajdonságú aszfaltkeverékké) három alapváltozatunk lehetséges:

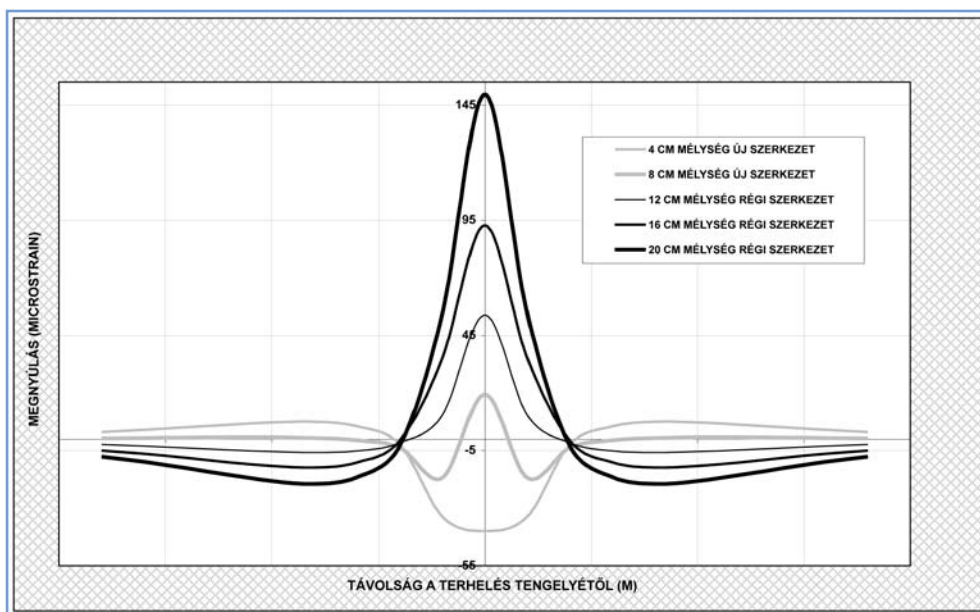


15. ábra: Megerősítés előtt mért és a megerősítés terve alapján számított SCI-értékek 60 mm meleg remix és 55 mm megerősítés esetén

- Először a meglévő aszfalt felmelegítése, homogenizálása, visszaépítése, tömörítése
- Másodsor az előzőhöz képest azzal a különbséggel, hogy új kötőanyagot adagolunk hozzá
- Harmadsor az előzőkhöz képest azzal a különbséggel, hogy javító aszfaltkeveréket készítve, azt a meglévőhöz hozzáadva egy új, eredő aszfaltkeveréket hozunk létre

Itt természetesen azt is figyelembe kell venni, hogy a meglévő aszfaltkeverék a tervezett szakaszon minden bizonnyal nem azonos tulajdonságokkal rendelkezik, tehát kellő sűrűséggel mintát véve, a vizsgálatok elvégzése után tudjuk megmondani, hogy melyik alapváltozatot válasszuk. Ennek természetesen jelentős idő- és nem jelentéktelen költségvonzata van. Ezt megtakaríthatjuk, ha nem „foglalkozunk” a remix eljárással, hanem a „hagyományos” aszfalterősítés mellett döntünk.

És itt biztosan sok pénzt dobunk ki az ablakon, mert ezek az eljárások egyrészt rendkívül hatékonyak mutatkoznak, másrészt nagyon jól tudnak simulni egy átgondolt PMS rendszerhez, ahol időnként nem csak teherbírás okok miatt kell beavatkozni. Végül, de nem utolsó sorban nagyon energiatakarékosak, ami a jelenlegi energiaárak mellett nem lényegtelen, de az üvegházgáz-kibocsátás nem jelentéktelen csökkentését is eredményezik. A hagyományos felújítási-megerősítési eljárásokkal azonban csak akkor vethetők össze, pl. a gazdaságosság szempontjából, ha méretezési elveik azonosak.



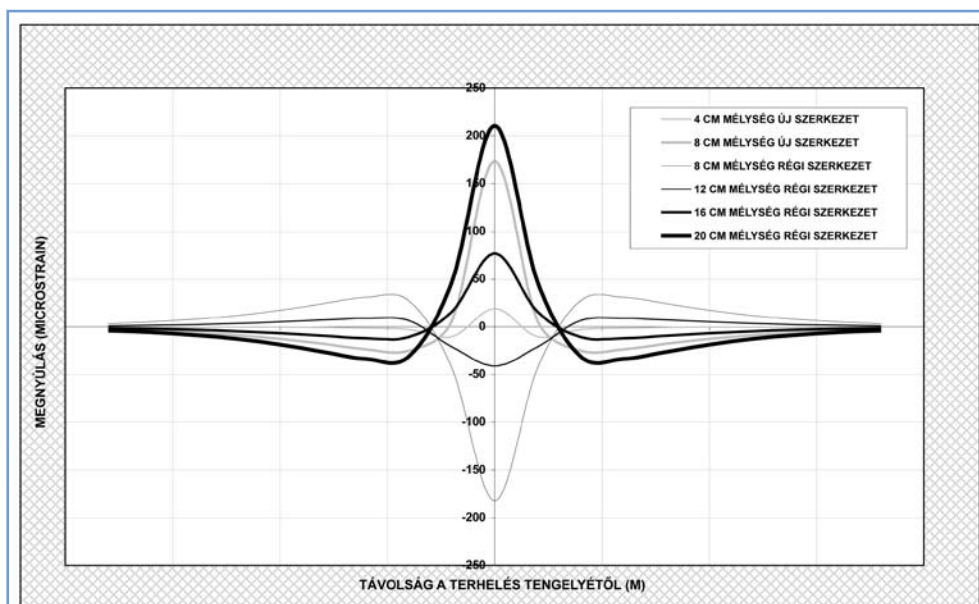
16. ábra: Megnyúlások erősítés után az új és a régi szerkezetben

A 15. ábrán a korábbiakhoz (7. pont) hasonló diagramon láthatjuk az összehasonlítható (azonos elven alapuló) méretezés eredményét. Az alakra a korábbiakhoz hasonló diagramon látható eredmény – figyelembe véve a melegremixet is – további, mintegy 20%-kal kisebb aszfaltmennyiséget igényel, azonos megerősítés utáni teherbírás eléréséhez. Az ebből eredő költségmegtakarítás nyilván nagyságrendileg haladja meg a szükséges vizsgálatok ráfordításait, természetesen a munkát (a szürke állomány időráfordítását) nem lehet megtakarítani.

## 9. ASZFALTSZERKEZETEK „MEGERŐSÍTÉSE” MŰANYAG HÁLÓK ALKALMAZÁSÁVAL

„Az aszfalt megerősítése (vasalása) egy olyan témakör, amelyről az útépítésben majdnem mindenki egyértelmű, nyilvánvaló véleménnyel rendelkezik; az utóbbi évek tapasztalatai azonban azt mutatták, hogy ezen vélemények közül nagyon keveset támasztanak alá elméleti vizsgálatok, laboratóriumi mérések, vagy helyszíni elemzések.” (de Bondt [19]) Ez a megállapítás sajnos hazánkban is érvényesnek látszik. A [19] alatt a szerző leírja álláspontját egy konkrét esettanulmányban, ezért itt most csak néhány gondolat szerepel, a jelen cikkben megfogalmazottak logikájához kapcsolódva.

A 16. ábrán egy meglévő aszfaltszerkezetben és a ráhelyezett 80 mm vastag megerősítésben keletkező megnyúlások nagysága látszik (különböző mélységeken), abban az esetben, amikor a régi és az új aszfaltréteg teljes mértékben együttdolgozik.



17. ábra: Megnyúlások erősítés után az új és a régi szerkezetben nem együttdolgozó kapcsolat esetében

Az ábrát tanulmányozva a következő megállapítások tehetők:  
 – Látható, hogy a terhelés alatt alakulnak ki az előjelről függetlenül a legnagyobb megnyúlások. Ha figyelembe vesszük azt, hogy a terhelés a felszínen mozog, megállapíthatjuk azt, hogy minden keresztmetszetben lesz pozitív illetve negatív megnyúlás (ez utóbbi esetben összenyomódás), azaz az igénybevétel előjelet vált.  
 – Látható, hogy az új szerkezetben a megnyúlások (pozitív) értékei minimálisak.

Mindezek után felmerül a kérdés, hogy érdemes-e (hatékony-e) az új szerkezet „megerősítése” aszfalthálóval. Az, hogy előjelet váltó igénybevételre egy nyomást elviselni nem képes aszfalthálóval mi történik, az legalábbis érdekes kérdés. (A szerző meggyőződése szerint alakváltozni fog, ami kiszámíthatatlan gyűrődésekhez vezethet). Vizsgáljuk meg ezután azt az esetet, amikor az új szerkezet és a régi között (tudatosan, vagy „véletlenül”) megakadályozzuk az együttdolgozást (17. ábra).

Az előző ábrához képest jelentős változások vannak:  
 – A legnagyobb megnyúlások értékei (pozitív előjelűek) jelentősen megnöttek, mind a régi, mind az új szerkezetben  
 – Különösen nagy a különbség az új szerkezetben

Ebben az esetben látszólag van értelme a „megerősítésnek”, ugyanakkor el kell gondolkodni azon, hogy ezt alapvetően az együttdolgozás tudatos, vagy véletlen megakadályozása váltotta ki. Azaz, ha arra törekszünk, hogy az új aszfaltréteg megbízhatóan együttdolgozzon a régi szerkezettel, sokkal jobban járunk, mind az igénybevételek nagyságát (élettartam!), mind a ráfordításokat illetően.

Nem kívánom részletesen elemezni az egyéb lehetőségeket (pl. repedezett meglévő szerkezet), csak de Bondt mottójára gondolva felhívom a figyelmet az elméleti és gyakorlati alátámasztás fontosságára.

## 10. ÖSSZEGZÉS

Az írás célja a korszerű mechanikai módszerek által nyerhető hatékonysági előnyök bemutatása volt. A szerzőnek meggyőződése, hogy a valóban bonyolult, sok új tudást stb. igénylő módszerek alapvetően növelhetik a hatékonyságot meglévő pályaszerkezeteink felújításánál, megerősítésénél.

Az egyszerű, vagy nagyon leegyszerűsített, jelenleg alkalmazott módszereink látszólag megkönnyítik a munkát, de akkor ezt máshol és általában sokkal (nagyságrenddel) nagyobb ráfordítással kell „kiváltani”. Azaz a munkát *nem lehet megtakarítani* és a korlátos erőforrásokat *ezekkel a módszerekkel* kell sokszorosára növelni. Per Ullidtz [21] alatt található (kitűnő és nagyon hasznos) könyvében mindezt a szerzőnél sokkal jobban fogalmazta meg: „*a pályaszerkezeti mérnök ne tévessze szem elől a végső célt, nevezetesen, csökkenteni az össztársadalmi költségeket...*”

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Az Állami Számvevőszék 0640 számú, 2006 októberében kelteztelt jelentése
- [2] Kákósy Csaba GKM kabinetfőnök előadása, 35. Útügyi Napok, Debrecen, 2007. szeptember
- [3] Jendia, S.: Bewertung der Tragfähigkeit von bituminösen Straßenbefestigungen. PhD-disszertáció, Karlsruhe, 1995.
- [4] Hothan, J., Schäfer, F.: Analyse und Weiterentwicklung der Bewertung von Tragfähigkeitsmessungen, Straße + Autobahn, 7/2004
- [5] Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése, ÚT 2-1.202:2005 útügyi műszaki előírás

- [6] van Gurp C.A.P.M., Wennink, P.M.: Design, structural evaluation an overlay design of rural roads (in Dutch) KOAC–WMD consultants; Apeldoorn, 1997
- [7] Nagy terhelésű utak pályaszerkezeteinek gazdaságos meghatározása, TLI Zrt., kézirat, 2006
- [8] Pethő L.: A hőmérséklet-eloszlás alakulása az útpályaszerkezetekben és ennek hatása a pályaszerkezeti rétegek méretezésére, technológiai tervezésére. PhD-disszertáció; Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Út és Vasútépítési Tanszék
- [9] Scarpas, A., Al-Khoury, R., van Gurp, C.: Finite Elements Investigation of Pavement – FWD Interaction, BCCRA, 1998
- [10] Medani, T.O., Molenaar, A.A.A.: Estimation of Fatigue Characteristics of Asphalt Mixtures using Simple Test, Herron, TNO Building and Construction Research and the Netherlands School of Advanced Studies in Construction, Vol. 45, No. 3, 2000, pp. 155–165.
- [11] Leutner, R., Wellner, F.: Prognose der Lebensdauer von Asphaltbefestigungen auf der Grundlage struktureller Eigenschaften, Straße + Autobahn, 5/2007
- [12] Gajári Gy.: Reológiai jellemzők számítása dinamikus hajlítási kísérletről, Közúti és Mélyépítési Szemle, 54. évfolyam, 2004. augusztus
- [13] von Wolffersdorff, P.A.: Hypoplastisches Stoffgesetz für granulare Materialien mit einer plastischen Fließbedingung für kritische Zustände, 5. Oktober 1995, Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik der Universität Fridericiana in Karlsruhe
- [14] Tóth Cs.: A teherbíró képesség meghatározásának ellentmondásai és lehetőségei. Közúti és Mélyépítési Szemle, 2007. augusztus
- [15] Adorjányi K.: Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek megerősítésének méretezése ejtsúlyos behajlások alapján. Közúti és Mélyépítési Szemle, 1999/12
- [16] Nemesdy E.: Az új magyar típus útpályaszerkezetek mechanikai méretezésének háttere. Közlekedés és Mélyépítéstudományi Szemle, 1992/8
- [17] Molenaar A.A.A.: Structural performance and design of flexible pavements and asphalt concrete overlays, PhD dissertation; Delft University of Technology, Delft, 1983
- [18] Karoliny M.: Pályaszerkezet méretezés az M5 autópálya felújításánál. Az aszfalt, 2005/2
- [19] de Bondt A. H.: Anti-reflective cracking design of (reinforced) asphaltic overlays, PhD dissertation; Delft University of Technology, Delft, 1999.
- [20] Karoliny M.: Aszfaltszerkezetek „erősítése” műanyag szerkezetekkel. Az aszfalt, 2008/1
- [21] Ullidtz P.: Modelling Flexible Pavement Response and Performance. 1998.

## SUMMARY

### SOME ISSUES OF PAVEMENTS CONDITION ASSESSMENT AND STRENGTHENING

The Hungarian pavement conditions and the restricted amount of funds available for reconstructions make new, efficient tools necessary for both condition assessment and the design of the strengthening and reconstruction technology. International and (partly) Hungarian new developments, procedures offer excellent opportunities to exercise these efficiency (economic) criteria in the forthcoming reconstruction tasks. The paper introduces the new tools and methods, with special emphasis on practical applications.

# ÚTBURKOLATOK KERESZTPROFILJÁNAK JELLEMZÉSE

DR. HABIL. GÁSPÁR LÁSZLÓ<sup>1</sup>

## 1. BEVEZETÉS

A közúti forgalom a hajlékony és a félig merev pályaszerkezetek burkolatprofilját általában rövidebb-hosszabb idő alatt torzítja [1]. Ezért aztán a hálózati szintű és a létesítményi (projekt) szintű állapotvizsgálati rendszerek gyakorlatilag minden esetben magukban foglalják az útpálya keresztirányú felületi egyenetlenségének jellemzését is. A hazai útgazdálkodásban is egyre nagyobb szerepet kap ez az állapotparaméter, főleg az 1990-es évek eleje óta, a kialakult keréknyomvályúk ugyanis azóta igényelnek mind gyakrabban burkolatfelújítást. Eleinte léccel és ékkel, Varga-féle profilmérővel, transzverzó-profilográfával [2], legújabban pedig a lézeres RST-mérőkocsival történik a keréknyomvályúk mélységének meghatározása. A következőkben egy európai COST-akció [3] eredményeiből azokat ismertetem, amelyek a keresztirányú felületi egyenetlenség teljesítményi mérőszámával függenek össze.

## 2. A COST 354-ES AKCIÓN

„Az útburkolatok teljesítményi mérőszámai” című, COST 354-es akció 2004-ben kezdődött. Fő célkitűzését az úthasználók és -kezelők igényeit messzemenően figyelembe vevő, egységes európai teljesítményi mérőszámok (mutatók) és indexek (jelzőszámok) meghatározása képezte. A mérőszámok elfogadhatósági (beavatkozási) határértékeinek kijelölésével a tervezett és már üzemben levő útburkolatok számára minimálisan elérendő követelményeket állapítanak meg. Az útburkolatra vonatkozó speciális indexek (jelzőszámok) annak számszerű jellemzésére szolgálnak, hogy az említett célokat vagy teljesítményi jelzőszámokat milyen mértékig sikerült elérni. Az akció keretében kidolgozásra kerülő, egységes mérőszámok alkalmazásával mód nyílik az európai úthálózatok azon elemeinek kijelölésére is, amelyeken, az említett követelmények teljesítése érdekében, többletberuházásra van szükség. A COST 354-es akció öt munkabizottsága közül a 2. számú a „Teljesítményi paraméterek kiválasztása és értékelése” elnevezést viseli [3]. Ennek egyes eredményeiről esik a következőkben szó.

## 3. KERESZTIRÁNYÚ FELÜLETI EGYENETLENSÉG TELJESÍTMÉNYI MÉRŐSZÁMAI

Ennek az – egyebek mellett forgalombiztonsági okok miatt is – igen fontos állapotparaméternek a COST 354-es akció adatbázisa szerint, számos teljesítményi mérőszámát (mutatószámát) alkalmazzák. Az említett akció keretében 22 ország nyújtott információt a keresztirányú felületi egyenetlenség teljesítményi mérőszámairól. Mivel több ország egynél több mérőszámról tájékoztatott, ezért a feldolgozás alapját képező tételek száma 28-nak adódott [3].

## 3.1. ÁLTALÁNOS INFORMÁCIÓK

Az említett adatbázisban levő információk szerint, a keresztirányú egyenetlenség teljesítményi mérőszámát a következő négy műszaki paraméterrel írják le:

- keréknyomvályú-mélység
- oldalesés
- vízmélység (a keréknyomban)
- burkolatszél-deformáció

Az 1. táblázat a teljesítményi mérőszámokról, a műszaki paramétereikről, azok mértékegységéről, valamint a mérőberendezés elnevezéséről és mérési elvéről nyújt tájékoztatást. A táblázatból kitűnik, hogy közülük messze a leggyakoribb a „keréknyomvályú-mélység” műszaki paraméterként történő választása, ritkábban fordul elő az „oldalesés”, a „vízmélység” és a „burkolatszél-deformáció”.

## 3.2. NÉHÁNY ADATFELDOLGOZÁSI EREDMÉNY

A keresztirányú egyenetlenséget minden válaszadó forgalombiztonsági teljesítményi mérőszámnak tekintette, 39%-uk ezen kívül az utazáskényelemmel is közvetlenül kapcsolatba hozta, míg 39% mind az utazáskényelemmel, mind pedig a pályaszerkezettel összefüggőnek jelölte. A vizsgált esetek 75%-ában üzemi (általános) célra, még 18%-ában üzemi és kutatási célra egyaránt alkalmazzák a keresztirányú felületi egyenetlenségi mérőszámot. A kérdőívekre adott válaszokból kitűnt, hogy az országok 11%-ában mind a négy útkategóriában (gyorsforgalmi utak, főutak, mellékutak, egyéb utak) alkalmazzák a vizsgált teljesítményi mérőszámot, 42%-ban egyéb utakon nem kerül sor erre a mérésre, 29%-ban csak gyorsforgalmi utakon és főutakon mérnek, míg 18%-ban csak gyorsforgalmi úton végzik ennek az állapotparaméternek a jellemzését. 43%-ban hálózati szinten, míg 57%-ban mind hálózati, mind pedig létesítményi szinten minősítik a keresztirányú felületi egyenetlenséget.

A 28 válasz 19 nemzeti szabvány alapulvételéről tájékoztatott, míg öt esetben műszaki előírást alkalmaznak, és csupán négyet tesz ki azoknak az országoknak a száma, amelyek háttérzabályozás nélkül végzik ezt a mérést.

Közismert, hogy az alkalmazott mérőeszköz és mérési elv a különböző teljesítményi mérőszámok szempontjából igen lényeges jellemző, különösen a keréknyomvályú-mélység és a keréknyomvályúban meghatározható vízmélység esetében. Az adatfeldolgozás eredménye szerint 18 esetben lézeres, öt esetben ultrahangos, két esetben kézi és egy esetben kombinált – lézeres és ultrahang – mérési eljárást alkalmaztak. A pár évvel ezelőtt végrehajtott FILTER-vizsgálat [4] rámutatott arra, hogy a mért műszaki paraméter a mérőeszköz számos tulajdonsága – közöttük is elsősorban a mérőegységek száma és a mérési szélesség – nagymértékben befolyásolja. A 2. táblázat ilyen típusú információkat összegez.

<sup>1</sup> Okl. mérnök, okl. gazd. mérnök, az MTA doktora, kutató professzor, Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft., egyetemi tanár, Széchenyi István Egyetem, e-mail: gaspar.laszlo@kti.hu

1. táblázat: A keresztirányú felületi egyenetlenség műszaki paramétere (forrás: a COST 354-es akció adatbázisa)

Ország	Mérőszám neve	Műszaki paraméter		Mérték-egység	Berendezés	
		neve (egységesített)	leírása		neve	mérési elve
Ausztria	Keresztirányú egyenetlenség	Keréknyomvályú-mélység	Keréknyomvályú-mélység	mm	RoadSTAR	Lézer
Belgium (1)	Keréknyomosodás	Keréknyomvályú-mélység	Keréknyomosodás	mm	ARAN	Ultrahang
Belgium (2)	Keresztirányú egyenetlenség	Keréknyomvályú-mélység	Jellemző nyomvályú-mélység	mm	TUS	Ultrahang
Horvátország	Keresztirányú egyenetlenség	Keréknyomvályú-mélység	Keréknyomvályú-mélység	mm	Lézer profilográf (dán)	Lézer
Cseh Köztársaság	Keresztirányú egyenetlenség	Keréknyomvályú-mélység	Keréknyomvályú-mélység	mm	ARAN	Lézer
Dánia	Keréknyomosodás	Keréknyomvályú-mélység	Keréknyomvályú-mélység	mm	Profilográf	Lézer
Finnország	Keresztirányú egyenetlenség	Keréknyomvályú-mélység	Keréknyomvályú-mélység	mm	RST	Lézer
Franciaország (1)	Keresztirányú profil	Vízmélység	Vízmélység (két keréknyomban)	mm	PALAS	Lézer
Franciaország (2)	Keresztirányú profil	Keréknyomvályú-mélység	Keréknyomvályú-mélység (a két keréknyomban)	mm	PALAS	Lézer
Franciaország (3)	Keresztirányú profil	Oldalesés	Keresztirányú esés	%	PALAS	Lézer
Franciaország (4)	Keréknyomvályú-mélység	Keréknyomvályú-mélység	Keréknyomvályú-mélység (méret és súlyosság)	mm	TUS, PALAS	Ultrahang és lézer
Németország (1)	Keresztirányú egyenetlenség	Vízmélység	Fiktív vízmélység	mm		Lézer
Németország (2)	Keresztirányú egyenetlenség	Keréknyomvályú-mélység	Keréknyomvályú-mélység	mm		Lézer
Görögország	Keresztirányú egyenetlenség	Keréknyomvályú-mélység	Keréknyomvályú-mélység	mm		
Magyarország	Keresztirányú egyenetlenség	Keréknyomvályú-mélység	Keréknyomvályú-mélység	mm	RST	Lézer
Hollandia	Keresztirányú egyenetlenség	Keréknyomvályú-mélység	Keréknyomvályú-mélység	mm	ARAN	Ultrahang
Norvégia (1)	Keresztirányú egyenetlenség	Keréknyomvályú-mélység	Keréknyomvályú-mélység	mm	ALFRED	Ultrahang
Norvégia (2)	Keresztirányú egyenetlenség	Oldalesés	Oldalesés	%	ALFRED	Ultrahang
Lengyelország	Keresztirányú egyenetlenség	Keréknyomvályú-mélység	Keréknyomvályú-mélység	mm	Greenwood-profilográf	Lézer
Portugália	Keresztirányú egyenetlenség	Keréknyomvályú-mélység	Keréknyomvályú-mélység	mm	Lézer Profilmérő	Lézer
Szerbia és Montenegró	Keresztirányú egyenetlenség	Keréknyomvályú-mélység	Keréknyomvályú-mélység	mm	Léc és ék	Kézi mérés
Szlovénia	Keresztirányú egyenetlenség	Keréknyomvályú-mélység	Keréknyomvályú-mélység	mm	4 m-es lécz	Kézi mérés
Svédország (1)	Burkolatszél-deformáció	Burkolatszél-deformáció	Keresztirányú profil	mm	RST	Lézer
Svédország (2)	Geometriai/keresztirányú egyenetlenség	Oldalesés	Oldalesés	%	RST	Lézer
Svédország (3)	Keresztirányú egyenetlenség	Keréknyomvályú-mélység	Keréknyomvályú-mélység	mm	RST	Lézer
Svájc	Keresztirányú egyenetlenség	Keréknyomvályú-mélység	Keréknyomvályú-mélység	mm		
Egyesült Királyság	Keréknyomvályú-mélység	Keréknyomvályú-mélység	Keréknyomvályú-mélység	mm	RAV	Lézer
Egyesült Államok	Keresztirányú egyenetlenség	Keréknyomvályú-mélység	Keréknyomvályú-mélység	mm	ARAN	Lézer

2. táblázat: A keresztirányú felületi egyenetlenséget mérő berendezések egyes mérési jellemzői

Ország	Berendezés mérési elve	Érzékelők száma	Mérési szélesség (m)	Mérési pontok sűrűsége (m)
Keréknyomvályú-mélység				
Ausztria	Lézer	23	2,0	
Belgium (1)	Ultrahang			
Belgium (2)	Ultrahang	13	3,0	
Horvátország	Lézer			
Cseh Köztársaság	Lézer			
Dánia	Lézer	25	3,2	0,1
Finnország	Lézer			
Franciaország (2)	Lézer		3,5	
Franciaország (4)	Ultrahang/ lézer	13	3,0	
Németország (2)	Lézer			
Magyarország	Lézer	17		0,1
Hollandia	Ultrahang	37		
Norvégia (1)	Ultrahang	17	2,0	
Lengyelország	Lézer	15		
Portugália	Lézer			
Szerbia és Montenegró	Kézi			
Svédország (3)	Lézer	17		0,1
Svájc				
Egyesült Királyság	Lézer	20		0,1
Egyesült Államok	Lézer			
Oldalesés				
Franciaország (3)	Lézer		3,5	
Norvégia (1)	Lézer	23	2,0	
Svédország (2)	Lézer	17		
Vízmélység (keréknyomban)				
Franciaország (1)	Lézer		3,5	
Németország (1)	Lézer			
Burkolatszél-deformáció				
Svédország (1)	Lézer	17		

### 3.3. SZÁMÍTÁSI MÓDSZEREK

A következő kétféle alapelvű algoritmus terjedt el a keréknyomvályú-mélység számítására:

- (különböző szélességű) lécs és
- a megfeszített huzal.

A léccel történő mérés eredményét elsősorban a következő tényezők befolyásolják:

- a profil alakja,
- a lécs hosszúsága,
- a számítási elv (vagy a keresztprofil és a lécs alsó vonala közötti függőleges távolság, vagy pedig az említett két vonal közötti távolság, a lécsre merőleges irányban mérve).

A pr EN 13036-8 [5] számú európai előszabvány szerint a lécs „virtuális” hosszúságának 1,5-2,0 m-t (a forgalmi sáv szélességének mintegy felét) kell kitennie. A megfeszített huzal módszer-

re pedig a keresztprofil és a profil legmagasabb pontjait érintő „ideális” megfeszített huzal közötti távolságot határozza meg, és tekinti keréknyomvályú-mélységnek. Bár ezzel a megoldással a léccel történő mérés bizonytalanságait kívánják csökkenteni, az ez irányú mérések [6] bebizonyították, hogy, az 1,8 m-es lécs alkalmazásával és a megfeszített huzal módszerét követve, meg lehetőségen hasonló eredményekre lehet jutni.

Svédországban az átlagos keresztirányú profilt választották számos olyan paraméter jellemzéséhez, amely a keresztirányú egyenetlenséget leírja [6]. Az előbbi meghatározásához a legszélső mérési pontokat tekintik 0-pontoknak, és az oldalesést „kizárják”. A 0,1 m-enként meghatározott keresztprofilokat 20 m-es szakaszokra átlagolják. Ebből számítható a keréknyomvályú-mélység, de – az oldalesést is figyelembe véve – arra is alkalmas, hogy a burkolatszél-deformációt vagy pedig a keréknyomban mérhető vízmélységet kiszámítsák.

Az amerikai LTPP (A Burkolatteljesítmény Hosszú Távú Megfigyelési Programja), a vályúmélység-adatok jellemzéséhez olyan fényképezési technikát [7] alkalmaz, amely mintegy 30 db, x-y koordináta-rendszerben definiált pont segítségével a legnagyobb forgalmú forgalmi sáv keresztprofilját képes a kijelölt szelvényben jellemezni.

Az AASHTO PP 38-80 számú ideiglenes szabvány [8] az aszfaltburkolatok legnagyobb keréknyomvályú-mélységének jellemzésére ötpontos eljárást ír le. Mintegy 100 m-enként, legalább öt pont keresztmetszetenkénti méréseivel jutnak hálózati szintű információkhoz.

3. táblázat: A „keréknyomvályú-mélység” teljesítményi mérőszám meghatározásához alkalmazott algoritmusok

Ország	Algoritmus	Mérési szélesség	Szakasz-hossz
		(m)	
Ausztria	Lécs	2,0	50
Belgium (1)	Megfeszített huzal		100
Cseh Köztársaság			10
Dánia			1000
Finnország			100
Franciaország (2)	Lécs	1,5	10
Franciaország (4)	Lécs	1,5	200
Németország (2)			100
Magyarország	Megfeszített huzal		20
Norvégia (1)		2,0	
Hollandia	Megfeszített huzal		100
Görögország	Lécs	3,0	10
Lengyelország	Lécs	2,0	1000
Szerbia és Montenegró	Lécs	1,2	25
Szlovénia	Lécs	4,0	20
Svédország (3)	Megfeszített huzal		20
Svájc	Lécs	4,0	50
Egyesült Királyság			10
Egyesült Államok			10–300

### 3.4. TOVÁBBI JELLEMZŐK

Az egyes országok gyakorlata abból a szempontból is eltér, hogy a mértékadó keréknyomvályú-mélységet a jobb és a bal keréknyomban tapasztalt értékek átlagolásával vagy pedig közülük a nagyobb érték kiválasztásával határozzák-e meg. Erre vonatkozólag a kérdőívre adott válaszokból nem állt elegendő információ rendelkezésre ahhoz, hogy az európai tendenciák megbízhatóan meghatározhatók lehessenek. Ezért a 3. táblázatban egyes országok mérési gyakorlatának csak a következő jellemzőit mutatjuk be: a vályúmélység számítási algoritmusa, mérési szélesség és a jellemzett szakasz hosszúsága. A 28 válaszadó közül 24-en arról számoltak be, hogy a keresztirányú egyenetlenség műszaki paramétereinek meghatározásakor minőségbiztosítási rendszert működtetnek. Leggyakrabban három évenként kerül sor utak keresztirányú felületi egyenetlenségének mérésére, több országban ugyanakkor egy, illetve öt éves mérési sűrűséget választanak.

### 3.5. A „KERÉKNYOMVÁLYÚ-MÉLYSÉG” MŰSZAKI PARAMÉTER VIZSGÁLATA

A 28 válaszból 22-en a „keréknyomvályú-mélység”-et jelölték meg rendszeresen mért műszaki paraméterként. Azonban csak néhányan adtak információt azokról az átszámítási (transzformációs) függvényekről, amelyeknek segítségével a minőségi osztályba sorolást lehetővé tevő indexeket (jelzőszámokat) meghatározzák. A 4–6. táblázat néhány országnak a tárgykörben közölt egyes információit foglalja össze. Franciaországban, Norvégiában és Svédországban a keresztirányú felületi egyenetlenség műszaki paramétere-

ként az „oldalesés”-t is alkalmazzák. Ezt a jellemzőt kétféle eljárással határozzák meg:

- a felületet érintő vonal definiálásával,
- a regressziós egyenes meghatározása révén.

Franciaországban és Németországban, további paraméterként, a keréknyomban mérhető „vízmélység”-et választják. Ennek meghatározásához 1,5 m-es hosszúságú mérőlécz szolgál. Svédországban a „burkolatszél-deformáció”-t is mérik, és minősítik.

### 3.6. EGYSÉGES EURÓPAI TELJESÍTMÉNYI MÉRŐSZÁM VÁLASZTÁSA

A COST 354-es akció 2. munkabizottsága a legalkalmasabb teljesítményi mérőszám, illetve az annak jellemzésére szolgáló műszaki paraméter kiválasztásakor a következő szempontokra volt tekintettel [3]:

- a műszaki paraméter európai szabványon alapuljon,
- ne csupán kutatási célokra alkalmazzák, hanem általánosan, széles körűen „üzemi” méreteken is,
- ne egyetlen mérőeszközhöz kötődjék,
- a mérési eljárás ne legyen balesetveszélyes,
- a mérési módszer megbízható legyen,
- a mérés hosszú távon fenntartható legyen.

Mindezek figyelembevételével, egységes teljesítményi mérőszámként a „keréknyomvályú-mélység” műszaki paramétert találták legalkalmasabbnak. (A valamivel megbízhatóbban mérhető és a számítási algoritmustól kevésbé függő „vízmélység” paraméter ellen elsősorban annak kisebb mértékű elterjedtsége szolgált.)

4. táblázat: A „keréknyomvályú-mélység” műszaki paraméter indexeire (jelzőszámaira) vonatkozó információk I.

Megnevezés	Ausztria	Belgium (1)	Németország	Lengyelország	Szlovénia
Autópálya	Igen	Igen	Igen	Igen	Igen
Főút	Igen	Igen	Igen	Igen	Nem
Mellékút	Nem	Igen	Igen	Nem	Nem
Index neve	Vályúsodási index	Vályúsodási index	Vályúmélység index	Jellemző keréknyomvályú-mélység	Keréknyomvályú-mélység
Minőségi osztályok száma	5	5	8	4	5
Nagyon rossz szint	5	0	1	D	0
Nagyon jó szint	1	1	8	A	5
Műszaki paraméter beavatkozási határa (autópálya)	20	16	20	30	
Index beavatkozási határa (autópálya)	4,5	0,4	4,5	60	
Műszaki paraméter figyelmeztető határa (autópálya)	15	14	10	20	
Index figyelmeztető határa (autópálya)	3,5	0,5	3,5	40	
Műszaki paraméter beavatkozási határa (főút)	25		25		
Index beavatkozási határa (főút)	4,5		4,5		
Műszaki paraméter figyelmeztető határa (főút)	15		15		
Index figyelmeztető határa (főút)	3,5		3,5		



5. táblázat: A „keréknyomvályú-mélység” műszaki paraméter indexeire (jelzőszámaira) vonatkozó információk II.

Megnevezés	Svájc	USA	Belgium (2)	Horvátország	Cseh Köztársaság
Autópálya	Igen	Igen	Igen	Igen	Igen
Főút	Igen	Igen	Igen	Igen	Igen
Mellékút	Igen	Nem	Igen	Nem	Igen
Index neve	Vályúsodási index	Vályúsodási index	Vályúsodási index		
Minőségi osztályok száma	5	4	5		5
Nagyon rossz szint	0	0	0		5
Nagyon jó szint	100	100	1		1
Műszaki paraméter beavatkozási határa (autópálya)	24	9	12	20	22
Index beavatkozási határa (autópálya)		75			
Műszaki paraméter figyelmeztető határa (autópálya)			8	15	16
Index figyelmeztető határa (autópálya)		50			
Műszaki paraméter beavatkozási határa (főút)	18		16		22
Index beavatkozási határa (főút)					
Műszaki paraméter figyelmeztető határa (főút)			12		16
Index figyelmeztető határa (főút)					

6. táblázat: A „keréknyomvályú-mélység” műszaki paraméter indexeire (jelzőszámaira) vonatkozó információk III.

Megnevezés	Finnország	Franciaország (4)	Magyarország
Autópálya	Igen	Igen	Igen
Főút	Igen	Igen	Igen
Mellékút	Igen	Nem	Igen
Index neve	Vályúsodási index	Keréknyomvályú-mélység %-os előfordulása	Keréknyomvályú-osztályzat
Minőségi osztályok száma	5	3	5
Nagyon rossz szint	1	100	5
Nagyon jó szint	5	0	1
Műszaki paraméter beavatkozási határa (autópálya)	16	40	12
Index beavatkozási határa (autópálya)	2		5
Műszaki paraméter figyelmeztető határa (autópálya)		20	10
Index figyelmeztető határa (autópálya)			4
Műszaki paraméter beavatkozási határa (főút)	17	40	17
Index beavatkozási határa (főút)	2		5
Műszaki paraméter figyelmeztető határa (főút)		20	14
Index figyelmeztető határa (főút)			4

### 3.7. A „KERÉKNYOMVÁLYÚ-MÉLYSÉG” MÉRÉSI MÓDSZEREI

Az útpálya keresztprofilját jellemző keréknymvályú-mélység meghatározására alkalmazott mérési módszerek két nagy csoportra oszthatók: kézi és automatizált eljárások [9]. A kézi módszerek közül a legelterjedtebbek a következők:

- szintezései eljárás
- (különböző hosszúságú) mérőléc és ék alkalmazása [10]
- a statikus és a gördülő Dipstick [11]
- mozgó profilmérő.

Az automatizált módszerek alapvető rendszerei: ultrahangos, lézert alkalmazó (pontszerűen vagy „folyamatosan” mérő), illetve optikai eljárást hasznosító eljárások. Az egyik európai előszabvány [5] rögzíti a különböző műszaki paraméterek és mérési módszerek pontossági követelményeit. Ennek alapján a vályúmélység mérési eljárása I. osztályú, ha ismételhetőségi szórása a 0,5 mm-t; II. osztályú, ha az 1,0 mm-t, illetve III. osztályú, ha a 2,0 mm-t nem haladja meg. Valamely mérési módszer pontosságát elsősorban a következő tényezők befolyásolják:

- az érzékelő (szenzor) típusa
- az alkalmazott érzékelők száma, az adatok feldolgozási módja és az érzékelők elhelyezése
- mintavételi sűrűség
- mérési szélesség
- a mérőjárműnek a forgalmi sávon belüli, oldalirányú elhelyezkedése
- az átlagoláshoz választott szakaszhoz

A korábbi FILTER-kísérlet [4] bebizonyította, hogy a mérési sebességnek az eredményekre nincsen érdemleges befolyása. Az ultrahangos érzékelők átlagos hibája 0,3 mm, míg a lézeres szenzorok esetében ez 0,1 mm-t tesz ki [12]. A profilmérők közös jellemzője, hogy a tényleges keréknymvályú-mélységet aláértékeli abból adódóan, hogy az egymástól bizonyos távolságokban elhelyezkedő mérési pontok közül

nem törvényszerűen kerül valamelyik a profil legmagasabb vagy legalacsonyabb helyére. A szakirodalom legalább 5–9 érzékelő alkalmazását tartja szükségesnek a keresztprofil megbízhatónak tekintett felméréséhez [7, 8]. Svéd vizsgálatok szerint [4] 25 érzékelő felett a mérési eredmények megbízhatóságában már érdemleges javítást nem lehet elérni. Az Európában alkalmazott profilmérő berendezések mérési szélessége 1,2 és 4,0 m közötti. Az erre vonatkozó európai előszabvány [5] 1,5-2,0 m-es szélességet ír elő, valamivel a forgalmi sáv szélességének a fele fölött. Az amerikai FHWA-jelentése [7] a korábban alkalmazott, 1,2 m-es mérőléc helyett 1,8 m-es hosszúságot javasol.

A korábbi PIARC-EVEN kísérlet során kimutatták, hogy a mérőjárműnek már kis mértékű, oldalirányú eltolódása is érzékenyen befolyásolja a mérési eredményeket [13]. Ez a hatás különösen akkor jelentős, ha a mért keresztprofil viszonylag keskeny és/vagy az alkalmazott érzékelők száma csekély. Ha az átlagolásnál alapul vett szakaszhoz 50 m-ről 500 m-re növekszik, az ismételhetőségi szórás is 2-4-szer nagyobb lesz [14].

### 3.8. AZ ÁTSZÁMÍTÁSI FÜGGVÉNYEK

Az alapul vett adathalmaz szerint az országok zöme nem alkalmaz átszámítási (transzformációs) függvényt, ugyanis annak határértékeit a műszaki paraméterből közvetlenül származtatja. Ezért az utóbbiakon alapulva határozták meg az átszámítási függvényt.

A 7. táblázat – egyes útkategóriákra vonatkozóan – a keréknymvályú-osztályzat különböző országokban alkalmazott határértékeit mutatja be. Ezek átlagolásával határozták meg minden forgalmi kategóriára a 8. táblázatban levő műszaki paraméter és teljesítményi mérőszám határértékeit a leggyakoribbnak tekinthető öt osztályzathoz. A 9. és a 10. táblázat pedig a gyorsforgalmi + főutakra, illetve a mellékutakra szolgáltató hasonló határokat.

7. táblázat: A keréknymvályú-mélység műszaki paraméter mm-ben kifejezett határértékei, minden útkategóriára

Ország	Útkategória	Nagyon jó	Jó	Megfelelő	Rossz	Nagyon rossz
Ausztria	A	<2,9	2,9–7,6	7,6–14,3	14,3–20,0	>20,0
Ausztria	F	<3,6	3,6–10,7	10,7–17,9	17,9–25,0	>25,0
Belgium	A, F, M	<4,0	4,0–12,0	12,0–16,0	16,0–32,0	>32,0
Svájc	A	<4,0	4,0–6,0	6,0–9,0	9,0–12,0	12,0–16,0
Svájc	F	<5,0	5,0–8,0	8,0–12,0	12,0–18,0	18,0–27,0
Svájc	M	<6,0	6,0–10,0	10,0–16,0	16,0–24,0	>24,0
Cseh Köztársaság	A, F	<6,0	6,0–11,0	11,0–16,0	16,0–22,0	>22,0
Cseh Köztársaság	M	<8,0	8,0–15,0	15,0–25,0	25,0–36,0	>36,0
Németország	A	<4,0	4,0–10,0		10,0–20,0	>20,0
Németország	F	<4,0	4,0–15,0		15,0–25,0	>25,0
Németország	M	<4,0	4,0–20,0		20,0–30,0	>30,0
Horvátország	A, F	<8,0	8,0–15,0		15,0–20,0	>20,0
Magyarország	A	<4,0	4,0–7,0	7,0–10,0	10,0–12,0	>12,0
Magyarország	F	<8,0	8,0–11,0	11,0–14,0	14,0–17,0	>17,0
Magyarország	M	<14,0	14,0–17,0	17,0–20,0	20,0–24,0	>24,0
Szlovénia	A	<6,0	6,0–10,0	10,0–14,0	14,0–18,0	>18,0
Szlovénia	F	<8,0	8,0–12,0	12,0–16,0	16,0–20,0	>20,0
Egyesült Királyság	A, F	<6,0	6,0–11,0		11,0–20,0	>20,0
Egyesült Államok	A, F	<4,4	4,4–8,9	8,9–13,3	13,3–17,8	>17,8

Jelmagyarázat: A – autópályák, autóutak  
F – főutak  
M – mellékutak

8. táblázat: Minden útkategóriára javasolt „európai” határértékek a „keréknyomvályú-mélység” műszaki paraméterhez

Állapotosztályzat elnevezése	Műszaki paraméter határértékei (mm)	Teljesítményi mérőszám (PI) határok
Nagyon jó	<5,0	0≤PI<1
Jó	5,0–9,4	1≤PI<2
Megfelelő	9,4–13,8	2≤PI<3
Rossz	13,8–20,3	3≤PI<4
Nagyon rossz	>20,3	4≤PI≤5

9. táblázat: Gyorsforgalmi utakra és főutakra javasolt „európai” határértékek a „keréknyomvályú-mélység” műszaki paramétereihez

Állapotosztályzat elnevezése	Műszaki paraméter határértékei (mm)	Teljesítményi mérőszám (PI) határok
Nagyon jó	<5,2	0≤PI<1
Jó	5,2–9,9	1≤PI<2
Megfelelő	9,9–14,9	2≤PI<3
Rossz	14,9–21,9	3≤PI<4
Nagyon rossz	>21,9	4≤PI≤5

10. táblázat: Mellékutakra javasolt „európai” határértékek a „keréknyomvályú-mélység” műszaki paramétereireihez

Állapotosztályzat elnevezése	Műszaki paraméter határértékei (mm)	Teljesítményi mérőszám (PI) határok
Nagyon jó	<5,2	0≤PI<1
Jó	5,2–10,6	1≤PI<2
Megfelelő	10,6–16,8	2≤PI<3
Rossz	16,8–26,0	3≤PI<4
Nagyon rossz	>26,0	4≤PI≤5

Regresszióelemzéssel a keréknyomvályú-mélység teljesítményi mérőszámának megállapításához a következő másodfokú polinom függvényeket állapították meg:

– autópályákra és főutakra

$$PI_{kny}^a = -0,0015 * KNY^2 + 0,2291 * KNY, \quad \text{ha } KNY \leq 26,4 \text{ mm}$$

$$PI_{kny}^a = 5, \quad \text{ha } KNY > 26,4 \text{ mm}$$

– mellékutakra

$$PI_{kny}^m = -0,0023 * KNY^2 + 0,214 * KNY, \quad \text{ha } KNY \leq 46,9 \text{ mm}$$

$$PI_{kny}^m = 5, \quad \text{ha } KNY > 46,9 \text{ mm}$$

A függvények megbízhatóságát az alapul vett viszonylag kis adathalmaz és az a tény korlátozza, hogy a szóban forgó mérési eredményeket nem teljesen ugyanazon számítási algoritmusok alapján határozták meg [15].

#### 4. A HAZAI ALKALMAZÁS NÉHÁNY KÉRDÉSE

Az európai tényfeltáró projektnek a cikkben közölt eredményei a hazai útügyi szakemberek számára két lényeges területen hasznosíthatók:

– olyan metodikát szolgáltat, amelyet alkalmazni lehet (és célszerű) a keresztirányú felületi egyenetlenség hazai mérési eljárásainak kiválasztása és a magyar transzformációs függvények meghatározása tekintetében,

– a keréknyomvályú-mélységekre vonatkozó hazai előírások mind az autópályákra, mind az autótutakra, mind pedig fő- és mellékutakra vonatkozóan az európai átlaghoz képest (l. a 7. táblázat) meglehetősen szigorúaknak tűnnek fel; indokolt lenne áttekintésük és esetleges módosításuk. „Optimális” értékük megállapításakor célszerű egyrészt az úthasználói (közlekedésüzemi, idővesztés- és baleseti) többletköltségeknek, másrészt pedig a beavatkozási költségeknek a figyelembevételre, tekintettel a többi állapotparaméter hasonló jellegű határértékeire is.

#### IRODALOM

- Gáspár L.: A közúti forgalom keresztiszelvény-torzító hatása. Közlekedéstudományi Szemle 1981/1. pp. 7–16.
- Gáspár L.: Aszfaltburkolatú utak állapotjellemezése és élettartama. Kandidátusi értekezés, Magyar Tudományos Akadémia, 1978. 137 p.
- COST 354 Performance Indicators for Road Pavements. Work Package WG2: Individual Performance Indicators. Report, 2007. 170 p.
- Willel, M. – Magnusson, G. – Ferne, B.W.: FILTER – Theoretical Study of Indices. FEHRL Technical Paper 2000/02. FEHRL, Brussels, 2000.
- prEN 13036-9:2006 Road and Airfield Surface Characteristics. Test Methods. Part 8: Surface Unevenness and Irregularities, Definitions, Methods of Evaluation and Reporting. Draft European Standard.
- Lundberg, Th. – Sjörgen, L.: Quantification of road surface monitoring services in Sweden, 1996–2000. TI Notat 38A-2004.
- Characterisation of Transverse Profiles. FHWA Report FHWA-RD-01-024, 2001.
- AASHTO Provisional Standard PP 38-00. Standard Practice for Determining Maximum Rut Depth in Asphalt Pavements, 2002.
- prEN 13036-6:2006. Road and Airfield Surface Characteristics. Test Methods. Part 6: Measurement of Transverse and Longitudinal Profiles in the Evenness and Megatexture Wavelength Ranges. Draft European Standard.
- prEN 13-036-7:2006. Road and Airfield Surface Characteristics. Test Methods. Part 7: Irregularity Measurement of Pavement Courses – The Straightedge Test. Draft European Standard.
- AASHTO Provisional Standard PP 32-96. Standard Practice for Measuring Pavement Profile Using a Dipstick, 2000.
- Mallela, R. – Wang, H.: Harmonizing automated rut depth measurements. Stage 2, Research Report 277, Land Transport New Zealand, 2006.
- International Experiment to Harmonize Longitudinal and Transverse Profile Measurement and Reporting Procedures. PIARC, 2000.
- Descornet, G. – Berlemont, B. – Martin, H.M.: FILTER-Analysis of Transverse Measurements. FEHRL Technical Paper 2001/01. FEHRL, 2000.
- COST Action 354 Performance Indicators for Road Pavements. The way forward for pavement performance indicators across Europe. Final Report. July 2008, 68 p.

## SUMMARY

### CHARACTERIZATION OF THE CROSS PROFILE OF ROAD PAVEMENTS

One of the COST actions deals with the performance indicators for road pavements, and their European-wide uniform specification is proposed. The article summarizes the results of the action on the characterization of road pavement cross profiles, highlighting the possibility of their use in Hungary.

# STRATÉGIA AZ INTELLIGENS KÖZLEKEDÉSI RENDSZEREK ÉS SZOLGÁLTATÁSOK HAZAI FEJLESZTÉSÉHEZ

## II. RÉSZ: AZ INTELLIGENS KÖZLEKEDÉSI RENDSZEREK TOVÁBBI, PRIORITÁSSAL RENDELKEZŐ ALKALMAZÁSI TERÜLETEI <sup>1</sup>

DR. LINDENBACH ÁGNES <sup>2</sup>

### 1. AZ INTELLIGENS KÖZLEKEDÉSI RENDSZEREK ÉS SZOLGÁLTATÁSOK PRIORITÁSSAL RENDELKEZŐ TOVÁBBI ALKALMAZÁSI TERÜLETEINEK BEMUTATÁSA

#### 1.1. BEVEZETÉS

A hazai úthálózaton a jelenlegi helyzetet figyelembe véve, az európai és a hazai tendenciák elemzésével, a stratégiai jellegű aktuális EU-dokumentumokkal, valamint hazai dokumentumokkal összhangban rögzíthetők az intelligens közlekedési rendszerek és szolgáltatások területén a legfontosabb alkalmazási területek, prioritások.

A fentiek figyelembevételével meghatározott alkalmazási területek a következők [1]:

- ITS alkalmazása a modern útüzemeltetésben – forgalmi menedzsment;
- az autópálya-hálózat forgalomszabályozó és információs rendszerei;
- forgalomirányító központok;
- multimodális közlekedési információk: valós idejű információs rendszerek;
- elektronikus útdíjgyűjtés;
- az egységes személyközlekedési elektronikus fizetési rendszer (e-ticketing);
- teherszállítás/logisztika ITS alkalmazásai;
- közlekedésbiztonságot támogató eSafety rendszerek;
- eCall integrált európai segélyhívó szolgáltatás.

*Az előző cikk összefoglalta az intelligens közlekedési rendszerek aktuális tendenciáit, az ITS stratégia hátterét, a stratégiai jelentőségű EU- és hazai dokumentumokat, és elkezdte a prioritással rendelkező alkalmazási területek bemutatását (ITS alkalmazása a modern útüzemeltetésben – forgalmi menedzsment).*

*Jelen cikk folytatja a további (a fentiekben felsorolt) prioritások ismertetését, kiegészítve a prioritásokhoz kapcsolódó horizontális feladatok bemutatásával.*

### 1. 2. AUTÓPÁLYA-HÁLÓZAT FORGALOMSZABÁLYOZÓ ÉS INFORMÁCIÓS RENDSZEREI

#### Háttér/jelentőség

Aszerint, hogy a forgalomszabályozó és információs rendszerek az úthálózat melyik elemén fejtik ki hatásukat, beszélhetünk *hálózati rendszerekről*,

*vonali szabályozó rendszerekről, és pontszerűen működő rendszerekről. A forgalmi menedzsment eszköztárban a változtatható jelzés-tartalmú táblákat felhasználó forgalomszabályozó és információs rendszerek a legjelentősebbek, hiszen a legkedvezőbb hatások, illetve a legnagyobb haszonértékek ezekhez a rendszerekhez kapcsolódnak.*

*A legfontosabb hatásnak a közlekedésbiztonság növelése és a rendelkezésre álló úthálózati kapacitás maximális kihasználása/növelése tekinthető. A forgalomszabályozó és információs rendszerek a forgalomlefordulás stabilizálása illetve a torlódások megszüntetése/csökkentése által hozzájárulnak a közlekedés káros környezeti hatásainak csökkentéséhez is. A legfontosabb haszonértékeket a balesetek számának csökkenése miatti nemzetgazdasági veszteség csökkentése jelenti, továbbá jelentős az utazási időveszteségek csökkenése is.*

Kiemelendő hatás az építési beavatkozások időben való elhalaszthatósága: *osztrák tapasztalatok szerint* az autópálya-hálózaton átlagosan évi 2–3%-os forgalomnövekedést feltételezve egy vonalszakaszon, megfelelő *vonali forgalomszabályozás* létesítésével, a *szükséges építési beavatkozás időben 2–5 évvel elhalasztható* [2].

Az európai „euroregionális projektek” keretében a forgalomszabályozó és információs rendszerek esetében az elvégzett vizsgálatok és értékelések eredményei a következőket mutatják [3]:

- torlódások számának csökkenése a TERN-hálózat túlterhelt szakaszain: 5–15%;
- közlekedésbiztonság javítása a változtatható jelzéstartalmú táblákkal felszerelt útszakaszokon (utazási információk adásával) átlagosan: 20–30%;
- a károsanyag-kibocsátás a torlódások csökkenése miatt 5%-kal csökkenhet.

A tapasztalatok szerint a forgalomszabályozó és információs rendszerek (vonali szabályozás) alkalmazása esetében az összes haszonértéken belül az egyes tényezők arányának alakulása a következő:

- elérhető haszon aránya a *közlekedési balesetekhez* kapcsolódó nemzetgazdasági veszteségek elkerülése miatt: 65–66%;
- elérhető haszon aránya az *utazási időveszteségek* csökkenése miatt: 33%;
- elérhető haszon az *üzemeltetési költségek* csökkenése miatt: 1–2%.

<sup>1</sup> Jelen cikk a 2008. szeptemberi számunkban megjelent cikk folytatása

<sup>2</sup> Egyetemi magántanár, ügyvezető, főtitkár, ITS Hungary Egyesület

## Jelenlegi helyzet

Az európai közlekedéspolitikai szempontok szerint az európai szinten összehangolt *forgalomirányítási intézkedések* a forgalmi viszonyok általános javulását eredményezhetik a városokat összekötő főútvonalakon, függetlenül attól, hogy mi okozza a torlódást (balesetek, időjárás, egyszeri vagy ismétlődő zavarok stb.).

Magyarországon az 1990-es évek elején elkészült egy *forgalomszabályozó és információs rendszer* terve a stratégiai fontosságú Budapest körüli M0 autópálya környékre *MARABU* névvel, majd a kilencvenes évek elején elkészült a *MAESTRO projekt* mint az M3 autópálya integrált forgalomszabályozási és információs rendszere.

Az úthasználóknak a veszélyhelyzetre kellő időben, kellő helyen való figyelmeztetését teszi lehetővé az autópálya-hálózaton kihelyezett mintegy negyven *változtatható jelzéstartalmú dinamikus közlekedési információs tábla*, amelyek jelenleg azonban nem alkotnak *egységes szabályozó rendszert*. A táblák az M1, M3, M5 és M7 autópályákon találhatók, jelentős részük a CONNECT „euroregionális” projekt keretében került kihelyezésre.

Az *Egységes Közlekedésfejlesztési Stratégia „Fehér Könyve”* a horizontális ható tényezők elemzésénél, a „környezetet kímélőbb, energiahatékony szállítási rendszerek kialakításának” eszközeként tartja számon az intelligens közlekedési szolgáltatások kiépítését a teljes TEN-hálózaton [4].

A közeljövőben a kollektív, dinamikus, integrált forgalomszabályozó és információs rendszerek az *autópálya-forgalomszabályozás alapját* képezik. Az *integráció* (illetve üzemeltetési határokon átnyúló menedzsment) ezeknél a rendszereknél a szomszédos autópálya-szakaszokkal, valamint az autópályához kapcsolódó városi úthálózattal (M0 környékű, illetve az autópályák bevezető szakaszai), továbbá a kapcsolódó alsóbb rendű úthálózattal való együttműködést jelenti.

### A forgalomszabályozó és információs rendszerek feladatainak áttekintése

A jövőben meglévő forgalomszabályozási és információs rendszereknek mind a *minőségi továbbfejlesztése*, mind pedig a térbeli kiterjesztése szükséges az *autópálya-hálózaton*.

Elsősorban az autópálya-hálózat *kritikus szakaszain* (fővárosi bevezetőszakaszok) szükséges olyan érzékelők telepítése (videokamerás megfigyelés), amelyek lehetővé teszik a rendkívüli forgalmi helyzetek azonnali érzékelését, a minél előbbi beavatkozás érdekében.

A forgalomszabályozó és információs rendszerek további kiépítése folytatódik az autópálya-hálózaton a CONNECT projekt keretében. Kiemelt jelentősége az M0 környékű, az autópályák bevezető szakaszain, továbbá a fővároshoz közeli (túlterhelt) szakaszokon megvalósítandó forgalomszabályozó rendszereknek van.

Egy *egységes műszaki szabályozási háttér* szükséges a forgalmi igényekhez igazodó, az autópálya-üzemeltetőktől függetlenül az *egész hazai autópálya-hálózaton* a járművezetőkkel azonos módon kommunikáló rendszerek létesítéséhez. A forgalomszabályozó és információs rendszerek alkalmazásához, tervezéséhez *üzemi műszaki előírás* készül, *ÚT 2-1.165 Intelligens forgalomszabályozó és információs rendszerek alkalmazása*

– ajánlás a *változtatható jelzéstartalmú táblákat felhasználó forgalomszabályozási és információs rendszerek tervezéséhez* címmel.

Kiemelt jelentőségű a forgalomszabályozó és információs rendszerek *alkalmazási kritériumait* (forgalmi terhelés, baleseti helyzet) figyelembe vevő – a hosszú távú fejlesztési/beruházási tervek alapjául szolgáló – *prioritási lista elkészítése*.

*Kapcsolódó feladatként együttműködési megállapodás* szükséges a különböző adatforrások adatainak/információinak külső felhasználására, a rendszerszolgáltatók, az adatszolgáltatók, a tartalomszolgáltatók stb. részvételével a forgalomszabályozási rendszerek magas színvonalú működtetését lehetővé tevő adatbázisok létrehozására; illetve a különböző üzemeltetők által üzemeltetett autópálya-szakaszok/hálózatok forgalomszabályozási rendszerei közötti együttműködés megteremtésére, az azonos szolgáltatási színvonal elérése érdekében.

A CONNECT projektben a forgalomszabályozó és információs rendszerek területe kiemelt témaként szerepel (D3 alkalmazási terület: *Forgalmi menedzsment és forgalomszabályozás*), a projekt keretében ezen a szakmai területen eddig öt projekt készült el, egy pedig kidolgozás/megvalósítás alatt van. Az összesen hat projektből négy projekt tanulmány, illetve megvalósíthatósági tanulmány, kettő pedig ún. pilotprojekt, illetve megvalósítás.

Az *EasyWay projekt* hazai munkaprogramjában is kiemelt szerepe van a *forgalmi menedzsmentnek, illetve a megfelelő adatbázisoknak*: összesen két projekt készül majd a hazai partnerek közreműködésével.

A projekt keretében készülő „*ES 3: VMS harmonisation*” európai tanulmány a forgalomszabályozó és információs rendszerekben alkalmazott változtatható jelzéstartalmú táblák területével foglalkozik majd.

## 1. 3. FORGALOMIRÁNYÍTÓ KÖZPONTOK

### Háttér/jelentőség – jelenlegi helyzet

A TERN-hálózatok hatékony, biztonságos, magas színvonalú üzemeltetése összehangolt, interoperábilis forgalmi menedzsment intézkedés tesz szükségessé, mivel a közúti forgalom nem áll meg az országhatároknál, és természetesen a forgalmi adatfolyamok sem.

A *forgalmi információs központok* (TIC – **T**raffic **I**nformation **C**entre) és a *forgalomirányító központok* (TCC – **T**raffic **C**ontrol **C**entre) magas színvonalú működése biztosítja a kiindulási alapot a hatékony *forgalmi menedzsment intézkedésekhez*, valamint a magas színvonalú valós idejű információs szolgáltatásokhoz. A határon átnyúló együttműködés a TIC/TCC központok között jelentős támogatást jelent a kiemelt jelentőségű korridorok forgalmát illetően. Különösen fontos az ún. hosszú útvonalú korridorokon (LDC – **L**ong **D**istance **C**orridor) lebonyolódó forgalomkezelés, azaz a korridorok mentén a központok együttműködése által lehetővé váló *összehangolt forgalmi menedzsment tervek/intézkedések*.

A *forgalomirányító központok* létrehozásának és működésének az egyes hálózatüzemeltetők együttműködésének szempontjából van jelentősége, egy *regionális központ* ugyanis sokkal megbízhatóbban tudja biztosítani a főúthálózatra, illetve a csatlakozó városi hálózatra vonatkozó közlekedési in-

formációkat, mint az egyes helyi hatóságok és ütügyi hatóságok/útkezelők, illetve a rendőri szervek külön-külön. Emellett a hálózati forgalomirányítás hatékonyabb, mint a vonali szabályozás, például egy fontosabb város bevezető útjain.

A *TEMPO* projektek keretében az „euroregionális” projektek egyik kiemelt fontosságú témaköre (alkalmazási területe) a *forgalomirányító központok európai hálózata*, a TERN-hálózatok magas színvonalú forgalmi menedzsmentjének ellátására. A TEMPO projekt keretében számos projekt indult, hogy a speciális városi, regionális és nemzeti forgalomirányító és információs központokhoz egy valóban *európai dimenzió* társuljon.

A forgalomirányító központok korábban csak helyi problémákkal foglalkoztak, de az Európai Unión belüli növekvő távolsági forgalom és az egységes páneurópai szolgáltatások követelményei közepette a hangsúly a *regionális* és esetenként a *nemzetközi* integráció felé tolódik. A forgalomirányító központok *európai hálózatának* kiépítése a TERN jó működésének egyik legfontosabb tényezője.

A forgalomirányító központok között folyó információcserét több intelligens közlekedési rendszer, illetve szolgáltatás alapinfrastruktúrájának tekinthetjük.

Az 1997 októberében megtartott 4. ITS Világkongresszus alkalmából az EU-tagállamok többsége, valamint néhány magánszervezet aláírt egy egyezményt a *határokon túlnyúló, a forgalomirányító központok közötti adatcserét lehetővé tevő egységes adatátviteli módokról*. Ez az egyezmény nagy mértékben hozzájárult a már működő, illetve a jövőbeli tematikai rendszerek/központok interoperábilis működéséhez (MoU, 1997).

Az EU Bizottság euroregionális projektjeinek keretében végzett közös munka egyik eredménye, hogy egy *új DATEX megállapodási szerződés* is elkészült. A DATEX II adatátvitelt egységes, nyílt, szabadon alkalmazható adatátvitelt biztosít, XML adatátviteli közeg alkalmazásával. Elterjedt használata révén át fogja hidalni a nemzetközi adatátviteli „szakadékokat”.

### **Jelenlegi helyzet**

*Magyarországon jelenleg* nincsen üzemben *országos szinten* működő, illetve országos feladatot ellátó forgalomirányító központ. Az autópálya-hálózat egyes szakaszait lefedő forgalom-szabályozó rendszerek/központok fejlesztés alatt állnak.

Budapesten és egyes vidéki városokban (pl. Debrecenben) fejlesztés alatt áll az a városi forgalomirányító rendszer, amely majd teljes kiépítésében várhatóan képes lesz együttműködni a hálózati kapcsolódó elemek forgalomirányítójával. Jelen kiépítettségükben a városi forgalomirányítás alapvető feladatait látják el.

Hiányzik egy olyan *jogi és szervezeti „keret”*, mely támogatná azt az alapelvet, hogy a szolgáltatás üzemeltetői által igényelt minden forgalmi információs adatot valamennyi forgalmi információs központnak rendelkezésre kellene bocsátania.

Az ÁAK Zrt. *forgalomirányító központ fejlesztésére* vonatkozóan stratégiai jelentőségű tanulmány készült a CONNECT projekt keretében. A tanulmány célja annak a migrációnak, azaz fejlesztési útnak felvázolása volt, amely a stratégiai célokból indul ki, és figyelembe vette a nemzetközi és a hazai irányelveket.

Elkészült egy olyan *forgalomirányító központ javaslat*a, amely az elvárható, korszerű funkcionalitások biztosításával képes az állami autópálya-hálózat forgalmának irányítására. A fejlesztések második ütemének célja pedig a forgalomirányító központ más központokkal – elsősorban a budapesti közúti forgalomirányító központtal – való együttműködésének kialakítása, és a regionális, illetve határon átnyúló kooperáció lehetőségének megteremtése.

### **A forgalomirányító központokhoz kapcsolódó feladatok áttekintése**

Feladataik teljesítéséhez a *forgalmi információs központokat* és a *forgalomirányító központokat* új algoritmusokkal, a legmodernebb hardverekkel, optimális szoftverekkel és egyéb új technológiákkal kell felszerelni. Néhány EU-tagállamban modernizálni kell a forgalmi információs központokat és a forgalomirányító központokat, bizonyos esetekben pedig meg kell építeni azokat, hogy az úthasználók/utazók számára magas szolgáltatási szint legyen biztosítható. Ez is hozzájárulhat a közúti közlekedés káros hatásainak csökkentéséhez (vagy legalábbis azok növekedésének elkerüléséhez).

A fentieknek megfelelő *forgalomszabályozó központ kiépítése, illetve korszerűsítése elkezdődött*. A feladatokat az autópálya-hálózat üzemeltetésének intézményi hátterét is figyelembe véve – azaz azt is szem előtt tartva, hogy ma nem az ÁAK Zrt. üzemelteti a teljes autópálya-hálózatot – kell meghatározni.

A *rendszerintegráció* szerepe a TIC/TCC központok esetében kiemelt jelentőségű, hiszen csak emellett biztosítható az ún. „szinergia hatás” elérése. A rendszerintegráció jelenti a közös adatbázis létrehozását, a különböző forgalombefolyásolási intézkedések összekapcsolását, illetve integrált stratégiák alkalmazását az érintett/üzemeltetett hálózaton.

A határon átnyúló adatcsere vonatkozhat *üzemeltetési határokra* (autópálya-üzemeltetők), különböző jellegű *infrastruktúrák közötti „határra”* (autópálya-hálózat, városi hálózat, tömegközlekedési hálózat), illetve *valóságos országhatárookra* is regionális együttműködés esetében, valamely európai korridor mentén.

A legfontosabb hazai feladatok az alábbiakban foglalhatók össze: – a meglévő forgalomirányító központok/ forgalmi információs központok elemzése (jelenlegi helyzet, EU-tapasztalatok, EU-direktívák, fejlesztési igények); – a hazai TIC/TCC hálózat lehetséges központjainak meghatározása; – az ÁAK Zrt. forgalomirányító központjának migrációja, fejlesztése; – követelmények meghatározása a forgalomszabályozó és információs rendszereket működtető forgalomirányító központok különböző funkcióihoz (adatgyűjtés, adattárolás, adatfeldolgozás/kezelés, adatcsere, adatminőség, úthoz és járműhöz kapcsolódó infrastruktúra stb.); – forgalomirányító központok/információs szolgáltatások koncepciója, „PPP” együttműködés, üzleti modellek, marketing modellek.

A CONNECT projektben a *forgalomirányító központok* területe kiemelt témaként szerepel (D2 alkalmazási terület: *Forgalomirányító központok európai hálózata*), a projekt keretében ezen a szakmai területen eddig hat projekt készült el, három pedig kidolgozás/megvalósítás alatt van. Az összesen kilenc projektből öt projekt tanulmány, illetve megvalósítási tanulmány egy pedig ún. pilotprojekt, továbbá egy megvalósítás.

Az *EasyWay* projekt hazai munkaprogramjában is kiemelt szerepe van a *forgalomirányító központoknak az ún. D4 alkalmazási területen belül (hatékony infokommunikációs technológia infrastruktúra)*, összesen három projekt készül majd a hazai partnerek közreműködésével.

A projekt keretében készülő „ES 4 DATEX 2” európai tanulmány témája a jövőben kiemelt jelentőségű szerepet játszó adatátvitel.

#### 1. 4. MULTIMODÁLIS KÖZLEKEDÉSI INFORMÁCIÓK: VALÓS IDEJŰ INFORMÁCIÓS RENDSZEREK

##### Háttér/jelentőség

A járművezető/közlekedő az *utazása alatt* is folyamatosan igényel *információkat*, ennek biztosítása az *utazás alatti szolgáltatások* területe. Ezek az információk az úthálózatra, az aktuális forgalmi helyzetre, az időjárás helyzetre, illetve az útburkolat felületére vonatkozó információk, optimális útvonalajánlások a kiválasztott úticél eléréséhez, valamint parkolási információk, továbbá egyéb, az utazással kapcsolatos információk.

Az *utazás előtti és utazás alatti* szolgáltatások azonos jellegű információkat használnak és továbbítanak az úthasználók számára, illetve ezen információk gyakran azonos technológián keresztül jutnak el a járművezetőkhez. Így ezen rendszerek azonos kategóriát jelentenek, és közös néven „*utazási információs szolgáltatások*” szerint kezelhetők.

Az *utazási információk* általánosságban két csoportba sorolhatók: a *statikus* információk, melyek előre ismertek és ritkán kerülnek frissítésre; valamint a *valós idejű* információk, melyek a váratlan/előre nem látható események függvényében gyakran kerülnek frissítésre.

Az alkalmazások széles köre, és számtalan rendszer létezik ma a TERN-hálózathoz kapcsolódóan. Különlegesen nagy figyelmet kell fordítani a szolgáltatások európai szintű elérhetőségére.

A *valós idejű információs szolgáltatások* a következő kategóriákba sorolhatók [5]:

- *valós idejű utazási idő előrejelzése*: forgalmi információs hírek, személyre szóló utazásiidő-előrejelzések (*utazás előtti és utazás alatti információk*);
- *útmenti információk*: személyre szóló utazásiidő-előrejelzés, változtatható jelzéstartalmú táblákkal (*utazás alatti információk*);
- *járművön belüli információk*: forgalmi információs hírek helyi/nemzeti rádiókban; járművön belüli navigációs rendszerek; járművön belüli navigációs rendszerek + forgalmi információk RDS-TMC, DAB (DAB: **D**igital **A**udio **B**roadcasting: digitális rádiózás) felhasználásával; valós idejű fedélzeti figyelmeztetés/infrastruktúra-jármű kommunikáció (*utazás alatti információk*);
- *internet alapú információk*: forgalmi információs internetes portálok; a valós idejű közlekedési információk összegyűjtése egy internetes oldalon; valós idejű forgalmi helyzet megjelenítése térképen; webkamerák képei az interneten; többlet értéket biztosító információk vagy modulok az interneten (utazási idő, forgalom-előrejelzés, időjárás viszonyok) stb.; (*utazás előtti információk*);
- *mobil szolgáltatások*: információs és figyelmeztető szolgáltatások mobil interneten keresztül (wap, SMS, PDA, 3G); zárláncú televíziós hálózatok képei a mobiltelefonokon; valós idejű információkat és előrejelzéseket biztosító telefonos központok (ún. „call center”-ek); önálló európai utazási információs telefonszám (pl. 115) stb.; (*utazás alatti információk*)

- *teher szállításra vonatkozó szolgáltatások*: teher szállítással kapcsolatos weboldalak és portálok utazás előtti információkhoz; utazás alatti információk a tehergépjármű-vezetők számára; dinamikus információk a pihenőhelyeken rendelkezésre álló parkolóhelyekről; többnyelvű szolgáltatások; hosszú távra vonatkozó információs szolgáltatások (*utazás előtti és utazás alatti információk*);
- *multimodális interfészek*: regionális multimodális portálok; nemzetközi multimodális portálok; multimodális statikus útvonaltervezés; mobilitás-összehasonlítás az utazási idők és a környezeti hatások alapján; multimodális valós idejű útvonaltervezés (*utazás előtti és utazás alatti információk*);
- *egyéb szolgáltatások*: forgalmi információs standok a stratégiai fontosságú helyeken; szórólapok és kiadványok.

A jövő megoldásai ennek megfelelően olyan *integrált rendszerek*, amelyek *mindenki* számára, *mindenhol*, *minden időben* elérhető információkat nyújtanak a közlekedéshez kapcsolódóan, felhasználóbarát eszközök, illetve információs berendezések segítségével. A felhasználók köre kibővül, közlekedési/utazási információk nemcsak az úthasználók/járművezetők, hanem a tömegközlekedést használók, a gyalogosok, a kerékpárosok számára is rendelkezésre állnak.

##### Jelenlegi helyzet – hazai rendszerek, megoldások

Magyarországon több éve működnek internet alapú közlekedési portálok, közlekedési információs weboldalak. Ezek lehetnek egyszerű linkgyűjtemények (egy oldalon összefoglalnak olyan elérhetőségeket, amelyek adott témában kiszolgálják a felhasználót): ilyen pl. a menetrendi gyűjtemények oldala, ahonnan a különböző közlekedési vállalatok (MÁV, Malév, Volán, BKV) menetrendi oldalaira lehet eljutni, és lehetnek komplexebb szolgáltatást nyújtó oldalak is. Ez utóbbiak főként az útvonaltervező rendszerek.

A legelterjedtebb magyar útvonaltervező szolgáltatás a [www.utvonalterv.hu](http://www.utvonalterv.hu). Jelenleg naponta kb. 40-50 ezer felhasználót szolgál ki (a felhasználószám folyamatosan növekszik), akik átlagosan 10-15 közlekedéssel összefüggő – térképes megmutatás, szöveges részlet – oldalt töltenek le, tehát a szolgáltatás napi átlagos használatúsága 5-600 ezer oldalletöltés.

Internet alapú az „Innenoda” nevet viselő SMS/MMS szolgáltatás is, amely egy mobiltelefonra kérhető útvonalajavaslat. SMS-ben kell beküldeni az induló és érkező címet, valamint az utazási módot (személygépkocsi, BKV), és a mobiltelefonra MMS-ben érkezik meg a térképes és szöveges listás útvonalajánlat.

Több éve működő szolgáltatás a WAP-os útvonaltervező (T-mobile és Pannon szolgáltatás). Ez felhasználói oldalról hasonlít az Innenoda rendszerhez, azzal a különbséggel, hogy itt az eredmény csak egy szöveges lista.

Az ÁAK Zrt., az Útinform, valamint a Fővinform önálló honlapot üzemeltet, amelyben folyamatosan tájékoztatja a közlekedőket az utakon várható, forgalommal kapcsolatos változásokról, a tervezett forgalmi rend módosulásairól és a tudomásukra jutott közlekedési eseményekről.

Magyarországon hozzávetőlegesen másfél éve robbant be a hordozható navigációs rendszer, amelynek ma már hozzávetőlegesen 300 ezer hazai felhasználója van. Magyarországon a PDA/PNA alapú rendszerek lettek népszerűek.

2008. augusztus 1-jétől működik hazánkban az RDS-TMC szolgáltatás Budapest területén, az autópálya-hálózaton, továbbá az elsőrendű, valamint másodrendű főútvonal-hálózaton. Az aktuális információk a navigációs rendszerek útvonalajánlatait „finomítják”.

### **A valós idejű közlekedési információs rendszerekhez kapcsolódó feladatok áttekintése**

Az individuális információs rendszerek – utazás előtti és utazás alatti információs rendszerek – esetében a továbbfejlesztés feladatai igen szerteágazók.

A legfontosabb feladatok az úthálózatra vonatkozó statikus adatbázisok kiegészítése aktuális mérési adatokkal, „online” információkkal; és a kibővített adatbázis segítségével az útvonalajánlásoknál (gépjárművezetőknek, tömegközlekedési eszközök használóinak és gyalogosoknak) az aktuális forgalmi viszonyok figyelembe vétele (dinamikus adatok felhasználása az algoritmusokban).

*Kapcsolódó feladatnak* tekinthető az együttműködés a mérési adatok rendelkezésre bocsátására és az információk aktualizálására az adatbázisok tulajdonosaival, az adatgyűjtő rendszereket/forgalomirányító központokat üzemeltetővel.

A feladatok az alábbiakban foglalhatók össze:

- a közúthálózat (ITS rendszerek használatához alkalmas) európai rendszerekkel kompatibilis *digitális térképének* elkészítése
- az úthálózatra vonatkozó *statikus adatbázisok* kiegészítése aktuális mérési adatokkal, „*online*” információkkal – az útvonalajánlásoknál (gépjárművezetőknek, közösségközlekedési eszközök használóinak és gyalogosoknak) az *aktuális* forgalmi viszonyok figyelembe vétele (dinamikus adatok felhasználása az algoritmusokban)
- adatbázisok kiterjesztése *tetszőleges* adatbázissal, amelyre az úthasználók/járművezetők útközben igényt tartanak, illetve az adatbázisok *multimodális* kiterjesztése: pl. a közlekedés területén egyéb alágazatok területére (vasút stb.)
- a különböző hazai közlekedési vállalatok menetrendi és járatinformációinak egységes adatbázisba történő szervezése, amely az alapja lehet a multimodális útvonalajánló rendszereknek
- a ma Budapest területén működő információs rendszerek (GSM-alapú rendszerek, illetve az információs terminálok) *kiterjesztése* nagyobb területekre, így ezek a *helyi jelentőségű* rendszerből *regionálisan* vagy *országosan használt rendszerek* képezhetők
- információk megjelenítése interneten, a közúti információs szolgáltatások (Útinform/Fővinform) napi adatbázisának felhasználásával, lehetséges továbbfejlesztés: GSM-et felhasználó szolgáltatásokkal való kiegészítés
- parkolóhelyek, kiemelten a P+R parkolók statikus adatainak rögzítése és a dinamikus parkolási adatok követése a multimodális útvonalajánló rendszerek szerves részét képező
- a balesetmentes közlekedés javítása érdekében az internetes útvonalajánló rendszerekben a – múltbeli statisztikák, időjárási tényezők, útgeometria alapján – balesetveszélyesnek tartott kereszteződések, útszakaszok feltüntetése

A CONNECT projektben az utazási információs rendszerek területe kiemelt témaként szerepel (D4 alkalmazási terület: *Utazási információs szolgáltatások*), a projekt keretében ezen a szakmai területen eddig öt projekt készült el, három pedig kidolgozás/megvalósítás alatt van. Az összesen nyolc projektből öt projekt tanulmány, illetve megvalósítási tanulmány, három pedig ún. pilotprojekt.

Az *EASYWAY projekt* hazai munkaprogramjában is kiemelt szerepe van az információs rendszereknek, az ún. *D1 alkalmazási területen belül (Európai-kiterjedésű közlekedési információs szolgáltatások)* összesen két projekt készül majd a hazai partnerek közreműködésével.

## **1. 5. ELEKTRONIKUS ÚTDÍJGYŰJTÉS**

### **Háttérjelentőség**

A közúti infrastruktúra finanszírozásához a költségvetés forrásain kívül egyéb pénzügyi eszközökre is szükség lehet. A gyakorlatban az *utak építésével és üzemeltetésével kapcsolatos költségek* finanszírozása, illetve kompenzációja a fő motiváló tényezője az úthasználati díj bevezetésének, de az úthasználati díj a *közlekedési igények befolyásolásának* a leghatékonyabb szabályozó eszköze is lehet.

Az EU szabályozáspolitikai hatásköre egyre inkább kiteljesedett az elmúlt évtizedben. A közlekedési infrastruktúra-használati díjrendszerekről szóló hatályos és tervezett jogszabályok az *idővel, illetve a távolsággal, valamint az okozott környezeti károkkal arányos, egymással interoperábilis útdíjrendszerek* bevezetését szorgalmazzák az európai úthálózatokon, a közúti infrastruktúra építési, üzemeltetési, fenntartási és fejlesztési költségei, valamint az externális költségek részbeni fedezésére.

Az elektronikus útdíjgyűjtő rendszerek *technológiai megoldásai* különbözőek lehetnek, azonban a különböző műszaki megoldásoknak az európai tematikai rendszerekre vonatkozó alapvető követelménynek – *kompatibilitás/interoperabilitás* – megfelelően egymással „kommunikálni” kell majd tudniuk a jövőben, az európai ún. „konvergencia kritériumnak” megfelelően.

### **Jelenlegi helyzet**

Ma a különböző *európai országok* különböző hálózatüzemeltetői által működtetett rendszerek *egymástól bizonyos komponenseiben még különböző, de már egymáshoz közelítő technológiai megoldásokat* mutatnak fel az úthálózaton. Így, pl. a koncessziós alapon díjat szedő országok szinte kizárólag DSRC megoldásokat használnak, több mint 20 millió előfizetővel. Az európai interoperabilitás a 2001-ben elindult svájci és a 2004-ben elindult osztrák rendszer között valósult meg először, 2004-től kezdve Ausztria irányába a svájci fedélzeti eszközök használhatóak. A skandináv országok között a teljes körű kereskedelmi alkalmazás során 2007-ben indult el a NOR-ITS program. Portugália és Spanyolország között a „Via-Iberica” program, míg Európa közepén hamarosan a Media program teremti meg nemzetközi díjfizetés lehetőségét. Olaszország önmagában nem európai szabvány szerinti, tehát nem interoperábilis mikrohullámú rendszert használ, ezzel az EU által meghatározott kétnormás fedélzeti eszköz révén lehet majd megteremteni az együttműködés lehetőségét. Németországban a GSM/GNSS technológiát alkalmazó rendszer elméletileg „lefelé” kompatibilis a DSRC megoldásokkal, azonban az interoperabilitás árának megfizetése miatt ennek gyakorlati alkalmazására még nem került sor, hasonlóan a cseh és osztrák rendszerek ilyen összekapcsolásának hiányához.

### **Az európai technológiai háttér**

Mivel a megtett úttal arányos útdíjfizetési rendszer kialakításakor mindenképpen figyelembe kell venni az Európai Parlament és a Tanács 2004/52/EK számú, a Közösségen belüli elektronikus útdíjgyűjtő rendszerek átjárhatóságáról szóló „interoperabilitási” irányelvét [6], mely szerint:



„A 2007. január 1-jén vagy azt követően elektronikus útdíjgyűjtő műveletek végrehajtása céljából üzembe helyezett összes új rendszerben kizárólag a következő technológiák alkalmazhatóak (közülük egy vagy több) <sup>3</sup>:

- a) műholdas helymeghatározás;
- b) GSM-GPRS szabványt (hivatkozás: GSM TS 03.60/23 060) használó mobilkommunikáció;
- c) 5,8 GHz-es mikrohullámú technológia.”

#### Díjpolitika háttér

Az európai direktíva *nem foglalkozik a díjpolitikával*, nem kíván döntést hozni a jövőben alkalmazni kívánt díjpolitikával kapcsolatban.

A *díjpolitika* állami hatáskörbe tartozik, annak meghatározásakor az állami érdekek mellett szükséges az Európai Unió vonatkozó elveit, célkitűzéseit és szabályozását is figyelembe venni. Ezekről „A nehéz tehergépjárművekre egyes infrastruktúrák használatáért kivetett díjakról” szóló, 1999/62/EK számú (European Parliament and Council, 1999), valamint „A nehéz tehergépjárművekre egyes infrastruktúrák használatáért kivetett díjakról” szóló 1999/62/EK irányelv módosításáról” címet viselő 2006/38/EK számú irányelv [7] (együttesen: „Eurovignetta” irányelve) ad útmutatást.

Az irányelv kimondja, hogy a tagállamok csak az irányelvben meghatározott feltételek szerint tarthatnak fenn, illetve vezethetnek be (megtett úthosszal arányos) autópályadíjakat és/vagy (időtartam alapú) használati díjakat a transzeurópai közúthálózaton, vagy ezen hálózat részein. Mindemellett az irányelv engedélyezi a tagállamoknak, hogy szabadon alkalmazzanak autópályadíjakat és/vagy használati díjakat a transzeurópai közúthálózatba nem tartozó utakon.<sup>4</sup>

#### Hazai díjpolitikai megfontolások

2004 februárjában egy tárcaközi szakértőkből álló Díjpolitikai Szakértői Bizottság javaslatára a GKM Minisztériumi Kollégiuma elfogadta az új, hosszú távú díjpolitika alapelveit. Erre, valamint a hatályos közlekedéspolitikára alapozva – továbbá az európai díjpolitikai háttérre is figyelemmel – jelenleg készül a társadalmi vitára szánt díjpolitikai koncepció tervezete.

A 2007-ben megjelent *Egységes Közlekedésfejlesztési Stratégia* (EKFS) *Zöld Könyve* [8] megfogalmazza az elektronikus útdíjgyűjtés legfontosabb elveit. A megtett úttal arányos elektronikus díjgyűjtő rendszer bevezetésének indokai gazdasági és politikai/társadalmi jellegűek.

Az elektronikus ügyintézés jegyében a GKM 2008. január 1-jétől megszüntette a papír alapú matricás rendszert és helyette elektronikus alapú, „e-matricás” rendszert vezetett be; az új megoldás költséghatékonyabb kialakítást tesz lehetővé.

A díjpolitikát érintő *legújabb megfontolások* közül megemlíthető, hogy – a fokozatos bevezetés elvét és az okozott költségek fedezhetőségének elvét követve – először csak a 7,5 tonna össztömegnél nehezebb tehergépjárművekre tervezett az útdíjak kivetése, a további járműkategóriákra vonatkozóan csak a későbbiekben, lépcsőzetesen történne a bevezetés.

#### **Az elektronikus útdíjgyűjtéshez kapcsolódó feladatok áttekintése**

A díjképzés kapcsán célként jelenik meg a „használó” és a „szennyező” elvek maradéktalan érvényre juttatása a jelenlegi árképzési módszer felülvizsgálatával és a differenciálási szabályok további finomításával.

A rendszer kialakítása során törekedni kell – a járműkategóriák mellett – a *különböző útkategóriákra* történő fokozatos bevezetésre. A megvalósításhoz kapcsolódóan azonban számos műszaki és gazdasági, valamint jogi jellegű feltételek teljesítése is szükséges.

Az elektronikus útdíjgyűjtéshez kapcsolódó feladatok az alábbiakban foglalhatók össze:

- az útdíjszintekre, az érintett útszakaszokra és gépjármű-kategóriákra, a díjszint-kategóriák közötti differenciálására vonatkozó díjpolitikai döntések meghozatala és a stratégiai díjpolitikai elvek kialakítása;
- a rendszer üzleti-kereskedelmi modelljének elemzése, elfogadása;
- a díjpolitikai elvek értelmében részletes gazdasági, környezeti és társadalmi hatáselemzés elvégzése;
- a koncepció társadalmi vitájának lebonyolítása, a felhasználói csoportok folyamatos tájékoztatása;
- a szükséges jogszabályi háttér kialakítása;
- a rendszerre (vagy szolgáltatásra) irányuló nemzetközi ajánlatkérés és versenytárgyalás útján történő megvalósítása.

#### **1. 6. AZ EGYSÉGES SZEMÉLYKÖZLEKEDÉSI ELEKTRONIKUS FIZETÉSI RENDSZER (E-TICKETING)**

##### **Háttér/jelentőség**

Az EU hatályos közösségi közlekedéspolitikája, a „Fehér könyv” konkrét feladatként fogalmazza meg az integrált, több közlekedési módra is kiterjedő, egységes jegyrendszer kialakítását a személyközlekedési rendszerekben, a tarifapolitika átláthatóságának biztosítása céljából [9].

A „Fehér Könyv” 2006. évi *félidei felülvizsgálata* a városi közlekedéshez kapcsolódóan arról rendelkezett, hogy 2007. évre ki kell dolgozni a városi közlekedés „Zöld könyvét”, az európai hozzáadott értékek („European added value”) azonosítására ezen a területen [10].

Mindkét fenti dokumentum tehát *kiemelten* kezeli az integrált jegyrendszer kialakítását a személyközlekedési rendszerekben. Az integráció középpontjában az utasok, illetve magasabb színvonalon történő kiszolgálásuk áll. Az „utasbarát” kialakítás kulcsa az egyszerű és könnyen hozzáférhető, átlátható feltételekkel igénybe vehető, interoperábilis rendszerstruktúra.

A hazai „Egységes Közlekedésfejlesztési Stratégia (EKFS)” társadalmi vitára bocsátott „Zöld könyve”, amely a 2007–2020. évek közötti időszakra fogalmazza meg a közlekedés legfontosabb fejlesztési feladatait, még külön pontban foglalja össze az elektronikus közlekedési és jegy- és bérletrendszer témakörét [8].

<sup>3</sup> 2004/52/EK 2. cikk 1) bekezdés

<sup>4</sup> 2006/38/EK 1. cikk 1. e) és 2. a) bekezdések

A személyközlekedéshez kapcsolódó ITS megoldások segítségével lehetőség nyílik az üzemi és a gazdasági folyamatok és tevékenységek részletes felmérésére és egymáshoz való kölcsönös hozzárendelésére, amely alapot teremt a közösségi közlekedés közszolgáltatási szerződés keretében történő elszámoltatásához és finanszírozásához.

### Jelenlegi helyzet

Felmérések szerint az utasok egyre nagyobb számban igényelnék az intelligens fizetési megoldásokat a személyközlekedésben, de a szolgáltatók csak lassan igazodnak a megváltozott igényekhez. A technológiai fejlesztések és a rendszerkialakítások pedig egyre jobb és biztonságosabb megoldást kínálnak a papír és készpén alapú jegyvásárlás kiváltására.

Az elektronikus fizetésre a személyközlekedésben az alábbi, jövőbe mutató technológiai megoldások állnak rendelkezésre:

- chipkártya: érintésmentes írás/olvasás lehetőséget biztosító kialakítás, az utazáshoz köthető információk tárolhatók a memóriával rendelkező chipen (műanyag vagy papír alapú);
- smartkártya: ún. dual-interfészes kialakítással rendelkező bővített chipkártya, érintkezést igénylő és érintésmentes „chippel” ellátott eszköz, az utazáshoz köthető érintésmentes adatsere mellett a bankkártyás fizetéshez hasonló értékkiigyeenlítésre is lehetőséget ad, ezzel más (közlekedési vagy egyéb szektort jellemző, pl. oktatási, parkolási, kereskedelmi) szolgáltatások igénybevétele is elérhetővé válik;
- „elektronikus díj- vagy pénztárca”: olyan – akár érintésmentes – fizetést megvalósító kialakítás, amely „chip” alapú, megvalósításához pedig különböző piaci megoldások állnak rendelkezésre, a kibocsátója lehet akár a szolgáltató vállalat, vagy pedig különböző bankok, illetve hitelintézetek;
- NFC: olyan mobiltelefonos megoldás, amely egy arra alkalmas író-olvasó egység közelében adatkommunikáció segítségével jegyvásárlás, de akár pénzügyi tranzakció is végrehajtható.

A fent említett megoldások közül – az általános szolgáltatói és felhasználói szempontok (pl. biztonság, azonosíthatóság, kezelhetőség, hozzáférés stb.) alapján – a chippel ellátott kártyák képesek a legtöbb igényt kielégíteni [11]. Emellett más megoldások – amelyek elsősorban meghatározott műszaki feltételek (pl. átjárhatóság már meglévő rendszerekkel), bizonyos utazói szegmensek (pl. rendszeres/eseti felhasználók) vagy speciális tarifarendszerek (pl. minden felszállás egy egység) esetén jelenthetnek optimális megoldást – együttes alkalmazása is hasonló eredményre vezethet.

Európában a – hagyományos, papír alapú közlekedési jegyrendszer kiváltó – elektronikus jegy- és bérletrendszert már számos helyen alkalmazzák. A német Deutsche Bahn AG már hosszú ideje alkalmaz *elektronikus jegyvásárlási* és helyfoglalási rendszereket. Franciaországban tíz városban, többek között Strasbourban olyan intelligens „smart-kártya” vásárolható a jegykiadó automatáknál, amelyek az utas igényei szerint jegyként és/vagy bérletként is használható mind a buszokon, mind pedig a villamosokon. A Rajna–Majna Közlekedési Szövetség 2008-ban új szolgáltatásként elindította az „RMV-HandyTicket” szolgáltatását, amely egy mobiltelefonra letölthető alkalmazás segítségével szakaszjegy, napijegy és csoportos napijegy vásárlására ad lehetőséget az utazó számára.

Az elektronikus alkalmazások hazai elterjedése még gyerekcipőben jár, jellemzően csak elszigetelt megoldások találhatók a piacon. Egyes Volán-társaságok (Alba Volán, Borsod Volán, Kunság Volán) elindították az egységes hazai alapokra (Elektra Hungaria 2.1 és 2.2 keretre) épülő „chipkártyás” bérletrendszereiket, de

megtalálható a mobiltelefonos (SMS alapú) és az internetes jegyértékesítés is a gyakorlatban [11].

A BKV és a MÁV-Start kezdeményezett olyan megoldásokat is, amelyek a fizetési lehetőségeken kívül forgalomirányítási és utastájékoztatási funkciókat is megvalósítanak, ráadásul egyben a jegyár-támogatási rendszer elszámolási alapjául is szolgálhatnak. A jelenlegi megoldások azonban csak részben képesek kiváltani a hagyományos, papír alapú használati jogosultság kezelését, így nem alkalmasak az ITS-megoldások által nyújtott előnyök teljes körű kihasználására sem.

Az Elektra Hungaria egységes rendszer eszközei – az eredeti elképzelés szerint – műanyag alapú dual-interfészes (DSC-D), illetve papír alapú (PSC) vagy műanyag alapú, de csupán érintésmentes kártyák (DSC-L), a gyakori vagy kedvezményesen utazók, illetve az eseti utazók részére [11].

Elkészült az *Elektra Hungaria 2.3 rendszert* továbbfejlesztő koncepció, ami a korábbi bit-szervezésű kettes keretet fájl-szervezésűvé kívánja fejleszteni. Ez alkalmas lenne a rendelkezésre álló memóriaterület rugalmas felhasználására, illeszkedne az ITSO keretrendszerhez, viszont visszafelé nem lenne kompatibilis, vagyis a már meglévő kettes alapú rendszerek az új típusú kártyákat nem tudnák kezelni [11].

### Az e-ticketing témájához kapcsolódó feladatok áttekintése

A hazai érdekelt felek „szándéknyilatkozatot” írtak alá egy olyan egységes, intelligens kártya alapú elektronikus jegy- és bérletrendszer kialakítására, a bevezetési feltételeinek megteremtésére, amely a közösségi közlekedési eszközöket igénybevevő utasok számára vonzó, a hazai közlekedési társaságok (MÁV, Volán, BKV stb.) vállalati igényeit figyelembe veszi, és az EU veszteségki-egyenlítési szabályozását kielégíti, valamint az állami dotáció indokolt mértékének meghatározhatóságát elősegíti.

Ahhoz, hogy Magyarországon egy egységes, intelligens kártya alapú elektronikus közlekedési kártyarendszer valósulhasson meg, nemzeti szinten a felső szintű szakmai irányítás aktív, kezdeményező részvétele szükséges a keretkoncepció kialakításában és folyamatos felülvizsgálatában, a fenntartható üzleti modell felépítésében, az alkalmazások körének kiválasztásában, valamint a szükséges pénzügyi források előteremtésében.

Az elektronikus jegyrendszer továbbfejlesztési lehetősége lehet a *további integráció*, azaz további rendszerek, illetve szolgáltatások elérhetősége *integrált elektronikus fizetési megoldással*. Így például a *parkolórendszerek* igénybevétele, illetve az *autópályadíjak fizetése* szintén elektronikus úton történhet.

A hazai egységes személyközlekedési elektronikus fizetési rendszer megvalósításához kapcsolódó feladatok az alábbi pontokban foglalhatók össze:

- az Elektra keretrendszer működéséhez szükséges központi irányítást igénylő döntések elfogadtatása (pl. rendelet formájában), a 2.3, vagy a 3.0-s rendszer abszolút követelménnyé emelése, a technológia meghatározása;
- kapcsolódó törvények módosítási igényeinek rendezése (pl. kedvezmények, informatikai rendszer védelme); a rendszer igénybevétele szabályrendszerének részletes kidolgozása (mind utas oldalról, mind szolgáltató oldalról);
- a rendszer üzleti-kereskedelmi-pénzügyi modelljének elfogadása;
- az Országos Közlekedési Kártyaközpont létrehozása, a tulajdonosi szerkezet és egyéb körülmények (pl. az Elektra Hungaria Közösség szabályozásai) tisztázása;

- a különböző alkalmazások által használt díjtermékeket tartalmazó katalógus központi kialakítása;
- a rendszerre (vagy szolgáltatásra) irányuló nemzetközi ajánlatkérés és versenytárgyalás útján történő megvalósítása.

## 1. 7. TEHERSZÁLLÍTÁS/LOGISZTIKA ITS ALKALMAZÁSAI

### Háttér/jelentőség

A „Fehér könyv” félidei felülvizsgálathoz kapcsolódik a 2007. évben megjelent „Áruszállítási logisztikai intézkedési terv”, amely a következő beavatkozási területeket azonosította az áruszállítás területéhez kapcsolódóan [12]:

- az Európai Unió szintű beavatkozást (pl. szabványosítás) igénylő területek meghatározása;
- az információáramlás szabványosításának elősegítése a szállítási módok közötti kölcsönös átjárhatóság biztosítása érdekében;
- az árukat leíró standard adatkészlet kidolgozása;
- e-tengerhajózási javaslat kidolgozása;
- az áruszállítási logisztikára vonatkozó ITS-alkalmazási keretek kialakítása;
- az információcsere egységes kapcsolódási pontja (fedélzeti egység) funkcionális jellemzőinek szabványosítására;
- az elektronikus útdíjgyűjtés interoperabilitásának megoldása.

A 2008. évi „ITS intézkedési terv” szerint a teherzállításhoz kapcsolódóan kiemelt jelentőségű az áruszállítási folyosókon, a városokban a zsúfoltság csökkentése; a szállítások biztonságának javítása; valamint a logisztikai láncok hatékonyságának javítása [13].

A 2007–2020. közötti időszakra vonatkozó hazai *Egységes Közlekedésfejlesztési Stratégia* dokumentumban az *áruszállítás külön részstratégia* [4], melynek feladata olyan szállítási-logisztikai szolgáltatói ágazat működési feltételeinek biztosítása, amely a környezetkímélő közlekedési módok elősegítésével élhető környezetet tud biztosítani, a kombinált áruszállítás fejlesztésén keresztül hozzájárul az ország logisztikai versenyképességének és hatékonyságának javulásához a horizontális elvekkel összhangban, az életminőség javításával.

A 2007–2013. évekre vonatkozó „Magyar logisztikai stratégia (MLS)” tervezete azt a célt tűzte ki, hogy 2013-ra Magyarország a közép-kelet-európai térség egyik logisztikai szolgáltató központja és egyben interkontinentális rakományelosztó központja („cargo hub”) legyen [14].

### Jelenlegi helyzet

A legnagyobb igény a közúti teherzállítás ITS-megoldásai közül (a piac irányából) a komplett (tágon értelmezett) *flottamenedzsment rendszerek* iránt mutatkozik. Ezek hozzájárulnak a kapacitások jobb kihasználásához, a fuvarfeladatok hatékonyabb megszervezéséhez. Ezzel nyilván közösségi érdekeket is szolgálnak, amennyiben csökkentik a közúti közlekedés okozta környezetterhelést. Alapjuk az adatok, információk, eljárások magas szintű integrációja a funkciók (tervezés, diszpozíció, irányítás/kontroll, adminisztráció) lehetőség szerinti automatizálása mellett.

Magyarországon a közúti áruszállítási intelligens közlekedési rendszerek helyzetéről viszonylag kevés információ áll rendelkezésre.

A nagyobb fuvarozó cégek mindegyike alkalmaz – térinformatikai alapú – fuvartervező rendszereket (flottamenedzsment<sup>5</sup>, útvonal-optimalizálás), a járművek helyzetének meghatározására zömmel GPS-alapú, de a piacon a mobiltelefonokhoz kötődő szolgáltatások is elérhetők. Hazai gyakorlati tapasztalatok szerint egy ilyen rendszerrel átlagosan 20-30%-os üzemanyag-, 10-30%-os kommunikációs költségcsökkenés érhető el, míg a beruházás megtérülése 2-4 év. Manapság már egyre gyakoribb, hogy kisebb cégek is alkalmaznak járműkövető, flottairányító és ellenőrző rendszereket, mivel a megoldásszállítók már e piaci szegmenseket is megcélozták dedikált alkalmazásaikkal, miután a nagyvállalati szférában már szinte teljes a lefedettség [15], [16]. Az RFID tekintetében hazánk még a régiós országoktól is elmarad, viszonylag kevés a gyakorlati alkalmazás.

### A teherzállítás/logisztika általános feladatainak áttekintése

A közúti teherforgalom ITS fejlesztéseit az áruszállítási-logisztikai szektor üzlet/üzemszervezési igényei határozzák meg (érintett szereplők közötti információk, gyors, megbízható kommunikáció, az üzleti-üzemi folyamatok optimális megtervezése és lebonyolítása, a közlekedésbiztonsági és áruvédelmi szempontok figyelembe vétele).

Az áruszállítás/logisztika témájához kapcsolhatók a multimodális útvonaltervező és információs rendszereket is magába foglaló folyamatos, valós idejű utazási és közlekedési információk, az externális költségek internalizálásának legjobb eszközeként használható elektronikus útdíjgyűjtő rendszerek is.

Kiemelendő, hogy a teherzállítás/logisztika témájában az ITS eszközök egyrészt az áru mozgásához/követéséhez kapcsolódnak, másrészt pedig a szállítójárműveknek a közúti forgalomban való „mozgásához”.

Az azonosított feladatok többségénél szükség van a köz- (szakminisztériumok, hatóságok) és az érintett magánszféra (szállítási és logisztikai szolgáltatók, ITS megoldásszállítók, szakmai szervezetek) együttműködésére. A közsféra feladatai mindenekelőtt a szabványosítási-szabályozási, illetve a korszerű megoldásokat előmozdító támogatási keretrendszer kialakításában elsődlegesek.

A hazai közúti teherzállítási ITS-alkalmazási terület jövőbeli fejlődését meghatározó főbb feladatok az alábbiakban foglalhatók össze:

#### 1. jármű- és küldeménymenedzsment:

- a teherzállítás komplex flottamenedzsment rendszerei implementálásának előmozdítása (ahol a közvetett társadalmi haszon is igazolható) ösztönző konstrukciókkal (pályázati pénzek, adókedvezmények stb.);
- hosszabb távon felkészülés a technológiai fejlődésből (pl. Galileo, RFID stb.) adódó szakterületi alkalmazási lehetőségek (pl. pontosabb pozíciómeghatározás, automatizálás stb.) időben történő kiaknázására;
- aktív részvétel az EasyWay projektben, illetve csatlakozás az ERTICO által koordinált logisztika/teherzállítás témájú projektekhez, amelyekben a potenciális felhasználók igényeiből kifejlesztendő, de a nemzetközi (EU) kritériumoknak is megfelelő

<sup>5</sup> Járműrendelés, foglalásmenedzsment, járműhasználat-engedélyezés és -kiosztás, mozgástörténet menedzsment, járműstatistikák és jelentések, riasztások.

korszerű, hálózati együttműködésen és nyílt platformon alapuló teherforgalmi IT-rendszerek megoldásait alakítják ki, majd kidolgozzák azok gyakorlatba ültetési feltételeit/lehetőségeit.

#### 2. e-áruszállítási lánc:

- az EU-irányelvek szerint megvalósított – a közúti teherforgalmat érintő – térben-időben, valamint a környezeti terhelésnek megfelelően differenciált elektronikus útdíjgyűjtő rendszer kiépítése és üzembe helyezése a nemzetközi elvárásoknak megfelelő kompatibilitással (kapcsolódó terület);
- közreműködés az ITS Akcióterv és az EU Áruszállítási logisztikai akcióterv szabályozási intézkedéseinek hazai adaptálása.

Az EASYWAY projekt hazai munkaprogramjában is kiemelt szerepe van a teherszállításnak és logisztikai szolgáltatásoknak, a „D3 alkalmazási terület: Teherszállító és logisztikai szolgáltatások” keretében két projektet tervezet (pilotprojekt, ill. megvalósítás).

Az európai EasyWay projektben külön szerepet kapnak az ún. „európai tanulmányok” (European Studies), az „ES 5 Freight + Logistics” európai tanulmány témája a jövőben a közúti szállítókban kiemelt jelentőségű szerepet játszó intelligens közlekedési rendszerek és szolgáltatások.

## 1. 8. A KÖZLEKEDÉSBIZTONSÁGOT TÁMOGATÓ ESAFETY RENDSZEREK

### Háttér/jelentőség

Az eSafety kezdeményezés célja az európai utakon bekövetkező közúti balesetek számának csökkentése korszerű információs és kommunikációs technológiák alkalmazásával.

Az új, intelligens megoldások esetében a közlekedésbiztonság javításához alkalmazott fejlett információs és kommunikációs technológiákat felhasználó új rendszerek képesek javítani az úthálózat forgalombiztonságát – elsősorban a baleset elkerülésével, illetve súlyosságuk jelentős enyhítésével. Az olyan „nem-eSafety” elképzelések, mint az útmenti berendezések és szolgáltatások létrehozása, a TERN-hálózaton a halálos áldozatok számát 25%-kal csökkenthetik. Így az ITS rendszerek alkalmazására vonatkozó célkitűzés/lehetőség a 25%-kal kevesebb halálos áldozat.

Az EU Bizottság „ITS Intézkedési Terve” hat elsőbbséget élvező tevékenységi területre összpontosít, amely területek hozzájárulnak a „tisztább”, „hatékonyabb” és „biztonságosabb” európai közúti közlekedés eléréséhez. A hat közül az egyik kiemelt terület a „közlekedésbiztonság”.

Az eSafety rendszerek különböző funkciói aszerint, hogy önállóan működnek-e a járművekben, vagy valamely infrastruktúrát, illetve kommunikációt igényelnek, lehetnek önálló járműrendszerek, együttműködő rendszerek (ún. kooperatív rendszerek) vagy pedig külső infrastruktúrán alapuló rendszerek. Ennek megfelelően a következő csoportosítás lehetséges:

- önálló járműrendszerek;
- önálló járműrendszerek, melyek valamely hálózattal építhetőek;
- a járműben összegyűjtött információk alapján működő kooperatív rendszerek a következő különböző jellegű kommunikációs lehetőséggel: „v2v” (jármű–jármű közötti együttműködés) vagy „v2i” (jármű infrastruktúra közötti együttműködés), illetve „i2v” (infrastruktúra–jármű közötti együttműködés);
- olyan eSafety funkciók, melyek külső infrastruktúrától kapnak támogatást/információt, illetve adnak is támogatást/információt az infrastruktúrának.

Az eSafety Fórum ún. „Megvalósítási Stratégiák” („Implementation Road Map”) munkacsoportja rögzítette a prioritásokat az eSafety rendszereket illetően, mind az önálló járműrendszerek szempontjából, mind pedig a biztonsági/közlekedésbiztonsági és forgalomtechnikai szempontból jelentős külső infrastruktúrán alapuló rendszerek esetében. Ezeket a prioritással rendelkező rendszereket mutatjuk be a következőkben [17].

### Jelenlegi helyzet – a rendszerek leírása

#### Önálló járműrendszerek

Az eSafety Fórum ún. „Implementation Road Map” (Megvalósítási Stratégiák) Munkacsoportjának ajánlásai szerint az eSafety rendszerek közül az önálló járműrendszerek esetében a következők rendelkeznek kiemelt prioritással: ESP (elektronikus menetstabilizátor), holt tér monitoring, alkalmazkodó fényszóró, szilárd tárgyra/akadályra figyelmeztető rendszer, sávelhagyásra figyelmeztető rendszer.

#### Elektronikus menetstabilizátor

Az ESP szerepe, hogy a fizikai lehetőségek határán belül stabilizálja a gépjárművet kicsúszás esetében, és ily módon segítse a járművezetőt járműve stabilitásának visszanyerésében. Az ESP ötvözi a blokkolásgátló (ABS) és a kipörgésgátló (TCS) funkcióit és kiegészíti azok működését a „stabilitásrésztetővel”.

#### Holt tér monitoring rendszerek

A holt tér monitoring rendszerek segítenek az oldalirányú ütközések elkerülésében, segítve a járművezetőt az oldalirányú forgalom észlelésében, figyelmeztető jelzést adva az ún. holt térben esetleg felbukkanó objektumokról.

#### Alkalmazkodó fényszórók

Az alkalmazkodó fényszórók segítik a járművezetőt az éjszakai, a szürkületi vagy egyéb rossz látási viszonyok melletti vezetés során. Különösen nagy a jelentősége az út szélén álló vagy parkoló járműnek való ütközés elkerülésében, illetve a gyalogosok, a kerékpárosok és az úttesten lévő állatok észlelésében, továbbá biztosítják a gépjármű haladási sávjának optimális megvilágítását az ívekben is.

#### Akadályra és ütközésre figyelmeztető rendszerek

Az akadályra és ütközésre figyelmeztető rendszer tájékoztatja a vezetőt, ha fennáll annak a veszélye, hogy a jármű hamarosan egy – az úton lévő – akadályra ütközhet. A rendszert gyakran együtt alkalmazzák radar- vagy lézervezérlésű automatikus sebességtartó rendszerrel, amely automatikusan változtatja a jármű sebességét és távolságát az előtte haladó járműhöz képest.

#### Sávelhagyásra figyelmeztető rendszer

A sávelhagyásra figyelmeztető rendszer automatikusan működésbe lép, amikor járművezető figyelmen kívül hagyja a jármű kezdő elhagyni a sávját, így csökkenti egy esetleges borulás, oldalirányú ütközés vagy pedig az ún. egy gépjárműves balesetek bekövetkezésének a valószínűségét, illetve súlyosságát.

#### Külső infrastruktúrán alapuló rendszerek

Az eSafety Fórum ún. „Implementation Road Map” Munkacsoportjának ajánlásai szerint az eSafety rendszerek közül a kül-

ső infrastruktúrán alapuló rendszerek esetében a következők rendelkeznek kiemelt prioritással: eCall, RTTI (valós idejű közlekedési és forgalmi információk), dinamikus forgalmi menedzsment (VMS), helyi veszélyre figyelmeztető rendszer, kibővített környezeti információk/kibővített mozgó járműadatok, sebességfigyelmeztetés (speed alert).

#### Az eCall

A gépjárműn belüli eCall segélyhívó rendszer lehetővé teszi, hogy baleset esetén – vagy automatikusan a gépkocsin belüli szenzorok által működésbe léptetve, vagy pedig a vezető illetve utasa által – vész hívás legyen kezdeményezhető. A rendszer alapjai a pontos műholdas helymeghatározás és a súlyos balesetben érintett járművekre vonatkozó egyéb információk (pl. a pontos hely, az idő, a jármű azonosítása), az ún. *minimális adataegység* továbbítása. Az információk mobil telefonos kapcsolaton keresztül az integrált segélyhívó központba, illetve valamely rendszerszolgáltatóhoz kerülnek.

Az eCall-al kapcsolatos európai célkitűzés az, hogy *harmonizált európai szolgáltatássá* váljon. Az eCall szolgáltatásnak – mint interoperábilis szolgáltatásnak – a jövőben egész Európában működnie kell.

*RTTI (RTTI: Real Time Traffic Information) valós idejű közlekedési és forgalmi információk*

A valós idejű közlekedési és forgalmi információk célja, hogy a legfrissebb forgalmi adatok révén segítsék a járművezetőket utazásuk során. Az ITS stratégia külön prioritásként kezeli a *multimodális közlekedési információk: utazás előtti és utazás alatti információk rendszerek* témáját.

*Dinamikus forgalmi menedzsment és helyi veszélyre figyelmeztető rendszer*

A két rendszer hasonlósága, illetve hasonló célkitűzése indokolja, hogy ezek a rendszerek közösen kerülnek tárgyalásra. A *dinamikus forgalmi menedzsment rendszerek és a helyi veszélyre figyelmeztető rendszerek célja* a közlekedésbiztonság növelése, valamint a forgalom harmonizálása – váratlan események, forgalmi torlódások és kedvezőtlen időjárási viszonyok miatt kialakuló – forgalmi zavarok esetében.

Mindkét rendszer *változtatható jelzéstartalmú táblákat (VJT)* használ az információknak a járművezetőkhöz történő továbbítására.

A *dinamikus forgalmi menedzsment* rendszerek harmonizálják a forgalmi folyamatot, és a forgalmi helyzetnek megfelelően befolyásolják a járművek sebességét. A *helyi veszélyre figyelmeztető rendszer* tudatosítja a járművezetőben a rendkívüli események és más problémák előfordulásának lehetőségét a közvetlenül előtte álló útszakaszon.

*Kibővített környezeti információk/kibővített mozgó járműadatok*

A mozgó jármű adatok (FCD: *F*loating *C*ar *D*ata) a forgalomban – mozgó szenzorként – közlekedő járművek berendezéseit/szenzorait használják fel a teljes úthálózat forgalmi helyzetére vonatkozó információk gyűjtésére. A gépjárműben elhelyezett berendezések/szenzorok rögzítik a jármű helyét és sebességét, valamint egyéb más adatokat is (pl. a gyorsítás vagy a lassítás, a sebességprofilok, a torlódási idők stb.).

#### Sebességfigyelmeztetés

A sebességfigyelmeztető rendszerek hangjelzéssel, látható jelzéssel és/vagy mechanikus jelekkel figyelmeztetik a járművezetőt, ha a jármű sebessége túllépi a vezető által szándékolt mértéket, vagy éppen az úton engedélyezett legnagyobb sebességet. A sebességhatárról szóló információt vagy a megengedett sebességet jelzőjelzésbe épített adó, a gépjárműben lévő kamera, vagy pedig digitális térkép közvetíti megbízható helymeghatározással.

#### Az eSafety rendszerekhez kapcsolódó feladatok áttekintése

Az „Egységes Közlekedésfejlesztési Stratégia 2007–2020” stratégiai dokumentumban az *intelligens közlekedési rendszerek és szolgáltatások* témaköre a horizontális témáknál szerepel, ezen belül az intelligens közlekedési rendszerek egyik alkalmazási területét képezik az eSafety rendszerek.

Az eSafety rendszerek közül számunkra elsősorban *külső infrastruktúrán alapuló rendszerek* megvalósítása szerepel prioritásként, ezek az eCall vész hívó rendszer, és az ún. *valós idejű utazási információk rendszerek*.

Kiemelt jelentőségű és komplex módon kezelendő a jövőben az eCall integrált segélyhívó szolgáltatás, melynek hazai megvalósítására irányulón készültek már előkészítő tanulmányok, azonban magyar részről eddig még nem történt meg az európai *Megegyezési Nyilatkozat* (ún. „eCall Memorandum of Understanding”) aláírása.

A *valós idejű utazási információk rendszerek* témaköre kiemelt szerepet játszott az euroregionális projektekben (CONNECT) és jelentőségük megmarad az EASYWAY projektben is; ezzel a témakörrel részletesen a cikk 4. fejezete foglalkozott.

A *járműn belüli rendszerke*hez kapcsolódó európai szabályozási, szabványosítási tevékenység folyamatos figyelemmel kísérése feltétlenül szükséges – bár ezek az eSafety rendszerek egyelőre nem szerepelnek kiemelt prioritásként.

Az eSafety rendszerekhez kapcsolódó feladatok az alábbiakban foglalhatók össze:

- fontos, hogy a hazai tevékenységek koncentráltan történjenek, jelenleg a *CONNECT* jelenti azt a tevékenységet, amely integrálhatja a hazai tevékenységeket a *külső infrastruktúrán alapuló rendszerek* közül az *RTTI*, a *dinamikus forgalmi menedzsment*, és a *helyi veszélyre figyelmeztető rendszerek* esetében;
- a jövőben az *EasyWay* projekt jelenti majd az eSafety tevékenységek keretét, elsősorban a *valós idejű közlekedési és forgalmi információk*, a *dinamikus forgalmi menedzsment és forgalomszabályozás*, illetve az *eCall tevékenység területén*;
- kiemelt jelentőségű és komplex módon kezelendő a jövőben az eCall integrált segélyhívó szolgáltatás, szükséges a „*Megegyezési Nyilatkozat*” hazai aláírása;
- mivel az eSafety Fórum, illetve ennek *különböző munkacsoportjai* csak részben fejezték be tevékenységüket – sőt új munkacsoportok kezdik meg tevékenységüket –, a munka figyelemmel követése a jövőben is kiemelt fontosságú;
- az eSafety tevékenységhez kapcsolódóan *megjelenő ajánlások* figyelembe veendőek a hazai stratégia jellegű dokumentumokban.

## 2. AZ INTELLIGENS KÖZLEKEDÉSI RENDSZEREKHEZ KAPCSOLÓDÓ HORIZONTÁLIS FELADATOK ÉS EGYÉB FELADATOK, SZEMPONTOK

Az intelligens közlekedési rendszerekhez számos egyéb feladat is kapcsolódik, amelyek a tervezésnél, megvalósításnál, üzemeltetésnél egyaránt fontos szerepet játszanak, ezek a *horizontális témák*.

Az „euroregionális projektek” – így a CONNECT projektben is – a horizontális témák külön ún. *alkalmazási területen* belül szerepelnek, ezzel is jelezve ezeknek a fontosságát.

Mivel ezek a témák/feladatok nélkülözhetetlenek az ITS rendszerek és szolgáltatások felépítésénél, ezért fontosságuknak megfelelően kezelendők.

#### Horizontális feladatok

A legfontosabb horizontális feladatok az alábbiakban foglalhatók össze:

- *rendszerfelépítés*: „egységes keret” az egyes önálló rendszerek/szolgáltatások egymáshoz kapcsolódásának és együttműködésének módjának rögzítésére;
- az intelligens közlekedési rendszerek/szolgáltatások *értékelése*;
- az intelligens közlekedési rendszerek és szolgáltatások *szabványosításának* kérdései.

#### Kapcsolódó feladatok/prioritások – nem műszaki jellegű szempontok

Az intelligens közlekedési rendszerek és szolgáltatások tekintetében nem csak *műszaki feladatok* merülnek fel, hanem *nem műszaki jellegű* feladatok is.

Az egyes prioritások kezelésénél ezeket a nem műszaki jellegű feladatokat is áttekintettük, ezek a következő témaköröket érintik.

- együttműködés a „PPP” keretében a tervezés, a finanszírozás és az üzemeltetés területén;
- jogi/jogszabályi feltételek megteremtése, intézményi háttér biztosítása;
- a fejlesztésekhez, alkalmazásokhoz kapcsolódó kutatás-fejlesztés koordinálása;
- finanszírozás biztosítása, finanszírozási modellek létrehozása;
- az intelligens közlekedési rendszerek/szolgáltatások megvalósításához kapcsolódó tudatformálás, oktatás.

### 3. ÖSSZEFOGLALÁS, KÖVETKEZTETÉSEK

Az utóbbi években az intelligens közlekedési rendszerek és szolgáltatások területén az Európai Unió országaiban a fejlődés felgyorsult.

Ezen rendszerek/szolgáltatások intézkedései pozitív hatással vannak a *forgalomlefollyásra*, a *közlekedésbiztonságra* és a *környezetre*. Az intelligens közlekedési rendszerek segítségével a forgalom lefolyása egyenletesebbé válik, a kapacitás nő, csökkennek a torlódások, kedvező módon befolyásolható a közlekedésbiztonság helyzete és jelentős mértékben csökkenthető a közlekedés okozta környezetterhelés.

Az intelligens közlekedési rendszerek és szolgáltatások alkalmazásának területén lehetőség van „*kitörésre*” a hazai közúti közlekedésben.

Ezt a *kitörési lehetőséget egyértelműen támogatják* az európai tendenciák, valamint az európai közlekedéspolitika, a 2007 és 2013 között elérhető EU-támogatások az intelligens közlekedési rendszerek és szolgáltatások területén, továbbá az egyre erősödő kormányzati/főhatósági szándék, a magánszolgáltatók érdeklősége és növekvő érdeklődése, valamint a hálózatüzemeltetők, illetve az úthasználók igényei.

A „*Fehér Könyv*” félidei felülvizsgálata egyértelműen megerősíti, hogy az intelligens közlekedési rendszerek/szolgáltatások jelen-

tősége kiemelt lesz az EU új költségvetési periódusában. Így hét „euroregionális projekt”, melynek egyike a CONNECT projekt, egy *közös európai projektben* folytatódhat az intelligens közlekedési rendszerek és szolgáltatások területén „EasyWay” névvel a 2008 és 2013 közötti időszakban a MIP II. program indításával.

A *hazai stratégiai dokumentumok* ITS szempontjából releváns fő célterületei (nem fontossági sorrendben) az alábbiakban összegezhetők:

- *versenyképesség*: az ország helytállása a nemzetközi gazdasági versenyben megfelelő közlekedési szolgáltatások biztosításával;
- *hatékonyság*: a közlekedési szolgáltatásrendszer (nemzet)gazdaságilag költséghatékony, színvonalas megvalósítása és fenntartása, a kapacitások optimális kihasználása;
- *fenntarthatóság*: a környezeti és életminőségi szempontok figyelembevétele a rendszerfejlesztés és üzemeltetés során;
- *biztonság*: a közlekedési balesetekből, illetve bűncselekményekből származó társadalmi veszteség minimalizálása.

Az ITS-eszközök fel/kihasználása hatásosan és az alternatív megoldásokhoz (extenzív kapacitásbővítésekhez) képest általában alacsonyabb költséggel járulhat hozzá az azonosított stratégiai célterületeken a gyors és kézzelfogható eredmény eléréséhez.

Kiemelt jelentőségű, hogy az *ITS stratégia* beépüljön a *hazai közlekedéspolitikába*, erre egy jó példa a hazai *Egységes Közlekedésfejlesztési Stratégia*, mely horizontális feladatként kezeli az intelligens közlekedési rendszerek és szolgáltatások területét.

### IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Lindenbach Á., Bokor Z., Mészáros F.: „*Stratégia az intelligens közlekedési rendszerek hazai fejlesztéséhez*” I. és II. rész, kutatási jelentés, Budapest, 2008
- [2] ASFINAG: „*Verkehrstechnische Grundsätze zur Planung von Verkehrstelematikanlagen*”, Allgemeine Richtlinie, 2006
- [3] EASYWAY – Chairs of the Euro Regional Projects: „*Improving Safety and Mobility by Intelligent Network Operations and Traveller Services on the European Road Network: EASYWAY – A policy proposal for the Member States and the European Commission for a Multi Annual Indicative Programme 2007–2013*”, 2006
- [4] Gazdasági és Közlekedési Minisztérium: „*Egységes Közlekedésfejlesztési Stratégia I. Fehér Könyv*”, Budapest, 2007.
- [5] Traveller Information Services (TIS) Expert Group (TEMPO Programme): „*Success stories in Traveller Information Services (TIS) – Perspectives for the future*”, Version 4.2, 2006.
- [6] European Parliament and Council: “*Directive 2004/52/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on the interoperability of electronic road toll systems in the Community*”, Brüsszel, 2004
- [7] European Parliament and Council: “*Directive 2006/38/EC of the European Parliament and of the Council of 17 May 2006 amending Directive 1999/62/EC on the charging of heavy goods vehicles for the use of certain infrastructures*”, Brüsszel, 2006
- [8] Gazdasági és Közlekedési Minisztérium: „*Egységes Közlekedésfejlesztési Stratégia I. Zöld Könyv*”, Budapest, 2007
- [9] European Commission: „*White Paper – European transport policy for 2010: time to decide*”, Brüsszel, 2001
- [10] European Commission, Directorate General for Energy and Transport: “*Keep Europe Moving – Sustainable mobility for our continent, Mid-term review of the European Commission’s 2001 transport White Paper*”, Brüsszel, 2006
- [11] Monigl J.: „*Az ELEKTRA Hungaria közlekedési chipkártyarendszer képességei és további esélyei*”, Városi Közlekedés, XLVII. évfolyam, 4. szám, 2007. augusztus, Budapest

[12] European Commission: "Freight transport logistics action plan", Brüsszel, 2007

[13] European Commission: "ITS Action Plan – Action Plan for the Deployment of Intelligent Road Transport Systems in Europe", tervezet, Brüsszel, 2008

[14] Gazdasági és Közlekedési Minisztérium: „Magyar logisztikai stratégia” (2007–2013), kézirat, Budapest.

[15] Oláh A.: „Intelligens szállítmányozás és fuvartervezés a térinformatika (GIS) segítségével”, előadás, XV. MLBKT kongresszus, Balatonalmádi, 2007. november 14–16.

[16] Vidra B.: „Innováció a logisztikában. DIWICON technológia – GPS-alapú helymeghatározás és munkafolyamat menedzsment”, előadás, LOGIT 2007 konferencia, Budapest, 2007. november 9.

[17] Implementation Road Map Working Group: „Final Report and Recommendations of the Implementation Road Map Working Group”, 2007. december

Egyéb dokumentumok:

„Memorandum of Understanding for Realisation of Interoperable In-Vehicle eCall”, 2004.

„MoU: European Memorandum of Understanding on the use of interoperable mechanism for international exchange”, 1997

Internet-oldalak:

www.utvonalterv.hu

## SUMMARY

### ITS STRATEGY FOR THE ROAD SECTOR IN HUNGARY PART II.: FURTHER PRIORITY AREAS OF DEPLOYMENT OF INTELLIGENS TRANSPORT SYSTEMS AND SERVICES

An updated „ITS strategy” for the road transport was elaborated in the frame of CONNECT project (Phase III).

The identified priorities are as follows: ITS in the network operation – traffic management systems /plans; traffic control and information systems on the motorway network; traffic control centres; multi-modal RTTI; EFC; e-ticketing in the public transport; freight transport /logistic applications; eSafety systems/eCall system.

The first part of the article gave an overview about the European and Hungarian strategic documents as well as about the foreseen tendencies in the field of ITS; and described the priority network operation /traffic management systems.

This article describes the further priorities, and gives a summary about the frame of future activities.

## VEGYES VÁROSI ÉS GYORSFORGALMI ÚTHÁLÓZATOK INTEGRÁLT FORGALOMSZABÁLYOZÁSA: MODELL-ELŐREBECSLŐ SZABÁLYOZÁSI MEGKÖZELÍTÉS

### INTEGRATED TRAFFIC CONTROL FOR MIXED URBAN AND FREEWAY NETWORKS: A MODEL PREDICTIVE CONTROL APPROACH

MONIQUE VAN DEN BERG, ANDREAS HEGYI, BART DE SCHUTTER, HANS HELLENDORRN

EUROPEAN JOURNAL OF TRANSPORT AND INFRASTRUCTURE RESEARCH, VOL. 7., 2007. 3. PP. 223–250. Á: 9. T: 1. H: 47.

A cikk egy olyan forgalomszabályozási módszert ismertet, melyet egymással párhuzamos városi utakat és gyorsforgalmi utakat tartalmazó úthálózatokra fejlesztettek ki. Ez esetben a két úttípus között a kapcsolat szoros, mert a gyorsforgalmi úton kialakuló esetleges torlódás visszahat a városi utakra, és ott is a forgalom lelassulásához vagy torlódáshoz vezet, és ez fordítva is fennáll. Következésképpen a szabályozó intézkedések, melyekre az egyik úttípuson kerül sor, jelentős hatást gyakorolnak a másik úttípusra is. A hollandiai delfti egyetem kutatói által kifejlesztett modell leírja a forgalom alakulását az említett vegyes úthálózaton. A cikk ezután javaslatot tesz egy integrált forgalomszabályozásra. A szabályozás alapja a modell előrebecslése, ahol az optimális szabályozási jel-

lemzőket on-line határozzák meg numerikus optimálással, az előrebecslő modellben visszafelé léptetett időhorizonttal. A kidolgozott modell eredményeit egy egyszerű úthálózati esettanulmányon összehasonlították meglévő dinamikus forgalomszabályozó rendszerekkel, mint a SCOOT vagy az UTOPIA/SPOT. Négy szcenáriót vizsgáltak szimulációs módszerrel: torlódás a gyorsforgalmi úton, akadály a városi főúton, csúcsórai forgalmi impulzus és sorhossz korlátozásának esete. Az eredmények mennyiségi és minőségi értékelése rávilágít a javasolt komplex megközelítés lehetséges előnyeire, és megmutatja a további fejlesztés irányait.

G. A.

# BOLTOZOTT VASÚTI HIDAK SZERKEZETI VISELKEDÉSÉNEK MODELLEZÉSE ÉS TEHERBÍRÁSÁNAK ÉRTÉKELÉSE<sup>1</sup>

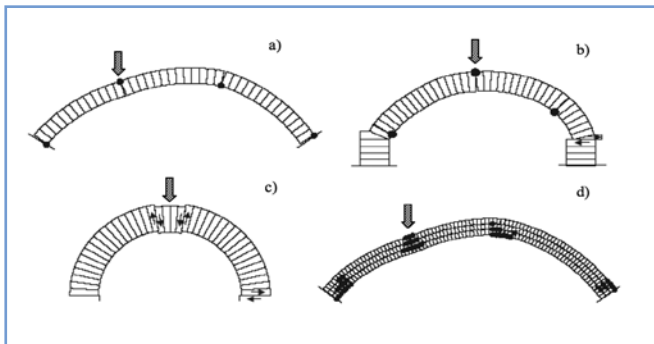
ORBÁN ZOLTÁN<sup>2</sup>

## 1. BOLTOZOTT HIDAK SZERKEZETI VISELKEDÉSÉNEK JELLEGZETESSÉGEI

A kő- és téglaboltozatú hidak teher alatti viselkedését nagy mértékben befolyásoló tényezők: szerkezeti kialakításuk, megtámasztási viszonyaik, a rájuk jutó terhek és azok eloszlásának módja, a környező talajjal való kölcsönhatásuk, valamint esetleges meglévő károsodásaik. Az alábbiakban a szerkezeti viselkedést befolyásoló néhány fontosabb tényezőt foglaljuk össze.

### Tönkremeneteli mechanizmusok

A falazott boltozatok teherbírásának kimerülése az 1. ábrán vázolt alapvető tönkremeneteli mechanizmusok szerint következhet be. Egynyílású boltozatok esetében a leggyakoribb tönkremeneteli mód a négycsuklós mechanizmus és a vízszintes eltolódással párosuló háromcsuklós mechanizmus. Előfordulhat emellett nyírási tönkremenetel, valamint többgyűrűs boltozatok esetében a gyűrűk között többszörös csuklók kialakulása és a gyűrűk egymástól való elválása.



1. ábra: Egynyílású falazott boltozatok tönkremeneteli mechanizmusai

- a) négycsuklós mechanizmus,  
b) háromcsuklós mechanizmus vízszintes eltolódással,  
c) nyírási tönkremenetel vízszintes eltolódással,  
d) négycsuklós mechanizmus, többgyűrűs szerkezet

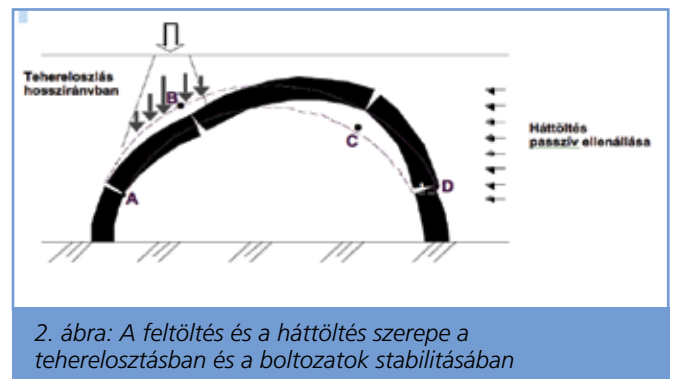
Többynílású boltozatok esetében a mechanizmus létrejöttéhez szükséges csuklók száma a statikai határozatlanság foka szerint alakul. A tönkremeneteli mechanizmus ilyen esetekben a terhelt nyílással szomszédos boltozatok és a pillérek bevonásával jön létre.

### A boltozat geometriájának jelentősége

Teherviselés szempontjából nagy jelentősége van a boltozat matematikai alakjának. Statikai szempontból az optimális ívalak a parabola, viszont a kivitelezés megkönnyítése érdekében leggyakrabban félkör, illetve körszegmens íveket alkalmaztak.

### A feltöltés és háttöltés szerepe

A boltozott hidak a környezetükkel (háttöltés, feltöltés, al-talaj) kölcsönhatásban alakítják ki teherviselő rendszerüket, amelynek így jelentős hatása van a szerkezeti viselkedésre. A feltöltés mellett, hogy stabilizáló hatással van a szerkezetre, a terhek eloszlásában is nagy szerepet játszik. A koncentrált járműterhek így egy megnövelt felületen hatnak a boltozatra, ami rendkívül kedvező hatású a teherviselés szempontjából. A háttöltés szerepe elsősorban a teherbírás kimerülésének állapotában, azaz a tönkremeneteli mechanizmus kialakulásakor érvényesül (2. ábra). A háttöltés passzív földnyomás formájában vízszintes megtámasztó hatással bír, ami jelentősen megnöveli a tönkremeneteli mechanizmus kialakulásához szükséges erőt (Melbourne et. al., 1997). Ez a passzív földnyomás azonban csak jelentős szerkezeti alakváltozások kialakulását követően jelentkezik, így hatásával a használati terhek szintjén nem lehet számolni. Mértéke függ a háttöltés anyagától, a boltozat támaszköz/emelkedés arányától, és egyéb szerkezeti jellemzőktől is, mint például a boltozat homlokfalakkal való kölcsönhatásától vagy az esetleges szomszédos támaszközök merevítő hatásától.



2. ábra: A feltöltés és a háttöltés szerepe a teherelosztásban és a boltozatok stabilitásában

### Többgyűrűs boltozatok

A többgyűrűs boltozatok tönkremeneteli módja eltérhet az egygyűrűs szerkezetekétől. Ennek oka a gyűrűk egymástól való esetleges elválása. Az elválás csak abban az esetben következhet be, ha a réteghatáron a nyírófeszültség nagy és a fugahabarcs nyírószilárdsága pedig alacsony (Melbourne és Gilbert, 1995). Mindez elsősorban nagyobb nyílású és károsodott állapotú hidaknál jelentkezhet, illetve ott, ahol a sokszor ismétlődő forgalmi terhek dinamikus hatása miatt a gyűrűk réteghatárán a nyírófeszültségek gyakorta váltakoznak és ez fáradási jellegű tönkremenetelt idéz elő. A gyűrűk elválása révén a tönkremeneteli mechanizmus átalakul, ezáltal a boltozat teherbírása jelentősen csökkenhet.

<sup>1</sup> A cikk a 2008. szeptemberi számunkban megjelent, Tégla- és kőboltozatú vasúti hidak Magyarországon és Európában című cikk folytatása.

<sup>2</sup> Hídszakértő, MÁV Zrt., egyetemi adjunktus, PTE PMMK, e-mail: orbanz@witch.pmmf.hu

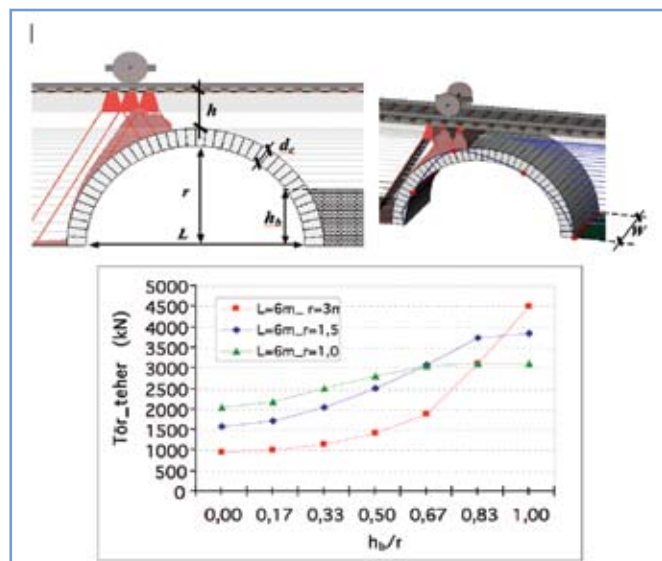


**Térbeli viselkedés**

A boltozott hidak teherviselő szerkezete nem függetleníthető a homlokfalaktól, a szárnyfalaktól és az ezek között elhelyezkedő feltöltéstől. Mindez térbeli szerkezeti viselkedést eredményez, amely legnagyobb mértékben a használati terhek szintjén érvényesül és a boltozat alakváltozásait a forgalmi terhek hatására nagy mértékben befolyásolhatja (Roberts, 1999, valamint Fanning és Boothby, 2001). Teherbírási határállapotban ugyanakkor a keresztirányú hatások jelentősége lecsökken, ugyanis magasabb teherszinten az eltérő merevségű részek csatlakozásánál törvényszerűen repedések képződnek, ami rontja az együttlendítést. Így például a teherbírás kimerülésének közelében a homlokfalak legtöbb esetben már nem dolgoznak együtt a boltozattal (Page, 1988).

**Rejtett szerkezeti jellemzők hatása**

A boltozott hidak jelentős részénél a pillérek és hídfők felett ráfalazás, vagy mögéfalazás található. Ennek óriási jelentősége van a teherbírás szempontjából, ugyanis nemcsak oldalirányú megtámasztást jelent a boltozat számára, hanem a 'dolgozó' nyílást is lecsökkenti a megtámasztási pontok magasabbra helyezése révén. A boltozat belső részeinél pedig sokszor alkalmaztak vastagítást, ami kívülről nem minden esetben vehető észre. A mögéfalazás magasságának hatását mutatja be egy általános kialakítású szerkezet esetében a 3. ábra.



3. ábra.: A mögéfalazás magasságának hatása egy nyílású boltozott híd törőterhére (modellezés RING 2.0 szoftverrel)

**Viselkedés dinamikus hatásokra**

A sokszor ismétlődő dinamikus hatások rendkívül veszélyesek lehetnek a tégl- és kőboltozatú hidakra, ugyanis idővel fáradási tönkremenetelhez vezethetnek. Ez elsősorban alacsony feltöltéssel rendelkező kisnyílású hidak esetében jelent problémát.

**A boltozat károsodásainak hatása**

A meglévő boltozott hidak sok esetben tartalmaznak károsodásokat. Ezen károsodásoknak jelenleg nem teljesen tisztázott a boltozatok teherviselő képességére gyakorolt hatása. Bizonyos károsodások rendkívül veszélyesek, míg mások szinte egyáltalán nem, vagy alig befolyásolják a teherbírást. A legveszélyesebb ká-

rosodások azok, amelyek a boltozat alapvetően robusztus teherviselési rendszerét alakítják át egy labilisabb rendszerré. Ilyenek például a hídfők vízszintes értelmű elmozdulásából, valamint az egyenlőtlen támaszsüllyedésből eredő károk, illetve a boltozat nagymértékű deformációja.

**2. A TEHERBÍRÁS ÉS A MŰSZAKI ÁLLAPOT ÉRTÉKELÉSE**

Meglévő boltozott hidak megfelelőségi követelményeinek ellenőrzése történhet a következők alapján:

- használati tapasztalatok és szemrevételezés, valamint az ezeket kiegészítő diagnosztikai vizsgálatok (elsősorban kisoncsolásos, roncsolásmentes, ill. kémiai vizsgálatok)
- erőteni számítás, valamint az ezeket kiegészítő diagnosztikai vizsgálatok (roncsolásos, kisoncsolásos és roncsolásmentes vizsgálatok)
- próbaterhelés, valamint
- ezek kombinációira alapozott vizsgálatok

Az állapotértékelést, hasonlóan más szerkezetekhez, minden esetben szemrevételezéses vizsgálattal, a meglévő tervtári adatok és korábbi vizsgálati eredmények tanulmányozásával kell kezdeni. Amennyiben nincs szükség erőteni számításra, az állapotértékelést a rendelkezésre álló adatok, illetve a szemrevételezéssel felvett hibaterkép alapján kell elvégezni. A boltozott hidak erőteni számítására általában akkor van szükség, ha a szerkezet teherbírása a használati tapasztalatok, valamint a szemrevételezés révén nem igazolható egyértelműen, illetve ha a szerkezet terhelési körülményei megváltoznak, vagy a teherviselési rendszer megváltozását előidéző beavatkozásra kerül sor.

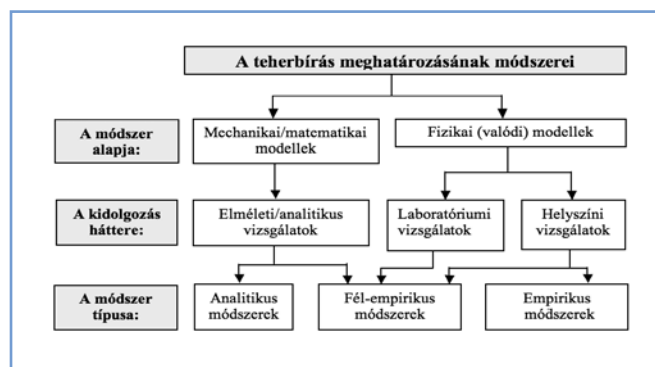
**A szerkezeti analízis és teherbírás-számítás módszerei**

A szerkezeti analízis célja lehet egyrészt a szerkezet teherbírásának meghatározása, másrészt a szerkezeti viselkedés jellegzetességeinek (pl. feszültségek, alakváltozások alakulása, tönkremeneteli folyamat) vizsgálata egy adott teherkonfiguráció mellett.

A teherbírás meghatározására irányuló számítási módszereket három fő csoportba oszthatjuk: analitikus módszerek, félempirikus módszerek és empirikus módszerek (4. ábra). A rendelkezésre álló és gyakorlatban használatos módszereket az 1. táblázatban foglaljuk össze.

**A MEXE módszer**

Boltozott hidak teherbírásának megállapítására a jelenleg legáltalánosabban használt félempirikus közelítő eljárás a II. világhá-



4. ábra.: A teherbírás-meghatározási módszerek osztályozása

1. táblázat.: Boltozott vasúti hidak számítására használt módszerek

A módszer típusa	Megnevezés	Szoftver
Empirikus módszerek	Nem áll rendelkezése	–
Fél-empirikus módszerek	MEXE módszer	–
Analitikus módszerek	Támaszvonala eljárás	ARCHIE-M
	Merev-blokk módszer	RING
	Véges elemek módszerre (FEM)	ANSYS, ABAQUS, LUSAS
	Diszkrét elem módszerek (DEM)	UDEC
	Kombinált numerikus módszerek (FEM/DEM)	ELFEN

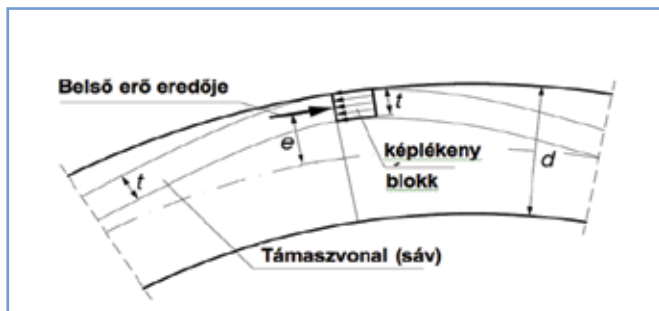
ború alatt Angliában kifejlesztett MEXE módszer (Pippard, 1948). A módszert kétsuklós, parabola alakú boltozatra fejlesztették ki, a rugalmasságtan elveit követve. A gyakorlati alkalmazás során módosító szorzótényezőket vezettek be különböző hatások figyelembevételére, mint például a boltozat alakjának eltérése a parabolától, a boltozat megtámasztási viszonyai, terhelési jellemzői, anyagai és meglévő károsodásai (UIC Code, 1994).

A módszer legnagyobb előnye egyszerűsége és gyorsasága. Az esetek többségében a biztonság javára közelít, bár nagyobb feszítávú hidaknál általában túlzott mértékben. A módszer legnagyobb hátránya, hogy csak erősen idealizált feltevések mellett használható, ezen kívül nem enged betekintést a hidak szerkezeti viselkedésébe. Legújabb kutatások igazolták, hogy a módszer nem reális erőtani feltételrendszeren alapszik és erősen közelítő jellege ellenére sem mindig a biztonság javára közelít (Orbán, 2004; Harvey, 2008).

Annak ellenére, hogy a módszert igen sok kritika éri a módosító tényezők erősen szubjektív volta miatt, jelenleg nem áll rendelkezésre másik, általánosan elfogadott közelítő számítási eljárás boltozott hidak teherbírásának megállapítására.

### Támaszvonala eljárás

A támaszvonala eljárás a képlékeny határállapot-vizsgálat statikai tételén alapszik, amely szerint bármelyik statikailag elérhető teherintenzitás kisebb, mint a törőintenzitás, vagy azzal legfeljebb egyenlő. A legnagyobb statikailag elérhető intenzitás így a teherbírás alsó korlátját adja meg. Az eljárás során azt kell igazolni,



5. ábra.: A támaszvonala (sáv) értelmezése

hogy a terheket egyensúlyozó támaszvonala mindig a boltozaton belül marad és legfeljebb a statikai határozottságnak megfelelő számú képlékeny csukló alakul ki. Véges nyomószilárdságú boltozati anyag esetén a támaszvonala egy meghatározott szélességű sávot alkot. Ebben az esetben azt kell kimutatni, hogy a boltozat minden egyes keresztmetszetében a támaszvonala zónája a boltozat vastagságán belül marad. Az eljárás grafikus módon adja meg keresztmetszetenként azt a minimális boltozatvastagságot, amely a terhek egyensúlyozásához szükséges. Ezt összehasonlítva a boltozat aktuális vastagságával, a teherbírás igazolható (5. ábra).

### A 'merev-blokk' módszer

A módszer alapelveinek kidolgozása Heyman (1982) valamint Gilbert és Melbourne (1994) nevéhez fűződik. A módszer a képlékenységtan határállapot-vizsgálatával határozza meg a boltozat törőteher értékét, tökéletesen képlékeny anyagmodell feltételezve a szerkezet anyagára.

A merev-blokk módszer vasúti hidakra kifejlesztett számítógépes alkalmazása a RING 2.0 nevet viseli. A szoftver és az eljárás továbbfejlesztése jelenleg is folyamatban van az UIC boltozott hidakkal foglalkozó kutatási projektjének keretében (Orbán, 2007; Gilbert, 2008).

A számítás során a szerkezetet a falazóelemek (blokkok) és a fugázat révén diszkrétizáljuk, majd a blokkok közötti kapcsolatot véges értékű súrlódási tényezővel jellemezzük. A modell szerint az egyes blokkok között relatív elmozdulásokat definiálhatunk, illetve a kapcsolati jellemzőket a blokkok és a fugázat aktuális tulajdonságai alapján állíthatjuk be. A számítás eredményeként minden egyes teherálláshoz egy szorzótényezőt kapunk, amely megmutatja, hogy az adott teher hányszorosát képes a szerkezet viselni, ezen kívül meghatározza a legkedvezőtlenebb teherállást is. A módszerrel így igen látványos képet kaphatunk a boltozat lehetséges tönkremeneteli mechanizmusairól (6. ábra).



6. ábra.: A merev-blokk módszer alkalmazása többnyílású híd esetén (RING 2.0)

### Véges elemes és diszkrét elemes módszerek

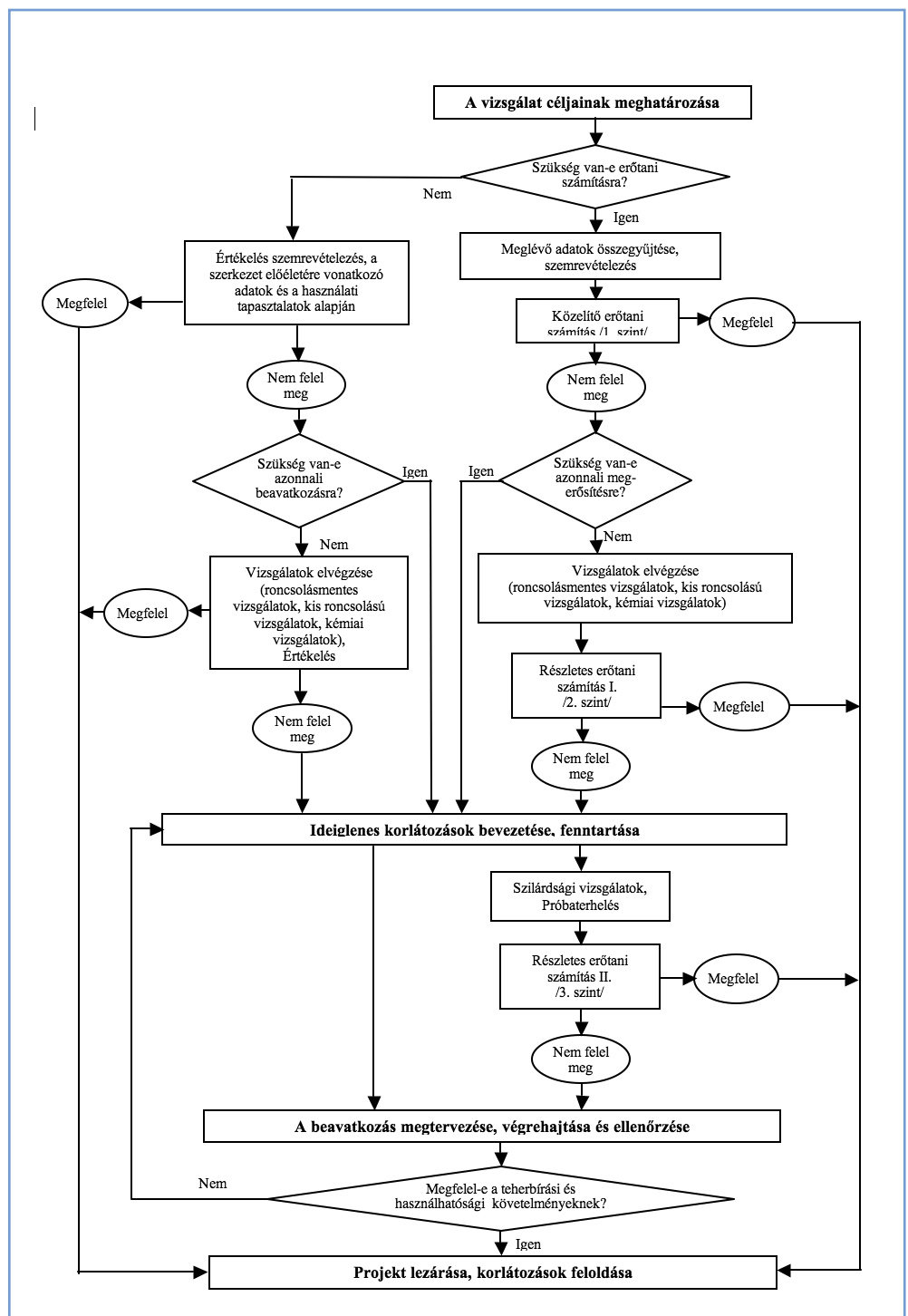
Az alábbiakban olyan numerikus eljárásokat ismertetünk, melyek alkalmasak a boltozott hidak terhelés alatti viselkedésének modellezésére, beleértve többek között az alkotóanyagok nemlineáris feszültség-alakváltozás jellemzőinek figyelembe vételét, a blokkok közötti súrlódásos jellegű kapcsolatok leírását, megfelelő talajmodell alkalmazását, valamint a szerkezet és a háttöltés kölcsönhatásának vizsgálatát. Mivel a boltozott hidak alkotóanyagai (kő, tégl, beton) húzószilárdsággal csak igen korlátozott mértékben rendelkeznek, így az ilyen anyagból felépített szerkezetekben folytonossági hiányok (repedések) alakulhatnak ki. Az előbb említett nemlineáris hatásokat és folytonossági hiányokat csak erre alkalmas szoftverek és speciális anyagmodellek alkalmazásával lehet kezelni.

Az inhomogén anyagú falazott hidak számítására a véges elemes modellek alapvetően két megközelítése használatos. Az első megközelítésnél a falazatot a falazóelemek, valamint a fugák elkülönítése révén diszkrétizáljuk (mikro-modell). A falazóelemekre és a fugázatra különböző anyagmodelleket alkalmazunk, valamint ezek kölcsönhatását kontaktelemelekkel írjuk le. A másik megközelítésnél a falazóelemek és a fugák jellemzőit „átlagoljuk” és egy olyan fiktív homogén anyaggal helyettesítjük, amely a falazatra, mint egészre jellemző (makro-modell). Boltozott hidak számítására, egyszerűsége miatt, elsősorban a makro-modell alkalmazása az elterjedtebb. Ebben a megközelítésben a falazatra célszerűen alkalmazott anyagmodellek általában hasonlóak a nemlineáris betonmodellekhez, korlátozott képlékeny összenyomódási képességgel, valamint igen alacsony húzási ellenállással. A boltozat mögötti töltés megfelelő modellezése elengedhetetlen, ugyanis ez jelentősen befolyásolja a boltozat deformációit és stabilizáló hatása is van. A boltozat és a töltés közötti kapcsolat modellezésére húzófeszültséget nem megengedő kontaktelemelek alkalmazása szükséges.

Az utóbbi időben egyre szélesebb körben terjed a diszkrét elemes módszerek alkalmazása a szerkezetek erőteni számításában. A diszkrét elemek módszere a nem-folytonos mikroszintű modellezés egy lehetséges módzata. A módszer előnye a véges elemes számítási eljárásokhoz képest, hogy a szerkezeti folytonosság megszűnése – pl. repedések képződése által – nem okoz konvergencia problémákat. A diszkrét elemek közötti kapcsolat viszonylag egyszerűen adható meg úgynevezett kontakt paraméterekkel. Mindez lehetővé teszi a különböző jellemzőkkel bíró szerkezeti részek egymásra hatásának, vagy akár elválásának modellezhetőségét (Orbán és Tóth, 2007).

**Többszintű eljárás a teherbírás értékelésére**

Boltozott hidak teherbírásának értékelését célszerű több lépcsőben elvégezni. Először egy olyan közelítő módszerrel kell kezdeni, amely minden esetben a biztonság javára közelít. Ha a szerkezet ez alapján nem felel meg, akkor további számításokra és vizsgálatokra van szükség. Tisztában kell lennünk azzal, hogy az elhamarkodott



7. ábra. Boltozatok állapotértékelésének és a beavatkozások tervezésének javasolt folyamata (Orbán, 2005)

döntés sokkal drágább (és esetleg szükségtelen) beavatkozásokhoz vezethet, mint egy újabb vizsgálat. Az értékelés és a beavatkozások tervezésének célszerű folyamatát a 7. ábra szemlélteti.

**3. BOLTOZOTT HIDAK CÉLIRÁNYOS DIAGNOSZTIKÁJA**

**3.1 A CÉLIRÁNYOS DIAGNOSZTIKA SZEREPE**

Boltozott hidakon a vizsgálat szintjének megfelelően rendszeres, időszakos és rendkívüli vizsgálatokat hajtanak végre. Az általános

*hídvizsgálat* feladata a hidak állapotának rendszeres figyelemmel kísérése, a hídon történt elváltozások és károsodások dokumentációja, valamint azon helyek megjelölése, amelyek további, magasabb szintű vizsgálatokat igényelnek. Az általános hídvizsgálat általában szemrevételezéssel történik.

A boltozott hidak *célirányos diagnosztikájának* alapvető célkitűzése, hogy bemenő adatokat szolgáltatson a szerkezet statikai modellezéshez, illetve teherbírásának számításához. További célja az általános hídvizsgálat során megjelölt károsodások mértékének, illetve azok okainak részletes feltárása, valamint a károsodások megszüntetésére irányuló beavatkozások előkészítésének elősegítése.

Boltozott hidak esetében több olyan szerkezeti jellemző létezik, amely jelentősen befolyásolja a teherviselést vagy a tartósságot, viszont erre vonatkozó adatok általában nem állnak rendelkezésre, vagy szokványos vizsgálati módszerekkel nem állapíthatók meg. Ilyen esetekben célirányos diagnosztikai eljárások alkalmazása lehet a járható út. Néhány példa:

- A boltozat feletti töltés anyaga igen változatos lehet. Előfordulhat agyag, homok, kőszórás, homokba ágyazott kőszórás illetve egyéb helyi anyag is. Ezek általában réteges felépítésűek, ahol a rétegek vastagsága és minősége a legtöbbször ismeretlen.
- A boltozat mögötti és pillérek feletti felfalazás anyaga is változatos. Lehet száraz kőakat, homokba ágyazott kőszórás, téglafalazat, kőfalazat, esetleg beton.
- A felfalazás geometriája általában nem ismert (megj.: a vízkivezető csövek helyzetéből és a homlokfalakon megjelenő átázási foltokból esetenként ki lehet következtetni a felfalazás magasságát).
- A szerkezet tartalmazhat különböző kívülről nem látható rejtett elemeket, például hosszirányú merevítőfalakat a homlokfalak között, takaréköveket a pillérek felett, illetve keresztirányú boltozatokat. Mindezek általában nagyobb nyílású hidak esetében fordulnak elő.
- A boltozat vastagsága változhat a boltozat mentén a vállak felé. Kőhidak esetében általában vastagabb faragott köveket alkalmaztak a váll felé, míg téglahidak esetében egy vagy több téglasor ráfalazásával oldották meg a vastagítást. Ez a vastagítás téglahidak esetében általában nem látható kívülről.
- A boltozat vastagsága változhat a boltozat hossza mentén is. Általában a vágánytengely alatt, illetve annak irányában alkalmaztak vastagítást. Sokszor a vágánytengely későbbi áthelyezése miatt a vastagított rész nem a vágánytengely alá esik és a megváltozott igénybevétel-eloszlás miatt az eltérő vastagságú részeknél repedések jelenhetnek meg. A boltozat vastagsága a homlokfalak alatt is eltérhet a boltozat belső részeinek vastagságától. Mindez a hosszirányú belső merevítőfalak esetében is igaz.
- Több gyűrűből álló boltozatoknál sokszor előfordul, hogy a külső gyűrűk anyaga és minősége eltérő a belső gyűrűkétől. Bár nem jellemző, de ugyanez igaz lehet kőhidak esetében is.
- A hídfők és pillérek belső geometriája és anyagi összetétele a legtöbb esetben nem ismert. Lehet tömör falazat, belül üreges, vagy törmelékkel kitöltött. A hídfők szélessége sem mindig ismert és az esetleg meglévő tervek sem mindig pontosak.
- A hídon számos olyan károsodás fordulhat elő, amely szabad szemmel nehezen észlelhető, illetve vizsgálható. Ilyenek például a boltozat belső részeinek károsodásai, többgyűrűs szerkezet esetében a gyűrűk elválása, a boltozat extradósán kialakuló repedések, a hídfők mögötti kiüregelődések stb.

### 3.2 A CÉLIRÁNYOS DIAGNOSZTIKA MÓDSZEREI

Boltozott hidak célirányos diagnosztikája sem nélkülözheti a szemrevételezéses vizsgálatot. Semmilyen eszköz nem helyettesítheti ugyanis a „szakértő mérnöki szemet”. A szemrevételezéses vizsgálat – amennyiben a vizsgálat célja ezt igényli – kiegészülhet a hagyományos eszközökkel mérhető geometriai adatok (pl. boltozat nyílása és alakja, boltozat vastagsága a homlokfalnál, híd hossza stb.), valamint egyes építéstechnológiával kapcsolatos adatok (pl. szerkezeti anyagok típusa, falazat kötési típusa, korábbi beavatkozások jellege) meghatározásával.

Számos számítási eljárás egyik meghatározó bemenő paramétere a boltozat anyagának nyomószilárdsága, illetve egyéb mechanikai jellemzője. Ezek meghatározására bevett gyakorlat a fűrt mintákon történő *roncsolásos vizsgálatok* elvégzése. A roncsolásos vizsgálatok legnagyobb hátránya, hogy a statisztikai elemzés szempontjából megfelelő mintaszám kinyerése a szerkezetből igen költséges és jelentős roncsolással jár.

A *kis roncsolással járó vizsgálatok* elsősorban a falazat mechanikai és egyéb állapot jellemzőinek közelítő meghatározását, illetve azok szerkezetben belüli eloszlásának és anomáliáinak meghatározását célozzák meg. A módszerek előnye, amellyel hogy statisztikailag elemezhető adatmennyiséget szolgáltatnak, az, hogy csak minimális mértékű roncsolással járnak. Hátrányuk, hogy csak a vizsgálati helyek környezetnek vagy felületének jellemzőit mutatják. A gyakorlatban leginkább alkalmazható módszerek az alábbiak:

- lyukkamera és videoendoszkópia
- felületi szilárdságmérés
- felületi és mélységi nedvességtartalom-mérés
- kis átmérőjű fűrt minták szilárdsági vizsgálata

A *roncsolásmentes vizsgálati módszerek* egyre inkább tért hódítanak a szerkezetek diagnosztikájában. Vasúti hidakon végrehajtott vizsgálataink alapján megállapítható, hogy ezen módszerek elsősorban nem az alkotóanyagok szilárdsági tulajdonságairól, hanem a szerkezet felépítéséről, rejtett geometria adottságairól és károsodásairól, felületi és belső inhomogenitásáról szolgáltatnak hasznos információkat, így a szerkezet egészére egy minőségi jellemzőt határoznak meg. Ez a minőségi jellemző kiválóan kiegészítheti a hagyományos vizsgálati módszerekkel nyert információkat, sőt nagy segítséget nyújthat a szokványos vizsgálatok helyének és szükséges gyakoriságának megállapításához is. Néhány, a gyakorlatban már sikeresen alkalmazott roncsolásmentes módszer:

- georadar
- szeizmikus tomográfia
- infravörös termográfia

### 4. ÖSSZEGRÉS

A teherbírás értékelését célszerű több lépcsőben elvégezni. Először egy olyan közelítő módszerrel kell kezdeni, amely minden esetben a biztonság javára közelít. Ha a szerkezet ez alapján nem felel meg, akkor lehet szükség további számításokra és vizsgálatokra. Tisztában kell lennünk azonban azzal, hogy az elhamarkodott döntés sokkal drágább (és esetleg szükségtelen) beavatkozásokhoz vezethet, mint egy újabb vizsgálat.

Boltozott hidak szerkezeti modellezése számos olyan bemenő paramétert (pl. anyagjellemzők, geometriai jellemzők, állapotjellemzők) igényel amely nem áll rendelkezésre, vagy szokványos vizsgálati módszerekkel nem állapíthatók meg. Ilyen esetekben célirányos diagnosztikai vizsgálatok elvégzése szükséges.

A jövőben a roncsolásmentes és kis roncsolással járó diagnosztikai módszerek egyre szélesebb körben történő elterjedése várható. A módszerek alkalmasak lehetnek a szerkezeti viselkedést és a teherbírást leginkább befolyásoló paraméterek bizonytalanságának csökkentésére, azonban általános alkalmazhatóságukhoz a mérési adatok feldolgozásának fejlődése és további kutatások szükségesek.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Fanning, Boothby, T. (2001): Three dimensional modelling and full-scale testing of stone arch bridges, *Computer and Structures*, 79/29-20, 2645–2662.
- Gilbert, M., Melbourne, C. (1994): Rigid-block analysis of masonry structures, *The Structural Engineer*, Vol. 72., No 21.
- Gilbert, M. (2008): Guide to use of *ring2.0* for the assessment of railway masonry arches: theory & modelling, International Union of Railways
- Harvey, W.J. (2008): Review of the Military Engineering Experimental Establishment (MEXE) method, International Union of Railways
- Heyman, J. (1982): *The masonry arch*, Ellis Horwood Ltd, Chichester
- Melbourne, C., Gilbert, M., Wagstaff, W. (1995): The behaviour of multi-span arch bridges, *I. Int. Arch Bridge Conf.*, C. Melbourne ed., Thomas Telford, London, 489–497.
- Melbourne, C., Gilbert, M., Wagstaff, M. (1997): The collapse behaviour of multispan brickwork arch bridges, *The Structural Engineer*, Vol. 75., No 17.
- Orbán, Z. (2004): Assessment, Reliability and Maintenance of Masonry Arch Bridges, State of-the-Art Research Report, International Union of Railways, Paris, p. 120.

- Orbán Z. (2005): Vasúti boltzott hidak állapotvizsgálata és rehabilitációja, *Vasbetonépítés*, VII. évfolyam, 2. szám, pp. 72–79.
- Orbán, Z. (2007): UIC Project on Assessment, Inspection and Maintenance of Masonry Arch Railway Bridges – Keynote lecture, ARCH 07: 7th International Conference on Arch Bridges, Madeira, Portugal, 12–14 September 2007. pp. 3–12.
- Orbán Z., Tóth A. (2007): Boltzott hidak szerkezeti viselkedésének modellezése véges- és diszkrét elemes módszerekkel, *Nem publikált kutatási jelentés*
- Page, J. (1988): Load tests to collapse on two arch bridges at Torksey and Shinefoot, *Transport and Road Research Laboratory, Research Report 159.*, Crowthorne, UK
- Pippard, A J S (1948): *The approximate estimation of safe loads on masonry arch bridges*, Civil engineer in war, 1, 365–372, ICE, London
- Roberts, B. (1999): Transverse behaviour of masonry arch bridges, *M.S. Thesis – The Pennsylvania State University*
- UIC Code 778-3R (1994): Recommendations for the assessment of the load carrying capacity of existing masonry and mass-concrete arch bridges, UIC, Paris

## SUMMARY

### STRUCTURAL MODELLING AND LOAD BEARING CAPACITY OF MASONRY ARCH RAILWAY BRIDGES

The present paper is the second part of a series dealing with masonry arch railway bridges. The paper introduces some of the characteristics of structural behaviour, summarises available methods of structural modelling and assessment of load carrying capacity. Effective diagnosis procedures are shown for establishing input parameters for analysis.

## NAGY FORGALMI TELJESÍTMÉNYŰ UTAK

### HIGH-PERFORMANCE HIGHWAYS

PATRICK DE CORLA-SOUZA

PUBLIC ROADS, VOL. 70. NO. 6. MAY/JUNE 2007. [HTTP://WWW.TFHR.GOV/PUBRDS/07MAY/01.HTM](http://www.tfhr.gov/pubrds/07MAY/01.htm)

A közúthálózaton jelentkező torlódások kezelésének egyik módja lehet a differenciált díjsítás, mely egyúttal a jövő infrastruktúra-fejlesztésének forrását is biztosíthatja. A csúcsidőben alkalmazott torlódásfüggő díjak alkalmazása mérsékli az utazási idővesztéseket, és hatékonyabbá teszi a forgalom lefolyását. A csúcsidőben fizetendő úthasználati díj a nem ingázó eseti utazókat más időszak igénybevételére készíti. A differenciált díjazás lényege, hogy a forgalom alakulásától függően változó díjat szednek csúcsidőben az egyébként ingyenes sávokon is, de csak a torlódásos szakaszokon. A díjak időbeni alakulását előre meghirdetik, és azt adott időszakonként (pl. 3 havonta) felülvizsgálják, és szükség szerint módosítják. A csúcsidei díjazás hatására megnövekedhet a közös gépkocsihasználat, valamint a közforgalmú közlekedés igénybevétele, és jobban oszlik el a forgalom a párhuzamos utakon. Lényeges elem, hogy a díjak regisztrálása a forgalom lassítása nélkül, elektronikus úton történik, utólagos havi számlázással. Egy

ilyen rendszert bevezettek Kalifornia állam déli részén San Diego térségében. Itt az autósoknak a szélvédőre kell felragasztani egy jeladó egységet a díjfizetéshez. Az aktuális díjszint kijelzésére változtatható jelzéstartalmú táblákat használnak. Florida államban a díj regisztrálására videós rendszámleolvasó eszközt alkalmaznak. A forgalom állandó megfigyelése és szabályozása szükséges a megfelelő szolgáltatási szint fenntartásához. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy váratlan igénynövekedés esetén korlátozhatják a fizető útszakaszra történő felhajtást, hogy ott ne alakuljon ki torlódás. A közforgalmú közlekedés előnyben részesítésére kijelölhető a leállósáv az autóbuszok közlekedésére csúcsidőszakban, erre Minnesota államban látható példa. Hasonló intézkedések bevezetésénél fontos a megfelelő kommunikáció és a lakossági elfogadtatás. A cikk egy példán mutatja be az elérhető előnyök, a várható költségek és bevételek számítását.

G. A.

# ÚTFÁSÍTÁSOK KÖZLEKEDÉSBIZTONSÁGI KÉRDÉSEI

DR. TAKÁCS VIKTOR <sup>1</sup>

## BEVEZETÉS

Az utóbbi években nagyot változtak a közúti közlekedéssel, ezáltal a közút tartozékaival szemben támasztott követelmények és igények is. Amíg évszázadokig a fasorok jelölték az út szélét, napjainkban szerepük a közlekedésbiztonság, mint tervezési szempont, hatására háttérbe szorult. Ennek ellenére az út menti fásítások ma is szerves részét képezik a közútnak, hatással vannak az útra, annak közvetlen környezetére és a közlekedőkre. A közutak terheltségének növekedése, a közlekedésbiztonság javítása és a gazdasági lehetőségek egyaránt indokolttá teszik – az útfásítások hosszú távú fenntartása érdekében – az előírások folyamatos felülvizsgálatát és a beavatkozásokat.

A fatörzsek biztonságos távolságba történő telepítése mellett a fenntartási munkák feladata a közlekedési úrszelvény tisztántartása és a fásítások káros hatásainak elhárítása. A hagyományos fasorok esetén a legfontosabb feladat a fatörzsek forgalmi sáv szélétől mért távolságának növelése lenne. Ez általában csak 1-2 métert jelenthet, de kedvezően járul hozzá a balesetek kimeneteléhez. A fasor törzstávolságainak növelése is nélkülözhetetlen. Az általában 4-8 méteres, de sokhelyütt még sűrűbb tőtávolságokat legalább 15-20 méteresre kellene növelni. A közútkísérő fásítások fafajainak helyes (termőhely-álló) megválasztásával csökkenhetnek a fenntartási költségek, de a biztonságos üzemeltetéshez szükséges a telepítési és az ápolási munkák folyamatos és maradéktalan elvégzése.

## AZ ÚTFÁSÍTÁSOK „HAGYOMÁNYAI”

Az útfásítások célja a közlekedés művi vonalainak és a táj harmonikus kapcsolatának kialakítása mellett a közlekedésbiztonság fokozása, valamint ehhez kötődően az optikai vezetés kialakítása, továbbá úttárnékolás, hó- és szélvédelem mint járulékos szerepek. Mindezeket figyelembe véve, a közlekedésbiztonság érdekében számos általános szabály és előírás betartása nélkülözhetetlen. Az előírások mellett megtalálhatóak a célszerűséget és a gyakorlati megvalósíthatóságot támogató elvek. Az út menti növényzet kialakításának alapelvei között megjelenik a fa- és cserjecsoportok laza szerkezetű elhelyezése és az ültetési minták kombinálása a monotonitás elkerülése végett. Az út vonalvezetésére odafigyelve, a kanyarok külső ívén zártabb, míg az iránymódosulás esetén előrejelző facsoportok tervezése a kívánatos. Emellett már évtizedek óta az is előírás, hogy a belső ívekben kerülni kell a fásítások, valamint a magas növényzet alkalmazását, ami sokszor napjainkban sem teljesül.

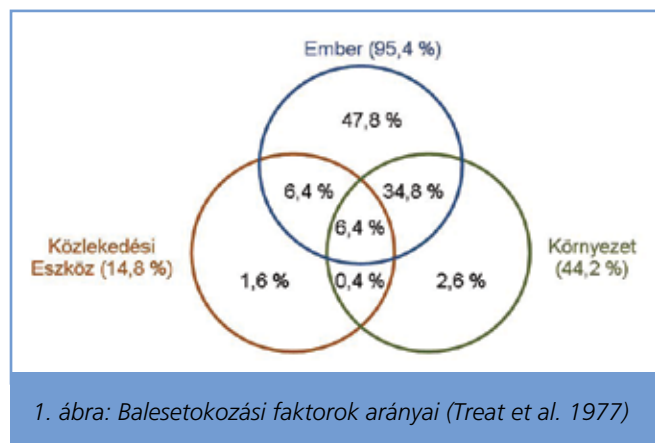
A kívánalmak mellett tisztában kell lenni azzal is, hogy az út menti fásítások rendelkezésére álló keskeny sáv mérete és a kedvezőtlen termőhelyi viszonyok miatt szélsőséges termőhelynek minősül. A szakirodalom ezekre a helyekre a termőhelynek megfelelő (fényigény, vízigény, tápanyagigény), őshonos, de kevés ápolást igénylő és egyben változatos (ha-

bitus, szín, forma, magasság stb.) fajok telepítését részesíti előnyben. A biotikus és abiotikus káros hatásoknak egyaránt fokozottan kitett fáknek általában a rendszeres ápolást is nélkülözniük kell. A közlekedés biztonságának szavatolása érdekében a korhadt, kiszáradt fák és az úrszelvénybe nyúló ágak rendszeres eltávolítását, a közúti jelzőtáblákra való rálátást biztosítani kell.

A műszaki előírások mellett a fásításoknak a tájjal is harmonizálniuk kell. Az a cél, hogy tájélményt nyújtsanak, ezért kerülni kell az egyhangú, monoton fasorokat. Változatos szín- és formakombinációkat kell alkalmazni, valamint meg kell oldani a kiemelt pontok megjelölését, fásítások útján való kiemelését is.

## ÚJ IRÁNYELVEK ÉS KÖVETELMÉNYEK

Az Európai Bizottság számos olyan nemzetközi együttműködésen alapuló kutatási projektet finanszíroz, amelyek a fenntartható közlekedési infrastruktúra kialakításához járulnak hozzá. Ezek között hangsúlyosak a közlekedés biztonságának növelésére és az út menti objektumok közlekedésre gyakorolt hatására fókuszáló vizsgálatok. Az út menti környezet közlekedésre gyakorolt hatásait a RISER-projekt (Roadside Infrastructure for Safety European Roads) vizsgálta. A közlekedés biztonságát szem előtt tartva, a kutatás kiemelkedően az útelhagyásos balesetekre összpontosított, az útkörnyezet és az emberi tényező hatását vizsgálta a közlekedés biztonságának és működésének függvényében (RISER, 2006). Az elkészült dokumentum célja, hogy normákat és iránymutatást nyújtson a tagállamok számára. Az EU közútbiztonsággal kapcsolatos törekvései három pillérről építkeznek: az infrastruktúra megtervezettsége, a közlekedési eszközök jellemzői és a közlekedésben résztvevő emberek felkészültsége (EBPRD, 2005; EBPRD, 2003). Az „ember – közlekedési eszköz – környezet” baleseti statisztikák alapján felállított hármasszöglet mutatja a 1. ábra. Ez alapján látható, hogy a balesetek nagy százalékában az emberi viselkedésnek van kulcsszerepe. (Gatti et al. 2007)



1. ábra: Balesetokozási faktorok arányai (Treat et al. 1977)

<sup>1</sup> Oki. környezetmérnök, mérnök-tanár, PhD, Nyugat-magyarországi Egyetem, Roth Gyula Szakközépiskola és Kollégium, e-mail: vik@nyyme.hu

A közúti infrastruktúra, az út fizikai kialakítása, és az út menti környezet vizuális jeleket ad a közlekedők számára. Az út szélessége, a burkolatjalek, az út menti domborzat és a növényzet feladata, hogy a vezető számára felfoghatóvá tegye a jármű helyzetét és sebességét, az irányváltás lehetőségére vagy a változó közlekedési helyzetre felhívja a figyelmet. A tervezett ajánlások olyan út kialakítását javasolják, amely egyrészt magától értetődő információkat ad, mintegy ráveszi a közlekedésben résztvevő járművek vezetőit, hogy a megfelelő magatartást (sebességválasztás, úton elfoglalt helyzet) válasszák. Az „önmagát magyarázó úttípus” (Self Explaining Road) akkor válhat teljes értékűvé, ha az útpályát „elnéző” külső sáv (Forgiving Roadside) egészíti ki, amely kialakításával biztosítja az utat elhagyó jármű számára az ütközésmentes megállási lehetőséget (2. ábra). Tehát az útszéli környezetben nem lehetnének veszélyes tárgyak, csak energiae nyelők és biztonsági korlátok. Legalább 10 méter széles biztonsági sávnak szavatolnia kell a balesetmentes pályaelhagyás és visszatérés lehetőségét (Gatti et al. 2007; RISER, 2006).

A biztonságos út menti környezet kialakítása elsősorban új utak kivitelezésénél lehetséges, de ekkor is lehetnek olyan természetes és



2. ábra - Elnéző útpadka és külső sáv Fertőd és Nyárliget között (a szerző felvétele)

mesterséges út menti objektumok, amelyek nem mozdíthatók el az útépités érdekében sem jelenlegi helyükről (pl. kulturális érték, védett fasor). Ezeket az objektumokat az ütközés szempontjából pontszerű (fa, tuskó) és folyamatos (fasor, erdősáv) akadályoknak tekinthetjük. A RISER Statisztikai Adatbázisa szerint, amely 265 ezer balesetet vizsgált hét európai országban, a közúti balesetek 11%-a fának ütközéssel végződött. A fával való ütközések 17%-a halálos, 39%-a komoly sérüléssel járó kategóriába sorolható. A halálos balesetekhez tartozó legkisebb törzsátmérő 0,3 méter (biztonsági öv nélkül 0,2 méter), az útpálya szélétől mért legnagyobb ütközési távolság 6,8 (öv nélkül 10,8) méter volt. Az összes komoly baleset 40 km/h feletti sebességnél, míg a halálos balesetek 70 km/h feletti sebességnél következtek be. Természetesen nem egyedül az út menti növényzet felelős a balesetekért, de fontos kiemelni, hogy a fának és egyéb út menti objektumnak (oszlop, korlát, árok, kerítés) való ütközés adja a halálos balesetek egynegyedét. (EBPRD, 2005)

## ÚT MENTI FASOR, MINT VESZÉLYFORRÁS

Nemzetközi szinten is egyre jelentősebbek a közúti közlekedés biztonságosabbá tételével foglalkozó kutatások eredményei, amelyek hozzájárulhatnak az EU-tagállamok útfásításokra vonatkozó előírásainak összehangolásához. Európa-szerte az útszéli fákat és fasorokat veszélyforrásnak tekintik. A veszélyesség megítélésének alsó értéke az ütközési magasságban (0,5 m) mért 10-30 centiméteres törzsátmérő. A veszélyesség megítélése fokozódik, amikor a fák más veszélyes tényező (jelzőtáblák, töltés, ív, árok stb.) jelenlétével is párosulnak. Az út menti környezet veszélyessége befolyásolja a balesetek előfordulását és súlyosságát. Ezt veszi figyelembe a „balesetmódosító tényező” (AMF<sub>9</sub>), amely felhasználja az utak környezetének veszélyességi osztályait is (1–7-ig osztályozott, RHR – road-side hazard rating). Ezek segítségével leírhatók a tipizált utak jellemzői (1. táblázat, Gatti et al. 2007). A vizsgálati eredmények alapján az úthoz tartozó berendezések elhelyezésének az útpálya szélétől mért minimális távolsága 10 méter. Ezek irányadóak lehetnek az út menti fásítások esetében is.

## PÁLYAEHLAGYÁSOS BALESETEK HAZAI KUTATÁSA

A pályaelhagyásos balesetek és az út menti fák összefüggéseit magyar kutatók is vizsgálták. Sajnos pontos kimutatás nem áll rendelkezésre ahhoz, hogy nyilvántartott pályaelhagyásos balesetek közül kiszűrhetőek legyenek a fával történt ütközések. Az elemzők számára a szilárd tárgynak ütközéses balesetek kategóriája (904-es balesettípus) szolgált kiindulási alapul. Ezen kategória vizsgálatával keresték a lehetőségeket, amelyek a balesetveszély elhárítására irányulnak.

A közlekedéstudomány szakemberei is egyetértenek, hogy a fák kivágása, a fasorok megszüntetése csak a végső megoldás. (Holló et al. 2000)

Az esetleges fakivágások pénzügyi vonzatait vizsgálva Holló (2005) leírja, hogy

1. táblázat: Az utak környezetének veszélyességi osztályai (Gatti et al. 2007 alapján)

RHR	AMF <sub>9</sub>	Biztonsági zóna szélessége	Padka lejtése	Leírás
1	0,87	≥9 m	≤ 1:4	Széles, tiszta terület Ráhajtható
2	0,94	6–7,5 m	≈ 1:4	Ráhajtható
3	1,00	≈3 m	1:3–1:4	Átlagos környezet Egyenetlen felszín Kis mértékben ráhajtható
4	1,07	1,5–3 m	1:3–1:4	Vezetőkorlát (1,5-2 méteren belül) Fák, oszlopok 3 méteren belül Kis mértékben ráhajtható, de nagy az ütközés esélye
5	1,14	1,5–3 m	≈ 1:3	Védőkorlát 1,5 méteren belül Szilárd objektumok 2-3 méteren belül Szemmel láthatóan nem ráhajtható
6	1,22	≤ 1,5 m	≈ 1:2	Nincs védőkorlát Szilárd objektumok 2 méteren belül Nem ráhajtható
7	1,31	≤ 1,5 m	≥ 1:2	Szikla vagy függőleges fal Nincs védőkorlát Nem ráhajtható, ütközésveszély

a fakivágások lényegesen nagyobb költséghatékonyságot, hat-szor rövidebb megtérülési időt jelentenek, mint a védőkoriátok alkalmazása. Számításai szerint a fakivágások költségei keskeny utak esetén 2,3 év, szélesebb utak esetén közel 10 év alatt térül meg, míg a védőkoriátok létesítése 13 év alatt térül meg. Megítélések szerint a probléma felszámolására szolgáló eszköz-tárnak a korlátozásokat, a tilalmakat, a védelmi intézkedések, a figyelemfelhívás és a fagondozás technikájának átgondolását is tartalmaznia kell. Részletes vizsgálatokat végeztek Pest megyé-ben, az 1997–1999 között történt 61 fának ütközés esetében. Ezekből 27 baleset járt személyi sérüléssel, ami tartalmazza a hat halálos kimenetelű ütközést is. Meg kell említeni, hogy a lakott területen kívüli halálos balesetek aránya Magyarországon 9,8%, a Sopron–Fertőd kistérség főújtjainak területén 11,8% (2. táblá-zat), amelyek hasonlóak a nemzetközi szakirodalom adataihoz. A hazai és a németországi tapasztalatok alapján azt a követke-ztetést vonták le, hogy az út szélétől mért 4,5 méteren belül sem-miképp sem szabad fát ültetni. Külön felhívják a figyelmet, hogy ellenőrzésre szorul a szükséges látótávolságok tisztaságának biz-tosítása is. Az útfásítások karbantartására fordítandó költségek-vel nem lehet összehasonlítani azt a közel 13 milliárd forintnyi nemzetgazdasági veszteséget, amelyet a fának ütközéses baleset-ek okoztak. (Holló et al. 2000)

A nemzetközi kutatások, a korábban leírt „elnéző” külső sávhoz hasonlóan, az út menti „biztonsági zóna” koncepcióját támogat-ják. A „tisza terület” elnevezéssel is illetett, az útpálya szélétől kezdődő térrész az útpadkából, a ráhajtható lejtőből és egy tiszta kifutási területből tevődik össze. A kívánt szélesség az út típu-sától, forgalmától, a tervezési sebességtől, az útpálya lejtésétől, a vízszintes elhelyezkedéstől (egyenes vagy íves szakasz), a for-galmi sáv szélességétől és az út menti környezettől (természetes domborzat, területhasználat) függ. A tervezés során figyelembe kell venni, hogy az utat elhagyó járművek sebességüktől függően az út széléhez viszonyítva 20° alatt hajtanak le az úttestről és általában 10 méteren belül képesek megállni. A vizsgálat ered-ményeinek összefoglalásaként elmondható, hogy az útról nagy sebességgel és kis szögben (5°) lefutó jármű számára 90 km/órás sebesség esetében legalább 7 méteres, 110 km/óránál pedig 12 méteres biztonsági sávot kell fenntartani, hogy a baleset lehetősége a minimálisra csökkenjen. Ez az érték ívben nagyobb, hiszen a jármű azonos sebesség mellett nagyobb szögben hagyja el az útpályát (SAFESTAR, 1998). Ám itt érdemes megemlíteni, hogy a

2. táblázat: Útelhagyásos balesetek száma, szilárd tárgynak ütközéssel  
(a Magyar Közút Kht. adatai alapján, 2003–2007.)

Út szá-ma	Szakasz	A baleset kimenetele			
		Halá-los	Sú-lyos	Köny-nyű	Össze-sen
85.	Vitnyéd–Fertőszentmiklós	0	3	3	6
85.	Fertőszentmiklós–Pereszteg	3	7	8	18
85.	Pereszteg–Nagyecenk	0	4	2	6
84.	Újkér–Lövő	0	1	1	2
84.	Lövő–Sopronkövesd	0	1	1	2
84.	Sopronkövesd–Nagyecenk	0	5	2	7
84.	Nagyecenk–Kópháza	0	0	1	1
84.	Kópháza–Sopron	3	2	4	9
Összes baleset		6	23	22	51
Arány (%)		12	45	43	100

közlekedési balesetek többsége (85-86%) egyenes útszakaszon történik (Gatti et al. 2007). Az útszéli területen történő ütközések nagy része 10-11 méteren belül tapasztalható. A balesetek 50%-át 4,5 méteren, a 85%-át pedig 7 méteren belül figyelték meg. Ennek megfelelően számos európai ország a biztonsági zónák szélességét 80 km/h-nál kisebb sebességre tervezett utaknál 4,5–7 méterben határozza meg, a maximális szélességet (100 km/h tervezési sebesség mellett) 6-10 méterben. (EBPRD, 2005)

## KÖZLEKEDÉSBIZTONSÁG ÉS AZ ÚT MENTI FIZIKAI TÉNYEZŐK KAPCSOLATA

A közúton közlekedők biztonságát számos helyi adottság és független környezeti tényező befolyásolja. A helyi adottságok közé tartozik az út közvetlen környezetében a felszín formája, domborzati viszonyai (töltések, árkok stb.). Legnagyobb kocká-zati tényezőt a fatörzsek képviselnek az úttól mért távolságuk ( $L_u$ ), a mellmagassági átmérőjük ( $d_{1,3}$ ) és a faszorban egymástól mért távolságuk függvényében. Az ábrázolhatóság kedvéért a 3. ábrán (a 84. sz. főút Győr-Moson-Sopron megyei szakaszának vizsgálati helyei) a mellmagassági átmérőket ötöd részére, a tótávolságokat felére redukáltam. Az utat elhagyó jármű számára fokozottan balesetveszélyesek azok az útszakaszok, ahol az úttól mért kis távolság nagy mellmagassági átmérővel és rövid tótávolságokkal párosul. Ha a csoportos fásítások esetén a statisztikai átlagolásban a fatörzsek, és nem a csoportok tényleges egymástól mért tótávolságait vizsgáljuk, a tótávolságok itt alakulnak a legkedvezőtlenebben. A veszélyforráson enyhíthet a távolabbi elhelyezkedés vagy a kis mellmagassági átmérő, amelyek csök-kentik a végzetes ütközés kockázatát.

A felvételezett számszerű adatok alapján kidolgozható egy olyan mutató, amely a fizikai környezet közlekedési veszélyét szemlélteti. Feltételezve, hogy a fásítások esetén a fő veszélyt a fatörzsek jelentik, azok úttól és a fatörzsek egymástól mért távolságával csökken a veszélyesség. Minderre befolyással lehet több kisebb hatású tényező, mint az ágasság, az egészségügyi állapotból fakadó hatások stb. A faszor veszélyességi mutatója:

$$V_f = \frac{d_{1,3}}{L_u \cdot D_t} + K$$

ahol

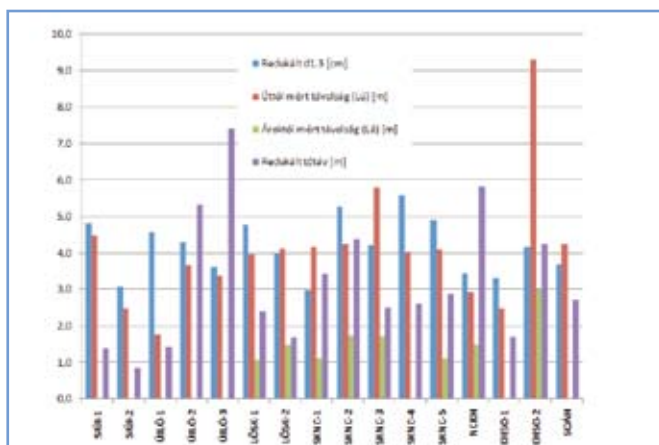
- $d_{1,3}$  – mellmagassági átmérő
- $L_u$  – úttól mért távolság
- $D_t$  – tótávolság
- $K$  – korrekció (ágasság, szerkezet stb.)

Az összefüggés alapján számolt értékeket a 4. ábra mutatja be. A veszélyesség megítélésében az úttól mért kis távolsághoz tartozó nagy törzsátmérő és a 4-5 méter alatti törzstávolságok a meghatározóak.

## VESZÉLYES HELYEK

A közúti úrszelvénybe nyúló vagy az ívek beláthatóságát zavaró lombkorona, a faszor fainak sarjtelepei és a kilátást zavaró vagy korlátozó cserjesávok akadályt jelentenek. Az úrszelvénybe való benyúlást vizsgálva kevés az olyan útszakasz, amelyen ne találkoznánk azzal a problémával, hogy a benyúló ágak korlátozzák a látástartományt, vagy a forgalmi sáv fölé benyúlva, azon átnyúlva (szélső esetként „alagútszerűen” záródva) más veszélyforrást rejt-senek magukban. Ilyenek a saját súlyuk alatt roskadó csörgőfák ágai, a széltörött óriásnyár hajtásai vagy télen az ágakról leolvadó jégdarabok. A kereszteződések beláthatóságát is erősen korlá-tozzák az úthoz közel ültetett fatörzsek, alacsony lombkoronák, sarjak vagy a cserjecsoportok. Évek óta visszatérő gondot jelent



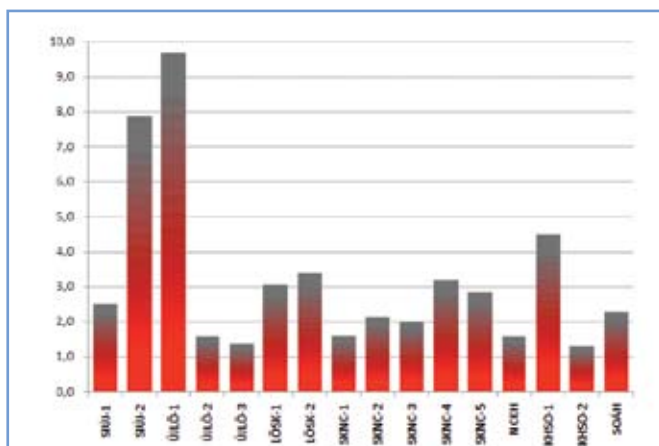


3. ábra: A fatörzsek elhelyezkedésének jellemzői

egy nagyobb hóesés vagy szélvihar után a törött ágak és törzsek eltakarítása. Az egészségügyi szempontból gyengébbnek minősített útszakaszokon nem csak a száraz lombban található vagy félig már letörött ágakról kell megemlékezni, hanem a kiszáradt egyedekről is, amelyek bármelyik pillanatban eltörhetnek, kidőlhetnek. A 84. sz. főút Győr-Moson-Sopron megyei útszakaszára jellemző a fasorok közelsége az úthoz, a rövid tótávolságok, a környezet és a lombkoronák gondozatlansága, helyenként a rossz egészségügyi állapot és a szerkezeti hibák (száraz fák ottléte, helytelen metszés, törött ágak a koronában stb.). Mindenképpen szükség lenne az elszáradt fák eltávolítására, a beteg fák cseréjére, a koronák helyes metszésére, a sarjak visszaszorítására, a tótávolságok növelésére, a pótlás úttól távolabb történő megvalósításával az úttól mért távolság kitolására, az út beláthatóságának javítására, a látási háromszögek tisztítására, a hiányzó fásítások pótlására, az üres helyek feltöltésére, a hófúvások elleni védelem fejlesztésére, a veszélyes fásítások védelemmel történő kiegészítésére.

### AZ OLDAL- ÉS TÓTÁVOLSÁG NÖVELÉSE

Ha feltételezzük, hogy legtöbb jármű 5–20° között hagyja el az útpályát, továbbá az 5. ábra szerint figyelembe vesszük a jármű szélességét, az út szélével bezárt szöget ( $\alpha$ ) és az útszéli fák átmérőit, akkor számítható a fasoron belüli tótávolságok ( $T$ ) minimálisan elfogadható értéke. Ha reálisan szemléljük a lehetőségeket, akkor egy nagyobb jármű szélességével (pl. 3 méter széles

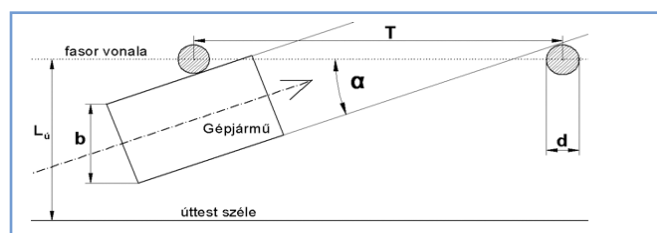


4. ábra: A fasorok veszélyességi mutatói

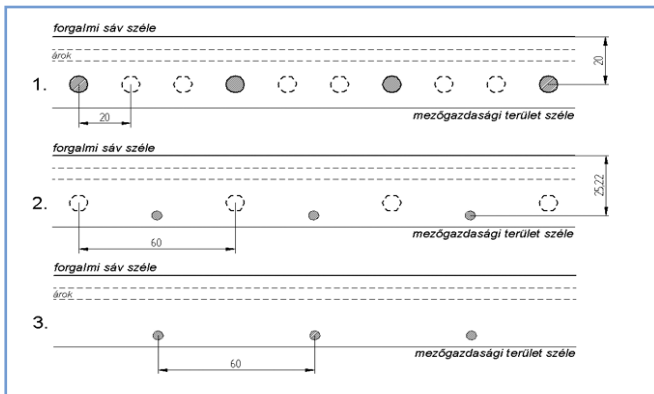
autóbusz) és a már fokozott baleset veszélyt jelentő 10 centiméteres törzsátmérővel számolva a minimális törzstávolság 9,1 méter, ami az ismertetett fasoroknál jelenleg 9,6–9,9 méter kellene, hogy legyen. Az úttól mért távolság és a fasoron belüli tótávolság függvényében a fasorokat úgy kell ki- vagy átalakítani, hogy a lehető legbiztonságosabb legyen a közlekedők számára. A telepítéshez rendelkezésre álló földszávon általában a fásítások nem használják ki teljes szélességében. Vagy az út menti terület középvonala, vagy annak külső oldalára esnek úgy, hogy a fasor és a szántó között általában 1-1,5 méternyi terület még kihasználható (címlapkép). Az úttól mért távolság és a fasorok törzstávolságának növelése a felújítás során néhány lépésben megoldható (6. ábra). Az eredeti, általában 4-5 méteres tótávolságú fasorok ritkításával első lépésként növelhető a fatörzsek távolsága. Ezt követően a fasor eredeti tengelyén kívül, de még a felhasználható területen belül lehetséges egy második fasor kialakítása, amellyel a biztonságos oldaltávolság javára a helyi adottságok függvényében 1-2 méter is nyerhető. A fasor kijelölt egyedeinek első évben történő kitermelését (1.), majd a második év tavaszán történő ültetést (2.) követően a második télen kivitelezhető az eredeti fasor teljes felszámolása. Így a közlekedésbiztonságot célzó fasorfelújítások két év alatt lezajlódhatnak, az ekkorra kialakított törzstávolságú új fasorral (3.) biztosítható az út menti fásítottság folyamatossága is. A fasorok felújítását célszerű a szélvédett oldalon kezdeni, így a másik oldal felújítása 3-5 évvel eltolódhat az újonnan ültetett fák megerősödéséig. Ha az útszakasz két oldalának felújítását egy időben kell kezdeni, egyéb eszközökkel (karózás vagy szélterelő rácsok) biztosítani kell az ültetési anyag védelmét a lehetőségek szerint 3-5 éven át.

Az út menti fasorok és erdősávok jövőbeli telepítését és felújítását a közlekedésbiztonság növelésének szem előtt tartása mellett kell elvégezni. Törekedni kell arra, hogy a kívánt biztonsági zónából, az elnéző padkából minél több megvalósítható legyen. A fasorokat úgy kell átalakítani, hogy a pályaelhagyó járművek minél kisebb eséllyel ütközzenek fatörzseknek és lehetőség szerint cserjesávok is segítsék a járművek lassulását. Nem szabad elfelejteni, hogy a fásításokat a közlekedés védelme érdekében sem szabad túlzásba vinni, csak olyan mértékben kell alkalmazni, amely nem veszélyezteti a közlekedés akadálymentességét. A hófogó erdősávok hasznos tulajdonságai mellett tekintettel kell lenni arra is, hogy bármilyen kiemelkedő út menti objektum – legyen az fasor, szalmabála vagy domborzati forma – is az áramlások megváltozásához vezethet. Nemcsak a közút és a fásítások fizikai jellemzőit kell részletesen ismerni, hanem egyéb környezeti feltételeket is.

A közutakon bekövetkező balesetek okait nem csupán az út menti környezet állapotában kell keresnünk, de a leírtak alapján figyelembe kell venni azt, hogy az útkísérő növényzet megtervezésének, fenntartásának és/vagy átalakításának minden esetben a forgalombiztonság növelését kell megcéloznia. „Sok életet megmenthettünk és számos balesetet elkerülhettünk volna, ha a meglévő infrastruktúrát a tudásunkhoz mért legmagasabb biztonsági tervezés szintjén kezeljük.” – Jacques Barrot, az Európai Bizottság közlekedésért felelős alelnöke. (NDSR, 2006)



5. ábra: Az utat  $\alpha$ -szögben elhagyó jármű helyigénye



6 ábra: A fasorok átalakításának lépései

## IRODALOMJEGYZÉK

RISER (2006): Roadside Infrastructure for Safer European Roads. – Final Publishable Report. European Community R&TD Project, 5th Framework Programme „Growth”, Project „RISER” GRD2/2001/50088. 58 p.

EBPRD (2005): European Best Practice for Roadside Design: Guidelines for Roadside Infrastructure on New and Existing Roads. – European Community R&TD Project, 5th Framework Programme „Growth”, Project „RISER” GRD2/2001/50088. 96 p.

EBPRD (2003): European Best Practice for Roadside Design: Guidelines for Maintenance and Operations of Roadside Infrastructure. – European Community R&TD Project, 5th Framework Programme „Growth”, Project „RISER” GRD2/2001/50088, 33 p.

Gatti, G., Polidori, C., Mallschütze, K., Van de Leur, M., Dietze, M., Ebersbach, D., Lippold, Ch., Weller, G., Wyczynski, A., Iman, F. (2007): Safety Handbook for Secondary Roads. – RIPCOR-ISE-REST Road Infrastructure Safety Protection, Increasing safety and reliability of secondary roads for sustainable Surface Transport. Politechnico di Bari, 162 p.

Holló, P., Kajtár, K., Schváb, J. (2000): Az út menti fasorok és a pályaelhagyásos balesetek egyes összefüggései. – Közúti és Mélyépítési Szemle, 50. évf. 10. szám, 358–365. pp.

Holló, P. (2005): Különböző közúti közlekedésbiztonsági intézkedésekkel kapcsolatos költségek és elérhető hasznok. – Közlekedéstudományi Szemle, LV. évf. 10. szám, 362–373. pp.

NDSR (2006): New directives for safer roads in the EU [http://ec.europa.eu/transport/roadsafety/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/roadsafety/index_en.htm)

## SUMMARY

### TRAFFIC SAFETY ISSUES OF ROADSIDE AFFORESTATIONS

Although trees and forested areas along roads have positive functions like defending against snowdrift, and they must agree with several specifications, nowadays the above roles of trees have to take a backseat after traffic-safety. Insuring the minimum secure distance of tree stems from the traffic lane, the adequate distance between stems in the row, proper tree species and suitable maintenance all together are able to guarantee the conformance, development and sustainability of roadside afforestations.

# JELZŐLÁMPÁS CSOMÓPONTOK BIZTONSÁGI AUDITJA

## SAFETY AUDIT AT TRAFFIC SIGNAL JUNCTIONS

STEVE PROCTOR

TRAFFIC ENGINEERING & CONTROL VOL. 48., 2007. 4. P. 179–181. Á: 3. T: 1. H: 9.

A közúti biztonsági audit az utakon tervezett új fejlesztések előzetes közlekedésbiztonsági ellenőrzésének módszere. Az Egyesült Királyságban a gyorsforgalmi és egyéb országos utakon alkalmazása kötelező, a helyi utakon pedig ajánlott. Fontos megjegyezni, hogy a biztonsági audit nem a műszaki illetve tervezési előírásoknak való megfelelést vizsgálja. A biztonsági audit célja, hogy minimalizálja a jövőbeni balesetek bekövetkezésének valószínűségét és azok súlyosságát. Az auditor egy egyszerű kérdést tesz fel: „Ki sérülhet itt meg és miért?”. A cikk a jelzőlámpás csomópontok létesítésénél alkalmazható biztonsági alapelveket mutatja be. Az auditornak nem kell feltétlenül gyakorlott jelzőlámpa-tervezőnek lennie, mert a gondok jellemzően nem a jelzőlámpák időterveivel kapcsolatosak. A cikk ismerteti a biztonsági auditok során leggyakrabban előkerülő problémákat, és különös figyelmet szentel az in-

novatív megoldások javaslatok felmerülő kérdésekre. Ez utóbbi esetben ugyanis nem állnak rendelkezésre összehasonlító adatok és tapasztalatok. 34 jelzőlámpás csomópont biztonsági auditjainak tapasztalatait elemzi a cikk. Számottevő biztonsági gondok jelentkezhetnek a gyalogosforgalom nem megfelelő kezelése vagy a növényzet miatti nem megfelelő láthatóság esetén. Az útfelület csúszásellenállásának hiánya, a jobbra kanyarodó forgalom problémái, a járda szélességét csökkentő jelzéstartó oszlopok gyakran visszatérő hiányosságok. A kerékpársávok és buszsávok átvezetése szintén több esetben kockázatot jelenthet. A jövőben célszerű lenne a biztonsági auditot egy átfogóbb minőségi audit részeként kezelni, valamint be kellene építeni a biztonsági audit folyamatába a kockázatelemzést.

G. A.

# KOHÉZIÓS TALAJOK VÍZTARTALOM-FÜGGŐ REZILIENS MODULUSÁNAK ELŐREBECSLÉSE A TALAJSZÍVÁSI KONCEPCIÓ ALAPJÁN

**PREDICTING MOISTURE-DEPENDENT RESILIENT MODULUS OF COHESIVE SOILS USING SOIL SUCTION CONCEPT**  
**ROBERT Y. LIANG, M.ASCE; SAMER RABAB'AH, A.M.ASCE; AND MOHAMMAD KHASAWNEH, A.M.ASCE**  
**JOURNAL OF TRANSPORTATION ENGINEERING. JANUARY 2008, VOLUME 134, NUMBER 1, PP 34-40**

Az útpályaszerkezet méretezését a talaj reziliens modulusa (a feszültség és a rugalmas visszaalakulás hányadosa) lényegesen befolyásolja. (NB: A reziliens modulus a triaxiális vizsgálattal is meghatározható úgy, hogy különböző deviator feszültséget ( $\sigma_2$ ) alkalmaznak öt egyirányú feszültség szinttel ( $\sigma_3$ ). A reziliens modulus:  $M_r = \sigma_2 / \epsilon_{ax}$  ahol  $\epsilon_{ax}$  a tengelyirányú összenyomódás). Mivel a modulus a kohéziós talaj víztartalmától függ, ez pedig az évszaki változásoknak és az eseti csapadéknak van alávetve, gyakorlati szükség olyan összefüggés megállapítása, amely a feszültségállapot és a víztartalom függvényében megadja a modulus várható értékét. A szerzők ezt a talajszívás koncepciójának felhasználásával oldották meg.

(A fordító megjegyzése: A talajban a nedvességmozgást a „talajszívás” jelensége – suction – is okozza, amely a kapillaritás és az abszorpció eredménye. Mérése külföldön ismert, nagyságát N/mm<sup>2</sup> –ben mérik, de az ennek megfelelő vízmagasság cm-ének logaritmus értékével, pF jelöléssel fejezik ki. Lényege az, hogy a talajnedvesség a nedvesebb helyről a szárazabb felé szívódik. Ez az oka annak, hogy a pályaszerkezet alatti talaj a padka felől is el tud nedvesedni, ha a pályaszerkezet alatti talaj szárazabb. Minél szárazabb a talaj, annál nagyobb a talajszívás).

A reziliens modulus meghatározására a kutatók különböző képleteket javasoltak. A szerzők Yang és társai által felállított egyenletet fogadták el, mert ez a feszültség és a talajszívás hatását is figyelembe veszi:

$$M_r = k_1 (\sigma_d + \chi_w \psi_m)^{k_2}$$

ahol  $\sigma_d$  – a deviator feszültség (a triaxiális vizsgálatnál  $\sigma_1 - \sigma_3$ )  
 $\chi_w$  – a Bishop-féle effektív feszültségparaméter  
 $\psi_m$  – a mért talajszívás  
 $k_1, k_2$  – regressziós együtthatók

A Bishop-féle paraméter értéke:

$$\chi_w = \{(u_a - u_w) / (u_a - u_w)\}^{0,55}$$

ahol  $(u_a - u_w)_b$  – a levegő behatolási értéke, vagyis a talajszívás értéke akkor, amikor a levegő a talaj nagy pórusaiba kezd behatolni  
 $u_a - u_w$  – a póruslevegő nyomás és a pórusvíznyomás különbsége

A szerzők által javasolt módosított egyenlet, amely figyelembe veszi az effektív feszültségeket és feltételezi, hogy a légpórusnyomás értéke nulla,  $u_a = 0$ :

$$M_r = K_1 P_a \{(\theta + \chi_w \psi_m) / P_a\}^{K_2} \{\tau_{oct} / P_a + 1\}^{K_3}$$

ahol  $\theta = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$   
 $\tau_{oct} = \sqrt{2/3} (\sigma_1 - \sigma_3)$ , nyírófeszültség  
 $P_a$  – légnyomás  
 $K_1, K_2, K_3$  – regresszió állandók

A talajszívás mérésére többféle eljárás létezik. A szerzők az ASTM D 5828-94 műszaki előírás szerinti szűrőpapír-vizsgálatot használták. Ennek kalibrációs egyenletei a következők, a szűrőpapír víztartalma szerint:

– 0 – 45% között:

$$\psi_m = 5,327 - 0,0779 w_{fp}$$

– 45% felett:

$$\psi_m = 2,412 - 0,0135 w_{fp}$$

ahol  $\psi_m$  – a talajszívás kPa értékben kifejezve  
 $w_{fp}$  – a szűrőpapír víztartalma

A vizsgált talajok főbb jellemzői:

	A-4	A-6
Folyási határ, $w_l$ , %	27,8	30,8
Plasztikus index, $I_p$ , %	8,0	12,3
Max. száraz térfogatsúly, g/cm <sup>3</sup>	1,81	1,79
Opt. víztartalom, $w_{opt}$ , %	14,2	16,5

A javasolt modell alkalmazásánál a következő paraméter értékeket vették az optimális víztartalom és ennél 2%-kal magasabb víztartalom esetében:

Talajtípus	Paraméter	$w_{opt}$	$w_{opt} + 2\%$
A-4	$\chi_w$		0,32
	$\psi_m$ , kPa	380	150
A-6	$\chi_w$		0,41
	$\psi_m$ , kPa	350	150

A javasolt modell regressziós paramétereit pedig a következők voltak:

Talajtípus	Víztartalom	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$R^2$
A-4	Nincs szívás	1,243	0,178	-0,644	0,62
	Szívással	0,878	0,404	-0,645	0,94
A-6	Nincs szívás	0,625	0,146	-0,458	0,29
	Szívással	0,381	0,436	-0,459	0,95

Az eljárás lényege az, hogy a telítetlen kötött talajok esetében számítható az a reziliens modulus, amely a telítettség állapotában előállhat.

B.T.

**700 Ft**