



60. ÉVFOLYAM
11. SZÁM

KÖZLEKEDÉSÉPÍTÉSI SZEMLE

2010. NOVEMBER

FELELŐS KIADÓ:
Völgyesi Zsolt főigazgató

FELELŐS SZERKESZTŐ:
Dr. Koren Csaba

SZERKESZTŐK:
Fischer Szabolcs
Dr. Gulyás András
Dr. Petőcz Mária
Rétháti András

A CÍMLAPON ÉS
A BORÍTÓ 2. OLDALÁN:
Hidak az M0 felett.
Fotó: Deák-Kapusi

KÖZLEKEDÉSEPÍTÉSI SZEMLE
Alapította a Közlekedéstudományi
Egyesület.
A közlekedésepítési szakterület
mérnöki és tudományos havi lapja.

HUNGARIAN REVIEW OF
TRANSPORT INFRASTRUCTURE
INDEX: 163/832/1/2008
HU ISSN 2060-6222

KIADJA:
Közlekedésfejlesztési
Koordinációs Központ
1024 Budapest, Lövőház 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, petocz@sze.hu

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.

A lap tartalomjegyzéke és a korábbi lapszámok kereshető formában elérhetők itt: <http://szemle.lrg.hu>



TARTALOM

DR. KOREN CSABA

A közúti biztonsági hatásvizsgálat

1

BORSOS ATTILA

Közúti biztonsági intézkedéscsomagok optimalása

9

SZÉNÁSI SÁNDOR – DR. JANKÓ DOMOKOS

Közúti baleseti helyazonosítás GPS-koordinátákkal

15

RAJCSÁNYI FERENC

Mobilitás és közlekedésbiztonság fenntartása az autópályahidak üzemeltetésében

20

DR. SZABÓ JÓZSEF – DR. MOLNÁR VIKTOR

Hídszerkezetek leromlásának gyakorlati elemzése

24

DR. BOROMISZA TIBOR

A whitetopping méretezéséről

32

KAROLINY MÁRTON – KOSIK ATTILA

Aszfaltrétegek és vastagságuk szempontok a tervezéshez

35

A KÖZÚTI BIZTONSÁGI HATÁSVIZSGÁLAT

DR. KOREN CSABA¹

BEVEZETÉS

Az európai jogalkotó 2008. XI. 19-én elfogadta az Európai Parlament és a Tanács 2008/96/EK irányelvét a közúti infrastruktúra közlekedésbiztonsági kezeléséről [1].

Az új irányelv szerint a közúti infrastrukturális beruházások előkészítési, megvalósítási folyamatában a közlekedésbiztonsági szempontokat fokozottan kell érvényesíteni. A dokumentum szabályozási tárgya a közúti biztonsági hatásvizsgálatra, a közúti biztonsági auditra, a közúti biztonsági felülvizsgálatra és a biztonsági úthálózat-kezelésre terjed ki.

Az irányelv előírja, hogy a tagállamoknak az eljárásokat szabályozó kapcsolódó rendelkezéseket kell hatályba léptetniük.

Az itt bemutatott útmutató tárgya a közúti biztonsági hatásvizsgálatok módszertana.

A közúti biztonsági hatásvizsgálat elvégzése a vonatkozó kormányrendeletben [2] előírt esetekben kötelező. Ezen kívül a megbízó más esetekben is elvégezhető.

A közúti biztonsági hatásvizsgálatot a különböző változatokról szóló döntés előtt kell elvégezni.

A közúti biztonsági hatásvizsgálatot az alábbi tervfázisokkal kapcsolatosan lehet végrehajtani:

- megvalósíthatósági tanulmány
- tanulmányterv.

A közúti biztonsági hatásvizsgálat az adott tervfázis végén, az elkészült tervdokumentumok alapján készül.

FOGALOMMEGHATÁROZÁSOK

KÖZÚTI BIZTONSÁGI HATÁSVIZSGÁLAT (KBHV)

A közúti biztonsági hatásvizsgálat annak összehasonlító elemzése, hogy az új út vagy a meglévő hálózat módosítása milyen hatással van az úthálózat közlekedésbiztonságára.

A közúti biztonsági hatásvizsgálat határozza meg, hogy milyen közlekedésbiztonsági megfontolások járultak hozzá a javasolt megoldás kiválasztásához, és biztosítja a szükséges információkat a különböző vizsgált változatok költség-haszon elemzéséhez.

BALESETEK SÚLYOSSÁG SZERINT

Az útmutató itt megadja a különböző súlyosságú sérültek, ill. balesetek definícióját.

BALESETI VESZTESÉGEK

A baleseti veszteségek a közvetlen költségekből (pl. kórházi ápolás), a közvetett költségekből (pl. kiesett termelés) és az élet, ill. az életminőség szubjektív értékeléséből tevődnek össze [3]. A baleseti veszteségek pénzben kifejezett értékeit az NFÜ egy másik útmutatója [4] szerint az 1. táblázat tartalmazza.

A sérültek számának összesítésekor szokásos az egyes sérülési kimenetekhez súlyozó tényezők rendelése. A veszteségek arányának megfelelően az egyes sérülési kimenetekhez a KBHV számításaiban a 2. táblázat szerinti súlyszámok használandók.

1. táblázat: Fajlagos baleseti veszteségértékek

Baleseti sérülés kimenetele	Fajlagos veszteségérték, 2008
Halálozás	266,9 millió Ft/áldozat
Súlyos sérülés	35,8 millió Ft/sérült
Könnyű sérülés	2,6 millió Ft/sérült

2. táblázat: Sérülési súlyszámok

Baleseti sérülés kimenetele	Sérülési súlyszám
Halálozás	103
Súlyos sérülés	14
Könnyű sérülés	1

¹ A Nemzeti Fejlesztési Ügynökség megbízásából a Magyar Utügyi Társaság keretében készített módszertani útmutató alapján. A szerző a munkabizottság vezetője. A bizottság tagjai: Borsos Attila, dr. Holló Péter, Hóz Erzsébet, dr. Jankó Domokos, Mocsári Tibor. Konzulensek: Kamarás Csilla, NFÜ, dr. Lányi Péter, NFM

² Egyetemi tanár, Széchenyi István Egyetem, Közlekedésepítési és Településmérnöki Tanszék; e-mail: koren@sze.hu

FORGALMI TELJESÍTMÉNY

Az útmutató itt megadja az egy útszakaszon a lebonyolódó forgalmi teljesítmény, ill. a csomópontba behaladó járművek számának értelmezését, ill. számítási módját.

RELATÍV SÉRÜLÉSI MUTATÓK

Az útmutató itt megadja az útszakaszra, ill. csomópontokra vonatkozó mutatók értelmezését, ill. számítási módját.

A KÖZÚTI BIZTONSÁGI HATÁSVIZSGÁLATI JELENTÉS SZERKEZETE ÉS TARTALMA

1. A FELADAT MEGHATÁROZÁSA

1.1. A PROJEKT LEÍRÁSA

E fejezetben össze kell foglalni a tervezett beruházás főbb műszaki jellemzőit.

A leírás lehet szöveges, szakmailag elfogadott szóhasználatlalt. Le kell írni milyen beruházói/tervezői célok, megfontolások alapján választották az infrastrukturális beruházást, illetve a terváltoztatokat mi indokolta. A fejlesztés általában nem csak közlekedésbiztonsági célú, hanem közlekedéspolitikai, hálózatfejlesztési, kapacitásnövelési szempontok szerint történik, a KBHV viszont csak a közlekedésbiztonsági hatásokat vizsgálja.

A leíráshoz a terfvázisnak megfelelő rajzokat kell mellékelni, amelyekeken követhető az eredeti állapot és a terváltozatok műszaki paraméterei.

A változatokat és az esetleges kiépítési ütemeket egyértelműen azonosítani kell

Jellemző feladattípusok:

a) Új út (autópálya, gyorsforgalmi út, tehermentesítő út, elkerülő szakasz) épül, amely meghatározott területen jelentős forgalomátrendező hatást fejt ki. A terváltozatok akkor gyakorolnak kedvező hatást a biztonságra, ha az új terv olyan elemekből áll, amelyekeken a baleset (sérülés) előfordulási kockázata kisebb, mint az eredeti (jelenlegi) infrastruktúrán. Egy I. rendű főút külsőségi szakaszának autópályával történő kiváltása azért lesz kedvező hatású a hatásterület közúti biztonságára, mert az autópályán a sérülési kockázat háromszor-négyszer kisebb, mint az I. rendű főúton.

aa) Az új út változatai vonalvezetésükben, ill. csomópontkiosztásukban különböznek egymástól, ezáltal a környező hálózatról különböző mennyiségű forgalmat vesznek át. A biztonság változása elsősorban a forgalomátrendező mértékétől függ. A vonalvezetési/csomópontkiosztási változatok közül várhatóan az lesz a biztonság szempontjából a legjobb, amelyik a legtöbb forgalmat veszi át a környező (kevésbé biztonságos) hálózatról.

ab) Az új út változatai a forgalomvonzás szempontjából közel egyenértékűek, de a keresztmetszeti kialakítás (osztott pálya, sávszámok, leállóság), a csomópontok típusa (különszintű, jelzőtáblás, jelzőlámpás, körforgalom) vagy a korábbi (föld)útcsatlakozások miatt szükséges szervizutak szempontjából különböznek. A változatok közötti biztonsági különbség ekkor elsősorban a változatok keresztmetszeti, csomóponti, felszereltségi stb. különbségeiből adódik.

ac) Az előbbi két eset kombinációja

b) Meglévő út jelentős fejlesztése (négy nyomúsítás, osztott pályás út építése, kategóriaváltás, kapacitásbővítés, sebességhatárok változtatása).

Itt a forgalomátrendező nem olyan jelentős, a hangsúly az adott út biztonságának változásán van. Meglévő útszakasz átépítése során vizsgálendő az új csomópontok, útcsatlakozások elhelyezkedése (meglévő összevonása, észszerűsítése – szervizutak építésével) és típusa (különszintű, jelzőtáblás, jelzőlámpás, körforgalom). Az átkelési szakaszok megtartása és átépítése (forgalomcsillapítás vagy kapacitásnövelés), vagy elkerülő/tehermentesítő utak építése is a vizsgálat tárgya.

c) meglévő útszakaszok felhasználásával, azok összekapcsolásából létrejövő új útszakasz.

1.2. A HATÁSTERÜLET ÉS A HÁLÓZAT AZONOSÍTÁSA

A projekt térbeli hatásterülete az a hely vagy terület, ahol a projektet végrehajtják, illetve ahol ebből eredően hatását kifejti. Az elemzést készítőnek gondoskodnia kell a hatásterület megfelelő lehatárolásáról.

Mivel a biztonsági hatások döntően függenek a forgalom nagyságának és összetételének változásától, biztosítani kell, hogy mindazok a hálózatrészek szerepeljenek az elemzésben, amelyeknek várható forgalomnagyság-változása a projekt megvalósítása következtében eléri a 10%-ot vagy a megbízó által meghatározott más értéket. A hatásterület lehatárolása több lépésben történhet, a forgalmi vizsgálatot nagyobb területre kell elvégezni, és ezen belül lehet azonosítani a hatásterületet.

Ha azonos célra készült különböző projektváltozatokat vizsgálunk, a hatásterületet azonosan kell kijelölni.

Meg kell határozni a hatásterületen belül vizsgálendő hálózat részletezettségét. Egy települést elkerülő út esetén pl. indokolt a tehermentesített főút mellett a település más hálózati elemeinek vizsgálata is, de nem feltétlenül szükséges a lakóutcák szintjéig történő részletezés.

A homogén szakaszok beosztásánál a forgalomnagyság változásán kívül a beépített terület határa, az útkategória, az útkeesztmetszet, ill. az útfelszereltség változása fontos szakaszkepző elem.

A hatásvizsgálat hálózati számításaiban a csomópontok az útvonal részeinek tekinthetők és hatásaik az útvonal jellemzőiben jelenhetnek meg. Az egyes útkategóriáknál megadott vagy számított relatív mutatók a csomóponti baleseteket, ill. sérülteket is tartalmazzák.

A hatásvizsgálat csomóponti számításaiban a kijelölt csomópontokra külön számítás készül a csomóponti fajlagos mutatók alapján. Ha a vizsgálendő projektek éppen a csomópontok kialakítása szempontjából különböznek egymástól, akkor a csomóponti hatások részletes elemzése elkerülhetetlen. A hatásterület kijelölésekor azonosítani kell azokat a csomópontokat, amelyekre a részletes elemzést el kell végezni. Ezek általában csak a projekt új csomópontjai, a kapcsolódó hálózat csomópontjaira külön számítás nem készül.

A fenti jellemzőket alkalmas hálózati modellben kell összefoglalni.

A hálózat elemei három csoportba sorolhatók:

- A projektben szereplő útszakaszok (maga az új vagy fejlesztendő út)
- A közvetlenül érintett útszakaszok (pl. a meglévő párhuzamos út, a csatlakozó utak)
- A hatásterület további szakaszai.

A projekt jellegétől függően a b) és/vagy a c) csoport esetleg elmarad.

1.3. A VIZSGÁLAT IDŐTÁVLA

A vizsgálatot minden esetben teljes terjedelemben (számszerű vizsgálat és szöveges elemzés) el kell végezni közvetlenül a projekt megvalósulása utáni állapotra. Ez a vizsgálat kimutatja a változatok közötti különbségeket, javaslatot ad egyes megoldások támogatására, mások elvetésére.

A KBHV gyakran költség-haszon elemzéshez is kapcsolódik, ahhoz bemenő adatot szolgáltat. Ilyen esetben a vizsgálandó időszak általában harminc év, kivéve, ha a megbízó ettől eltérő értéket ad meg, vagy a projekt helyi körülményei eltérő időszakot tesznek indokolttá. Erre a vizsgálati időtávlatra csak a számszerű vizsgálatot kell elkészíteni. A vizsgálati időtávon belül a forgalmi előrebecslésnek megfelelően, ill. az ütemezett kiépítéshez igazodó úgynevezett „sarokévekre” kell a vizsgálatot elvégezni.

Az elkövetkező tíz-húsz évben a járműpark várhatóan gyökeresen átalakul, továbbá olyan új ellenőrzési, jármű-irányítási és intelligens forgalomirányítási technológiák terjednek el, amelyek a jelenlegi hazai közlekedésbiztonsági helyzetet lényegesen – kedvezően – megváltoztatják. A biztonság számszerű mutatóinak alakulását ezért nehéz előre jelezni. Mégis szükség van azok hosszabb távú előrebecslésére is, mert ezek hiányában a távlati pozitív biztonsági hatások egy része kimaradna az értékelésből.

1.4. A JELENLEGI ÉS A VÁRHATÓ FORGALOM MEGHATÁROZÁSA

A közúti biztonsági hatásvizsgálat egyik kulcskérdése az új létesítmény üzembe helyezése után a vizsgált hálózaton várható

forgalom előrejelzése. Ez nem a KBHV eljárás része, de fontos bemenő adata. A forgalom meghatározásának módszerét dokumentálni kell.

Általában azok a számítógépes hálózati modellekkel előállított forgalom-előrejelzések fogadhatók el, amelyek foglalkoznak a gazdasági háttér, a motorizáció, a forgalomkeltő és -vonzó tényezők várható változásával is. Alkalmazhatók a kereskedelemben kapható programcsomagok (pl. EMME2, Polydrom, Saturn, Transcad, Trips, Visum) vagy kipróbált, kellő referenciával rendelkező saját fejlesztésű rendszerek is.

Kivételes, igen egyszerű esetekben (pl. kistelepülés elkerülő útja, meglévő út négy-sávossá történő bővítése) el lehet tekinteni a számítógépes modellezéstől, és az előrebecsléshez kézi eljárások alkalmazhatók a megfelelő műszaki előírásban meghatározott forgalomfejlődési szorzók alkalmazásával.

A vizsgálati időszakban a hatásterületen megvalósuló (illetve a nagyobb térségben megvalósuló, de a vizsgált hálózaton is forgalmi átrendeződést okozó) további projektek modellbe illesztésére is szükség van. Az ilyen hálózati elemek forgalmi szerepét a megfelelő (azok tervezett átadását követő) években a „vele” és a „nélküle” esetben is figyelembe kell venni.

2. A JELENLEGI HELYZET ÉS A PROJEKT (BEAVATKOZÁS) NÉLKÜLI ESET

2.1. A JELENLEGI HELYZET LEÍRÁSA

A KBHV minden esetet (jelenlegi helyzet, projekt nélküli eset, tervezett változatok) egyrészt számszerű adatok, másrészt szöveges szakértői elemzés alapján értékeli.

2.1.1. A JELENLEGI FORGALMI ÉS BALESETI ADATOK SZÁMSZERŰ BEMUTATÁSA

A jelenlegi forgalmi és baleseti adatokat szakaszonként az útmutatóban megadott formátumú táblázatnak megfelelően kell rögzíteni. A megadandó adatok:

- útkategória, szakasz hossz (km),
- beépítés (lakott/nem lakott),

3. táblázat: Az országos közutak 2008. évi relatív sérülési mutatói (Forrás: A Közlekedés Kft. számításai)

Útkategória	Fekvés	Sávszám	RHMSZ	RSMSZ	RKMSZ
			fő/10 ⁷ jmkm		
Autópálya	külterület		0,0657	0,2360	0,6106
Autóút	külterület	2×1 sáv	0,1552	0,5525	0,7681
		2×2 sáv	0,0562	0,2973	0,8837
Főút	n. a.		0,2466	1,3259	3,0452
	külterület	n. a.	0,2653	1,2698	2,8358
		2×1 sáv	0,2752	1,3198	2,9263
		2×2 sáv fizikai elválasztás nélkül	0,2351	1,1168	2,5589
		2×2 sáv fizikai elválasztással	0,1748	0,6593	1,4700
belterület		0,2151	1,4208	3,3987	
Mellékút	n. a.		0,2079	1,4998	3,5186
	külterület		0,2204	1,5039	3,4080
	belterület		0,1960	1,4958	3,6244

- sebességkorlát (km/h),
- ÁNF (jármű/nap),
- forgalmi teljesítmény (10^7 jmkm),
- meghaltak száma (fő), súlyosan sérültek száma (fő),
- könnyen sérültek száma (fő),
- összes sérült (fő), súlyozott sérültszám,
- RHM (meghalt/ 10^7 jmkm),
- RSM (súlyosan sérült/ 10^7 jmkm),
- RKM (könnyen sérült/ 10^7 jmkm),
- ÖRSM (összes sérült/ 10^7 jmkm),
- SRSM (összes súlyozott sérült/ 10^7 jmkm). Az adatok tartalmát a „Fogalom meghatározások” fejezetben leírtak szerint kell meghatározni.

A jelenlegi forgalmi teljesítményeket és baleseti adatokat a legutóbbi három év adatai alapján összegezve kell megadni.

Az összegzés előtt tanulmányozni kell a három év trendjét. Az ebből levont szakértői következtetéseket a 2.1.2. fejezetben kell megfogalmazni.

A jelenlegi helyzetre készített táblázat tartalmazza a csomóponti baleseteket is.

2.1.2. A JELENLEGI FORGALMI ÉS BIZTONSÁGI HELYZET ELEMZÉSE

Ez a fejezet szövegesen elemzi a táblázatos adatokat. Itt össze lehet hasonlítani az egyes szakaszok és a vizsgált hálózat relatív mutatóit az országos átlagokkal (ld. 3. táblázat).

Továbbá megállapításokat lehet tenni a trendekről, a főbb baleseti típusokról, okokról, esetleges balesetsűrűsödési (az ún. „góc-”) helyekről, a sebességekről.

2.2. A PROJEKT NÉLKÜLI ESET

A projekt nélküli eset (vagy forgatókönyv) az elemzési időtávra vonatkozóan megadott olyan részletes helyzetleírás, amely a projekt (intézkedés) elmaradása esetén következne be. Mivel a közúti biztonsági hatásvizsgálat kizárólag a vizsgált projekt hatásait elemzi, el kell különíteni azon hatásokat, amelyek a projekt elmaradása esetén is bekövetkeztek volna. Ennek érdekében meg kell határozni azt az esetet, amely bemutatja, mi történne a vizsgált projekt elmaradása esetén az elemzési időtávon belül.

2.2.1. A RELATÍV SÉRÜLÉSI MUTATÓK VÁRHATÓ ÉRTÉKEI

A meglévő és beavatkozással nem érintett utaknál a várható relatív sérülési mutatókat azonosnak vesszük a 2.1.1. pontban számított jelenlegi mutatókkal.

Az országos közutakon 2008-ban útkategóriánként a 3. táblázat szerinti relatív sérülési mutatókat tapasztalták.

Átépített és új utaknál a relatív sérülési mutatók várható értékeit a 3. táblázatban az adott útkategóriához, fekvéshez és sávszámhoz tartozó országos átlag szerint vesszük fel.

Az *n. a.* sorokat akkor használjuk, ha egy vizsgált útszakaszon nincsenek megkülönböztetve a külterületi és belterületi, ill. a különböző kiépítettségű szakaszok.

Csomópontokon a 4. táblázat szerinti relatív sérülési mutatókat tapasztalták (külterületi és belterületi csomópontok átlaga).

Átépített és új csomópontoknál az adott csomóponttípusra vonatkozó országos átlagot használjuk (4. táblázat). Csomópontokra a relatív sérülési mutatók egyelőre nem állnak rendelkezésre kimenetel szerinti bontásban.

A relatív sérülési mutatók csak a 3. és 4. táblázatban szereplő, szokásos útkategóriákra és csomóponttípusokra vonatkoztatva használhatók. Ezekről eltérő esetekben megfelelő indoklással alátámasztott becsléseket kell végezni. A bizonytalanság mértékének bemutatására indokolt lehet két változatot: optimista és pesszimista becslést készíteni.

2.2.2. A VÁRHATÓ FORGALMI ÉS BALESETI ADATOK SZÁMSZERŰ BEMUTATÁSA A PROJEKT NÉLKÜLI ESETBEN

A várható forgalmi és baleseti adatokat szakaszonként az útmutatóban megadott formátumú táblázatnak megfelelően kell rögzíteni. A táblázatot az 1.3. pontban rögzített évekre külön-külön kell elkészíteni. A projekt nélküli esetre készített táblázat tartalmazza a csomóponti baleseteket is.

2.2.3. A VÁRHATÓ FORGALMI ÉS BIZTONSÁGI HELYZET ELEMZÉSE A PROJEKT NÉLKÜLI ESETBEN

Ez a fejezet szövegesen elemzi az előző táblázat szerinti adatokat. Itt megállapításokat lehet tenni a várható trendekről, a főbb baleseti típusokról, okokról, esetleges balesetsűrűsödési (ún. „góc-”) helyekről, a sebességekről.

3. KÖZLEKEDÉSBIZTONSÁGI CÉLOK

A KBHV nem fogalmaz meg önálló célokat, de a vizsgálatnak ez a fejezete hivatkozik az országos célokra, az egy hálózatrésze vagy az üzemeltető által megfogalmazott számszerű közlekedésbiztonsági célokra. Továbbá hivatkozni kell az elemzett tervben számszerűen vagy szövegesen megfogalmazott közlekedésbiztonsági célokra is.

4. táblázat: Csomópontok ÖRSM értékei (Forrás: magyar, német és holland adatok alapján a munkacsoport számításai)

Ágak száma	Forgalomszabályozás módja	Relatív sérülési mutató, ÖRSMCS (sérült/ 10^7 jm)
Négyágú	Elsőbbségadás	4,6
	Jelzőlámpa	2,9
	Körforgalom	1,1
Háromágú	Elsőbbségadás	2,7
	Jelzőlámpa	1,3
	Körforgalom	0,8

4. A JAVASOLT VÁLTOZATOK KÖZLEKEDÉSBIZTONSÁGRA GYAKOROLT HATÁSÁNAK ELEMZÉSE

Az alábbiakat változatonként külön-külön kell kimutatni.

4.1. AZ 1. VÁLTOZAT ELEMZÉSE

4.1.1. A VÁRHATÓ FORGALMI ÉS BALESETI ADATOK SZÁMSZERŰ BEMUTATÁSA

A várható forgalmi és baleseti adatokat szakaszonként az útmutatóban megadott formátumú táblázatnak megfelelően kell rögzíteni. A táblázatot az 1.3. pontban rögzített évekre külön-külön kell elkészíteni.

Ha a vizsgálandó projektek a csomópontok kialakítása szempontjából különböznek egymástól, akkor a kijelölt csomópontokra az útmutatóban megadott formátumú táblázat szerinti külön számitás készül a csomóponti fajlagos mutatók alapján.

4.1.2. A VÁRHATÓ FORGALMI ÉS BIZTONSÁGI HELYZET ELEMZÉSE

Ez a fejezet szövegesen elemzi a táblázatos adatokat. Itt megállapításokat lehet tenni a várható főbb baleseti típusokról, okokról, esetleges balesetsűrűsödési (ún. „góc-”) helyekről, a sebeségekről. A szöveges elemzésben nem elegendő csak a sérültek számának kimenetel szerinti ismertetése, hanem trendeket és a várhatóan előforduló balesettípusokat is elemezni kell.

Összehasonlítást kell tenni a 3. fejezetben megfogalmazott célokkal, ismertetni kell a projekt hozzájárulását a kitűzött célok megvalósításához

Ez a fejezet különösen nagy szakértelmet igényel, mert figyelembe kell venni a nem számszerűsíthető befolyásoló tényezőket, a kialakulóban lévő trendeket és nem utolsósorban a tervezésnél alkalmazott hibás vagy túlzó feltételezéseket.

A számokon túlmutató szöveges értékelésnél az alkalmazott megoldások biztonsági hatásainak bemutatásánál – szükség szerint – ki kell térni az alábbiakra:

- forgalomlefordulási jellemzők (pl. nyári csúcsforgalmak) hatása;
- a meglévő hálózatra kifejtett lehetséges hatások felmérése (pl.

5. táblázat: Egyes beavatkozások hatásának összefoglalása (Forrás: [7], a munkacsoport kiegészítéseivel)

Intézkedési, beavatkozási terület		Intézkedés	Balesettípusok	Biztonsági hatás		Elfogadási hajlandóság	
				Magas	Alacsony	Magas	Alacsony
Autópálya	Autópályák	Autópályák építése	Minden balesettípus	•		•	
	Különszintű csomópontok	Különszintű csomópontok	Csomóponti balesetek	•		•	
Külsőségi szakaszok	Vízszintes vonalvezetés javítása	Ívsugar növelése	Ívekben történő balesetek	•		•	
		Átmeneti ív alkalmazása		•		•	
		Ívek gyakoriságának csökkentése	Pályaelhagyásos balesetek		•	•	•
		Túlemelés korrekciója		•		•	
	Magassági vonalvezetés javítása	Emelkedők csökkentése					•
		Ívek gyakoriságának csökkentése	Ívekben történő balesetek		•		•
	Keresztszelvény javítása	Látótávolság növelése			•		•
		Sávok számának növelése			•	•	•
		Sávszélesség növelése			•		•
		Padka kiépítése			•		•
		Padka szélességének növelése	Frontális balesetek		•		•
		Középső elválasztás			•		•
		Középső elválasztás szélesítése			•	•	•
	Útkörnyezet fejlesztése	2+1 sávú utak alkalmazása			•		•
Rézsű meredekségének csökkentése				•		•	
Biztonsági zóna az út mentén		Pályaelhagyásos balesetek		•		•	
Vezetőkörlát alkalmazása				•		•	
Sebességkorlátozás	Vezetőkörlát cseréje a magasabb biztonságú fokozatúra			•		•	
	Alacsonyabb sebességhatár			•		•	
	Sebességátmeneti zónák létrehozása	Minden balesettípus		•		•	

5. táblázat: Egyes beavatkozások hatásának összefoglalása (Forrás: [7], a munkacsoport kiegészítéseivel) folytatása

Intézkedési, beavatkozási terület		Intézkedés	Balesettípusok	Biztonsági hatás		Elfogadási hajlandóság	
				Magas	Alacsony	Magas	Alacsony
Külsőségi szakaszok	Forgalomszabályozás és üzemeltetés	Közúti jelzőtáblák (utasítást adó, tiltó)		•		•	
		Közúti jelzőtáblák (figyelmeztető)		•	•	•	
		Közúti jelzőtáblák (útirányjelző)	Pályaelhagyásos balesetek	•	•	•	
		Prizmák és burkolati jelek			•		•
		Kiemelt burkolati jelek				•	•
		Halszálka, szelelt halszálka jelzőtábla	Éjszakai balesetek			•	•
		Oszlopra szerelt prizmák				•	•
		Rázó hatású burkolati jelek		•			•
	e-biztonsági rendszer	Navigációs rendszer		•		•	
		Időjárás-jelentés változtatható jelzésképpel (VMS)		•		•	
		Torlódásjelentés (VMS)		•		•	
		Egyedi jelzésképek (VMS)		•	•		•
		Látóképesség-növelő rendszerek	Éjszakai balesetek	•		•	
	Útfelület javítása	Szokásos burkolatfelújítás		•		•	
		Burkolategyenletesség javítása	Folyópálya-balesetek		•	•	
		Burkolatérdesség javítása		•		•	
		Burkolat világosságának javítása			•	•	
	Láthatóság fokozása	Világítás kiépítése	Éjszakai balesetek	•	•	•	
		Meglévő világítás fejlesztése		•	•	•	
	Közúti-vasúti keresztezések	Különszintű kialakítások		•		•	
Szintbeli keresztezések fejlesztése			•		•		
Csomópontok	Körforgalom létesítése	Körforgalom létesítése			•		
	Csomóponti kialakítás, elrendezés	Csomópont „kanalizálása”	Csomóponti balesetek	•		•	•
		X csomópont „széthúzása”		•	•	•	•
		Csomópont elrendezés módosítása		•	•	•	
	Csomóponti forgalomszabályozás fejlesztése	Elsőbbségadás				•	
		STOP		•		•	
		Jelzőlámpázás		•		•	
Jelzőlámpa fejlesztése			•	•	•		
Városi	Forgalomcsillapítás	Forgalomcsillapítás	Minden baleset	•		•	
	Elkerülő út kiépítése	Elkerülő út kiépítése	Járművek és védtelemek ütközései	•		•	
	A területfelhasználás módosítása	A területfelhasználás szabályozásának módosítása	Minden baleset	•		•	

hirtelen megnövekedett vagy lecsökkent forgalmú szakaszok, autópálya-kijáratok, külön szintű és szintbeni csomópontok vagy tehermentesített átkelési szakaszok problémái);
– egyes különleges közlekedő csoportok szempontjai hogyan érvényesülnek (pl. gyalogosok, kerékpárosok, motorkerékpárosok, külföldiek);

– felmerülő kapacitáskihasználtsági és ezzel összefüggő biztonsági problémák kezelése,
– nagyarányú teherforgalom megjelenése;
– évszakoktól függő és éghajlati feltételek (pl. téli útviszonyok, hóeltakarítás, csapadékvíz-elvezetés, esős, ködös időszakok hatása a különböző terfváltozatok esetén);

6. táblázat: A „legjobb” beavatkozások számszerű biztonsági hatása (Forrás: [7])

Intézkedés	Részintézkedés	Biztonsági hatás	
		min.	max.
Útkörnyezet	Biztonsági zónák	-23	
	Rézsűk	-22	-42
	Vezetékorlátok	-30	-47
Sebességszabályozás	Sebességkorlát bevezetése	-22	
	Sebességkorlát csökkentése	-9	-67
Csomópont kialakítása	Körforgalom létesítése	-11	-88
	Csomópont átalakítása	-17	-50
	Csomópont csatornázása	+16	-57
Csomópont forgalomszabályozása	Stoptábla	-19	-45
	Jelzőlámpázás	-15	-36
	Jelzőlámpa fejlesztése	+60	-37
Forgalomcsillapítás	Területi forgalomcsillapítás	-8	-50

- elegendő számú, a közlekedés szempontjából biztonságos parkolóhely, pihenőhely megléte;
- a forgalom kezelésének megoldása váratlan események pl. bal eset, árvíz, szeizmikus tevékenységek miatt.

A szöveges elemzésben felmerülhetnek olyan szempontok is, amelyeket nem lehet számszerűsíteni. Pl. olyan útkategória, amire nincsenek megbízható relatív sérülési mutatók, rendhagyó csomóponti megoldások, a tervben azonosítható veszélyes helyek, a védtelen közlekedők megfelelő védelmének hiánya, „nem megbocsátó környezet” kialakulása stb. Bár a KBHV nem közúti biztonsági audit, de felvethet biztonsági kétségeket egyes műszaki megoldásokkal kapcsolatban.

A KBHV ezen fejezete kiterjed a tervváltozatok szakaszainak és csomópontjainak részletes adataira, a korábban említetteken túl az alábbiakra is:

- forgalom-összetétel,
- keresztmetszet mérete (útpálya szélessége),
- padka megléte (szélessége, szilárdsága, esetleges burkolata),
- forgalmi sávok száma,
- kanyarodó sávok gyakorisága,
- forgalomirányítás módja (ITS-rendszerek),
- sebességkorlátozás stb.

A csomóponti adatoknak tartalmazniuk kell az alábbiakat: csomópont-kategória, főirány forgalma, mellékirány forgalma, sebességkorlátozás.

A tervváltozatok vizsgálatánál fontos szempont a javasolt útszakaszok (csomópontok) passzív biztonságának („megbocsátó környezet”) értékelése a projekt nélküli változathoz képest.

Az egyes megoldások hatásának becsléséhez segítséget nyújthat az 5. és 6. táblázat.

A 4.1. pontban leírtakhoz hasonló elemzést kell készíteni valamennyi változatra.

5. A VÁLTOZATOK ÖSSZEHAJONLÍTÁSA

5.1. A VÁRHATÓ FORGALMI ÉS BALESETI ADATOK SZÁMSZÉRŰ ÖSSZEHAJONLÍTÁSA

A várható forgalmi és baleseti adatokat a 7. táblázatnak megfelelően kell rögzíteni. A táblázatot az 1.3. pontban rögzített évekre külön-külön kell elkészíteni.

Esetenként indokolt lehet a változatokat a várható hálózati és csomóponti baleseti adatok alapján külön-külön is összehasonlítani.

7. táblázat: A várható forgalmi és baleseti adatok összefoglalása az x időtávban

Változat	Forgalmi teljesítmény (10 ⁷ jmk/m)	Meghaltak száma (fő)	Súlyosan sérültek száma (fő)	Könnyen sérültek száma (fő)	Összes sérült (fő)	Súlyozott sérültszám	SRSM (összes súlyozott sérült/10 ⁷ jmk/m)
Jelenleg							
A projekt nélküli eset							
1. változat							
2. változat							
...							

5.2. A VÁRHATÓ FORGALMI ÉS BIZTONSÁGI HELYZET ELEMZÉSE

Ez a fejezet szövegesen elemzi a 9. táblázat szerinti adatokat. A projekt megvalósítása a projekt nélküli esethez képest általában csökkenti a várható sérültszámot. Biztonsági szempontból legjobb megoldásnak többnyire az tekinthető, ahol a várható sérültszám a legkisebb. Tekintettel azonban arra, hogy a számszerű eredmények több becslésen alapulnak, nélkülözhetetlen a szöveges összehasonlítás az alkalmazott megoldások biztonsági hatásairól. A szöveges elemzés esetleg módosíthatja a számszerű becslésekből adódó eredményeket. Az összesített értékelés a számszerű és a szöveges értékelés együttesén alapul.

6. A LEHETSÉGES MEGOLDÁSOK SORRENDJÉNEK BEMUTATÁSA

Ez a fejezet az 5. pont összefoglalása. Itt pl. prioritási sorrendbe lehet állítani a változatokat a várható baleseti számok (sérülési kockázatok) alapján, de figyelembe kell venni a szöveges elemzés főbb következtetéseit is, amelyek esetleg eltérhetnek a számítások eredményeitől. Esetleg egyes változatok kizárását lehet javasolni különösen kedvezőtlen közlekedésbiztonsági hatásuk miatt. Javaslatokat lehet tenni változatok kombinálására, újabb változatra. Javaslatok tehetők egyes rész megoldások módosítására.

ÖSSZEFOGLALÁS

A fentiekben ismertetett tartalmú útmutató a Nemzeti Fejlesztési Ügynökség honlapján elérhető [8] és a Közlekedés Operatív Program pályázataihoz használandó. Az eljárást a tervek szerint fokozatosan ki fogják terjeszteni különböző más projektekre is. Amint ez hasonló esetekben szokásos, a tapasztalatok alapján később módosítások válhatnak szükségessé.

HIVATKOZOTT IRODALOM

[1] Az Európai Parlament és a Tanács 2008/96/EK irányelve a közúti infrastruktúra közlekedésbiztonsági kezeléséről. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32008L0096:HU:HTML>

[2] ... /2010. kormányrendelet a közúti infrastruktúra közlekedésbiztonsági kezeléséről (tervezet)

[3] HEATCO: Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment. EU 6th Framework Programme, 2006. <http://heatco.ier.uni-stuttgart.de/>

[4] COWI–Nemzeti Fejlesztési Ügynökség: Módszertani útmutató költség-haszon elemzéshez. KÖZOP-támogatások. Közútfejlesztési projektek, Vasútfejlesztési projektek, Városi közösségi közlekedési projektek. 2009. szeptember. <http://www.nfu.hu/content/3841>

[5] Overkamp, D. P., van der Wijk, W. (2009): Roundabouts – Application and design: A practical manual. Ministry of Transport, Public Works and Water Management. June 2009

[6] Bosserhoff, D.: Grundsätzliche Aspekte und Vergleich plangleicher Knotenpunkte. In: Handbuch für Verkehrssicherheit und Verkehrstechnik der Hessischen Straßen und Verkehrsverwaltung. dietmar-bosserhoff.de/download/Handbuch_4-1_Bosserhoff.pdf

[7] Conference of European Directors of Roads (CEDR), Best practice for cost-effective road safety infrastructure investments. Paris, 2008. http://www.cedr.fr/home/fileadmin/user_upload/Publications/2008/e_Road_Safety_Investments_Report.pdf

[8] Nemzeti Fejlesztési Ügynökség: Közúti biztonsági hatásvizsgálat, módszertan című útmutató a 2007–2013. időszakban a Közlekedés Operatív Program pályázataihoz. <http://www.nfu.hu/content/6731>

SUMMARY

GUIDELINES FOR ROAD SAFETY IMPACT ASSESSMENT

The Directive 2008/96/EC of the European Parliament and of the Council on road infrastructure safety management defined the term "road safety impact assessment" as a strategic comparative analysis of the impact of a new road or a substantial modification to the existing network on the safety performance of the road network. The road safety impact assessment shall be carried out at the initial planning stage before the infrastructure project is approved. Member States shall bring into force the laws, regulations and administrative provisions necessary to comply with this Directive by November 2010. The paper describes the method to be used in Hungary. The guideline is of provisional nature, it will be updated based on experiences from real life safety impact assessments.

KÖZÚTI BIZTONSÁGI INTÉZKEDÉSCSOMAGOK OPTIMÁLÁSA

BORSOS ATTILA¹

1. BEVEZETÉS

A gyakorlatban a hálózaton különböző beavatkozásokból képzett „csomagok” megvalósítására kerül sor. Ezen csomagok összeállításánál a beavatkozások hatásainak és költségeinek ismeretében különböző korlátozó feltételek mellett optimális intézkedéscsomagokat lehet összeállítani (Borsos et al., 2010).

A közúti biztonsági intézkedéscsomagok optimálása arra keres választ, hogy az ismert(nek feltételezett) hatékonyságú beavatkozásokból hogyan lehet különböző korlátozó feltételek (például költségkeret, egyes beavatkozástípusok minimális vagy maximális mennyisége) optimális intézkedéscsomagokat összeállítani. Az alábbiakban az intézkedéscsomagok összeállításának elvi lehetőségeivel foglalkozom, ehhez a lineáris programozás módszerét alkalmaztam. A módszert egy példasorozaton keresztül mutatom be.

2. A MODELL FELÁLLÍTÁSA

A modellben a bemenő adatok, peremfeltételek és célfüggvények az alábbiak:

- helyszínek száma (H)
- intézkedés típusa (az egyszerűség kedvéért három intézkedést feltételezünk) (i, j, k)
- intézkedések költsége (K_i, K_j, K_k)
- fajlagos baleseti költségek:
 - meghalt személy (K_α)
 - súlyosan sérült személy (K_β)
 - könnyen sérült személy (K_γ)
- intézkedések hatása, vagyis az egy helyszínre jutó csökkenés:
 - a meghalt személyek számában ($H_{\alpha i}, H_{\alpha j}, H_{\alpha k}$)
 - a súlyosan sérült személyek számában ($H_{\beta i}, H_{\beta j}, H_{\beta k}$)
 - a könnyen sérült személyek számában ($H_{\gamma i}, H_{\gamma j}, H_{\gamma k}$)
- intézkedések haszna (hatás \times baleseti költség) (B_i, B_j, B_k), vagyis például intézkedés haszna: $B_i = K_\alpha H_{\alpha i} + K_\beta H_{\beta i} + K_\gamma H_{\gamma i}$
- peremfeltételek: ezek között műszaki, gazdasági, társadalmi és közlekedésbiztonsági peremfeltételeket különböztettem meg:
 - műszaki peremfeltételek:
 - minimum érték: ennyi helyszínen a műszaki szempontok figyelembevételével már eldöntötték, hogy más megoldás nem jöhet szóba ($P_{mi\ min}, P_{mj\ min}, P_{mk\ min}$)
 - maximum érték: a műszaki szempontok (például rendelkezésre álló hely) figyelembevételével az adott intézkedés legfeljebb ennyi helyszínen valósítható meg ($P_{mi\ max}, P_{mj\ max}, P_{mk\ max}$)
 - gazdasági peremfeltételek:
 - maximum érték: a rendelkezésre álló pénzügyi keret ($P_{g\ max}$)
 - társadalmi (politikai) peremfeltételek:
 - minimum érték: olyan társadalmi elvárás, mely szerint legalább ennyi helyszínen be kell avatkozni ($P_{t\ min}$)
 - maximum érték: olyan társadalmi elvárás, mely szerint legfeljebb ennyi helyszínen avatkozhatunk be

- összesen, mert például nem akarunk egy időben túl sok helyen forgalomzavarást ($P_{t\ max}$)
- közlekedésbiztonsági peremfeltételek
 - minimum érték: olyan elvárás, mely szerint legalább ennyivel kell csökkenteni a meghalt személyek és/vagy a súlyosan sérült személyek és/vagy a könnyen sérült személyek számát ($P_{b\ min}$)
- célfüggvények:
 - adott összköltségből a legnagyobb haszon (baleseti költségekben elért megtakarítás).
 $B_i x_i + B_j x_j + B_k x_k \rightarrow \max$
 - adott hatás (balesetek számában bekövetkezett csökkenés) a legkisebb költségből:
 $K_i x_i + K_j x_j + K_k x_k \rightarrow \min$

A feladat tehát az, hogy a fentiekben leírt bemenő adatok és peremfeltételek figyelembevételével megtaláljuk az intézkedések azon optimális összetételét, ahol

- adott költségkeret mellett az összesített haszon értéke maximális, vagy
- adott hatás eléréséhez szükséges költségkeret értéke minimális.

A matematikai modell a fentiekben említett két esetben az alábbi formában írható fel:

a) Adott költségkeret mellett az összesített haszon értéke maximális

Jelöljük x_i, x_j, x_k változók az egyes intézkedésekből megvalósítandó mennyiségeket! A fennálló feltételek:

- Az intézkedések összes számának van maximuma (helyszínek száma).
- Az intézkedéseknek a műszaki peremfeltételeknek megfelelően van egyenkénti minimum és maximum mennyisége.
- Az intézkedések összes számának a gazdasági peremfeltételek alapján van maximum mennyisége.
- Az intézkedések összes számának a társadalmi peremfeltételek alapján lehet minimum és maximum mennyisége.

Olyan mennyiségeket keresünk, amelyek a leírt feltételeket kielégítik és amelyeknél a

$$B_i x_i + B_j x_j + B_k x_k$$

összesített haszon maximális értéket vesz fel.

A matematikai modell az alábbi formában írható fel:

$$\begin{aligned} x_i + x_j + x_k &\leq H \\ x_i &\geq P_{mi\ min}, x_i &\leq P_{mi\ max} \\ x_j &\geq P_{mj\ min}, x_j &\leq P_{mj\ max} \\ x_k &\geq P_{mk\ min}, x_k &\leq P_{mk\ max} \\ K_i x_i + K_j x_j + K_k x_k &\leq P_{g\ max} \\ x_i + x_j + x_k &\geq P_{t\ min}, x_i + x_j + x_k &\leq P_{t\ max} \\ B_i x_i + B_j x_j + B_k x_k &\rightarrow \max \end{aligned}$$

¹ PhD-hallgató, egyetemi tanársegéd, Széchenyi István Egyetem, Közlekedésszervezési és Településmérnöki Tanszék, Győr; e-mail: borsosa@sze.hu

b) Adott hatás eléréséhez szükséges költségkeret értéke minimális

Jelöljék x_i, x_j, x_k változók az egyes intézkedésekből megvalósítandó mennyiségeket! A fennálló feltételek:

- Az intézkedések összes számának van maximuma (helyszínek száma).
- Az intézkedéseknek a műszaki peremfeltételeknek megfelelően van egyenkénti minimum és maximum mennyisége.
- A közlekedésbiztonsági peremfeltételek alapján a meghalt személyek és/vagy súlyosan sérült személyek és/vagy könnyen sérült személyek számában bekövetkező csökkenésnek lehet elvárt minimum mennyisége. Az alábbi modellben azt feltételezzük, hogy a peremfeltétel kizárólag a meghalt személyek számára vonatkozik.

Olyan mennyiségeket keresünk, amelyek a leírt feltételeket kielégítik, és amelyeknél a

$$K_i x_i + K_j x_j + K_k x_k$$

összesített költség minimális értéket vesz fel.

A matematikai modell az alábbi formában írható fel:

$$\begin{aligned} x_i + x_j + x_k &\leq H \\ x_i &\geq P_{mi \min}^i; x_i \leq P_{mi \max}^i \\ x_j &\geq P_{mj \min}^j; x_j \leq P_{mj \max}^j \\ x_k &\geq P_{mk \min}^k; x_k \leq P_{mk \max}^k \\ H_{ai} x_i + H_{aj} x_j + H_{ak} x_k &\geq P_{b \min} \\ K_i x_i + K_j x_j + K_k x_k &\rightarrow \min \end{aligned}$$

A továbbiakban a modell alkalmazásának lehetőségeit mutatom be.

3. A MODELL ALKALMAZÁSA

Helyszínek: Példaként egy száz helyszínből álló mintát vettem alapul, melyek mindegyike T-csomópont. Feltételezzük, hogy ezen csomópontok hasonlóak egymáshoz mind a kialakításukat, mind a baleseti statisztikájukat illetően.

Személyi sérülések száma: A száz helyszínen együttesen a személyi sérülések számát az alábbiak szerint vettem fel:

- meghalt személyek száma: 30 fő/év
- súlyosan sérült személyek száma: 70 fő/év
- könnyen sérült személyek száma: 120 fő/év

Ez azt jelenti, hogy csomópontonként az alábbi átlagos értékekkel számolhatunk:

- meghalt személyek száma: 0,3 fő/év
- súlyosan sérült személyek száma: 0,7 fő/év
- könnyen sérült személyek száma: 1,2 fő/év

Intézkedések költsége: Elemzéseimben az alábbi lehetséges intézkedésekkel foglalkoztam:

- körforgalom: 200 M Ft
- jelzőlámpa: 100 M Ft
- kisebb korrekció: 50 M Ft

Intézkedések hatása: Az intézkedések várható hatásait az alábbiak szerint vettem fel (Elvik, 2007):

- körforgalom:
 - meghalt személyek száma: 49%-os csökkenés (0,15 fő/helyszín)
 - súlyosan sérült személyek száma: 33%-os csökkenés (0,23 fő/helyszín)
 - könnyen sérült személyek száma: 31%-os csökkenés (0,37 fő/helyszín)

– jelzőlámpa:

- meghalt személyek száma: 15%-os csökkenés (0,05 fő/helyszín)
- súlyosan sérült személyek száma: 15%-os csökkenés (0,11 fő/helyszín)
- könnyen sérült személyek száma: 15%-os csökkenés (0,18 fő/helyszín)

– kisebb korrekció:

- meghalt személyek száma: 10%-os csökkenés (0,03 fő/helyszín)
- súlyosan sérült személyek száma: 8%-os csökkenés (0,06 fő/helyszín)
- könnyen sérült személyek száma: 4%-os csökkenés (0,05 fő/helyszín)

Intézkedések haszna: Az intézkedések helyszínenkénti becsült hatását összesoroztam a fajlagos baleseti veszteségtértekekkel (NFÜ, 2009):

- meghalt személy: 266,9 M Ft
- súlyosan sérült személy: 35,8 M Ft
- könnyen sérült személy: 2,6 M Ft

Ebből az intézkedések becsült haszna:

- körforgalom: 48,5 M Ft/év
- jelzőlámpa: 16,2 M Ft/év
- korrekció: 10,1 M Ft/év

Peremfeltételek: Ezek között műszaki, gazdasági, társadalmi és közlekedésbiztonsági peremfeltételeket különböztettem meg. Ezekon kívül (vagy helyett) természetesen más peremfeltételek is elképzelhetők.

Célfüggvények: Az optimálási feladatot kétféle célfüggvénnyel oldottam meg:

- adott összköltségből a legnagyobb haszon (baleseti költségmegtakarítás),
- adott hatás (balesetszám-csökkenés) a legkisebb költségből.

A megoldás menete: Az intézkedéscsomagok optimálását kilenc különböző esetben végeztem el oly módon, hogy változtattam a célfüggvényt (hat eset az első célfüggvénnyel, három eset a második célfüggvénnyel), valamint a peremfeltételeket. A számításokat Excel-táblázatban, a Solver kiegészítő funkció segítségével végeztem. Ezek összefoglaló eredményeit ismertetem az alábbiakban.

3.1. ADOTT ÖSSZKÖLTSÉGBŐL A LEGNAGYOBB HASZON

Jelöljék x_i, x_j, x_k változók az egyes intézkedésekből megvalósítandó mennyiségeket (rendre körforgalom, jelzőlámpa, kis korrekció)! A fennálló feltételek:

- Az intézkedések összes számának van maximuma (helyszínek száma).
- Az intézkedéseknek a műszaki peremfeltételeknek megfelelően van egyenkénti minimum és maximum mennyisége.
- Az intézkedések összes számának a gazdasági peremfeltételek alapján van maximum mennyisége.
- Az intézkedések összes számának a társadalmi peremfeltételek alapján lehet minimum és maximum mennyisége.

Olyan mennyiségeket keresünk, amelyek a leírt feltételeket kielégítik, és amelyeknél a

$$48,5 x_i + 16,2 x_j + 10,1 x_k$$

összesített haszon maximális értéket vesz fel.

A matematikai modell az alábbi formában írható fel:

$$\begin{aligned} x_i + x_j + x_k &\leq 100 \\ x_i &\geq P_{mi \min}; x_i \leq P_{mi \max} \\ x_j &\geq P_{mj \min}; x_j \leq P_{mj \max} \\ x_k &\geq P_{mk \min}; x_k \leq P_{mk \max} \\ 200 x_i + 100 x_j + 50 x_k &\leq P_{g \max} \\ x_i + x_j + x_k &\geq P_{t \min}; x_i + x_j + x_k \leq P_{t \max} \\ 48,5 x_i + 16,2 x_j + 10,1 x_k &\rightarrow \max \end{aligned}$$

Az 1–3. példában kizárólag kétféle intézkedéssel (körforgalom és jelzőlámpa) dolgoztam (1. táblázat).

Két változó esetén a lineáris programozás peremfeltételei és cél-függvénye grafikonon is szemléltethető (1–2. ábra).

Az 1. példában, mivel a körforgalomnak jobb a haszon-költség mutatója, a jelzőlámpából csak a műszaki szempontból teljesítendő minimumot kell megvalósítani az optimális megoldáshoz (1. ábra). A 2. példában újabb peremfeltételként egy társadalmilag elvárt minimum beavatkozási mennyiséget is megadtam (2. ábra).

Ebben az esetben a jelzőlámpa alkalmazása – kisebb költségű beavatkozás révén – több helyszínen történhet meg a körforgalom rovására ahhoz, hogy a társadalmilag elvárt minimumot teljesít-

hessük. Ennek velejárója azonban a hatékonyság csökkenése: az első évi haszon-költség mutató az 1. esethez képest 0,21-ről 0,19-re csökkent.

A 3. példában a 2. példával megegyező feltételeket vettem fel, egy kivétellel: a rendelkezésre álló pénzügyi keretet 6000 M Ft-ra növeltem (3. ábra). A nagyobb pénzügyi keret lehetővé teszi, hogy az összes peremfeltétel betartása mellett a jobb hatékonyságú körforgalomból többet létesítsünk. A megfelelő pénzügyi keret biztosításával, a társadalmi peremfeltételek teljesítésével együtt így magasabb haszon-költség mutatót tudunk realizálni (0,22).

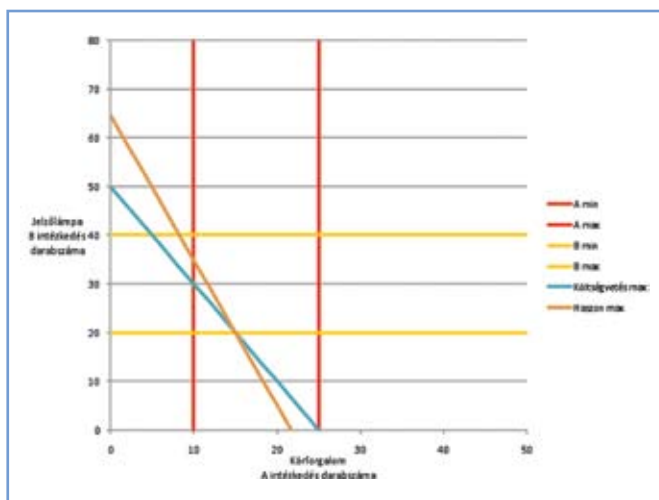
A 4–6. példában az intézkedéscsomagba a korábbi két intézkedés mellé egy harmadikat, a csomópont kisebb korrekcióját társítottam (2. táblázat).

A 4. példában az 1. példával megegyező peremfeltételeket vettem fel. A kiskorrekció haszon-költség mutatója alapján a példában a két másik intézkedés között helyezkedik el. Hasonlóan a korábbiakhoz, a rosszabb hatékonyságú intézkedésekből (jelzőlámpa, korrekció) itt is elegendő a műszaki minimum teljesítése ahhoz, hogy az összes haszon mértéke optimális legyen.

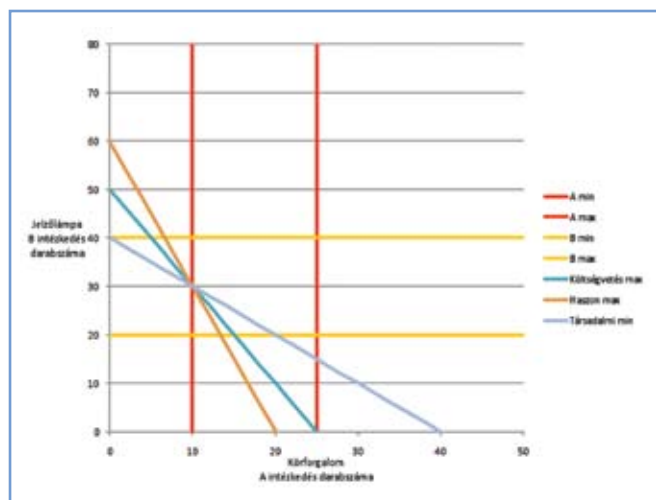
Az 5. példában módosítottam az intézkedések egyenkénti minimális mennyiségét, valamint társadalmi maximumként az összes mennyiségét.

1. táblázat: Az 1–3. intézkedéscsomagok optimalítása

		1. példa	2. példa	3. példa
Peremfeltételek				
Műszaki				
Körforgalom	$P_{mi \min}$	10	10	10
	$P_{mi \max}$	25	25	25
Jelzőlámpa	$P_{mj \min}$	20	20	20
	$P_{mj \max}$	40	40	40
Korrekció	$P_{mk \min}$	–	–	–
	$P_{mk \max}$	–	–	–
Gazdasági				
	$P_{g \max}$	5000 M Ft	5000 M Ft	6000 M Ft
Társadalmi				
	$P_{t \min}$	–	40	40
	$P_{t \max}$	–	–	–
Csomagban szereplő intézkedések				
Körforgalom		✓	✓	✓
Jelzőlámpa		✓	✓	✓
Korrekció		–	–	–
Eredmények				
Intézkedések optimális száma				
Körforgalom		15	10	20
Jelzőlámpa		20	30	20
Intézkedések száma összesen		35	40	40
Intézkedések hatása összesen (csökkenés)				
Meghalt személyek száma		3,1	2,8	3,8
Súlyosan sérült személyek száma		5,6	5,5	6,7
Könnyen sérült személyek száma		9,2	9,1	11,0
Intézkedések 1. évi haszna összesen		1052 M Ft	972 M Ft	1294 M Ft
Intézkedések költsége összesen		5000 M Ft	5000 M Ft	6000 M Ft
Első évi haszon-költség mutató		0,21	0,19	0,22



1. ábra: Az 1. intézkedéscsomag optimálása



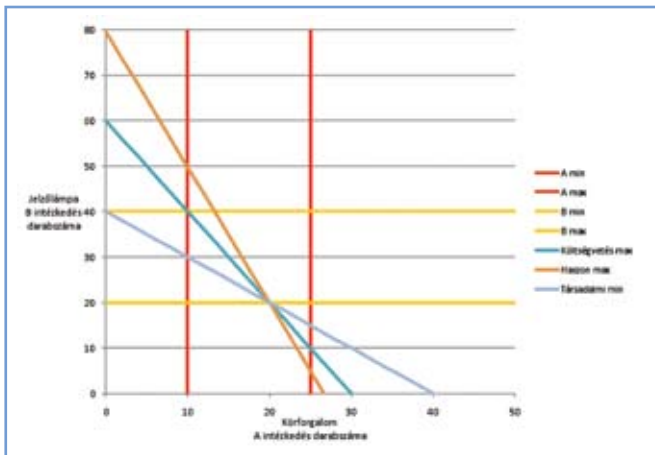
2. ábra: A 2. intézkedéscsomag optimálása

A 6. példa esetében az 5. példához hasonlóan vettem fel az adatokat, megemeltem viszont a rendelkezésre álló pénzügyi keretet.

A társadalmi peremfeltételnek így jóval nagyobb jelentősége lesz. Ennek figyelembevételével ugyanis az optimális haszon mellett nem költjük el teljes mértékben a rendelkezésre álló pénzügyi keretet.

2. táblázat: A 4–6. intézkedéscsomagok optimálása

		4. példa	5. példa	6. példa
Peremfeltételek				
Műszaki				
Körforgalom	$P_{mi.min}$	10	5	5
	$P_{mi.max}$	25	25	25
Jelzőlámpa	$P_{mj.min}$	20	10	10
	$P_{mj.max}$	40	40	40
Korrekción	$P_{mk.min}$	10	5	5
	$P_{mk.max}$	100	100	100
Gazdasági				
	$P_{g.max}$	5000 M Ft	5000 M Ft	7000 M Ft
Társadalmi				
	$P_{t.min}$	–	–	–
	$P_{t.max}$	–	40	40
Csomagban szereplő intézkedések				
Körforgalom		✓	✓	✓
Jelzőlámpa		✓	✓	✓
Korrekción		✓	✓	✓
Eredmények				
Intézkedések optimális száma				
Körforgalom		12	18	25
Jelzőlámpa		20	10	10
Korrekción		12	8	5
Intézkedések száma összesen		44	36	40
Intézkedések hatása összesen (csökkenés)				
Meghalt személyek száma		3,0	3,3	4,3
Súlyosan sérült személyek száma		5,5	5,7	7,1
Könnyen sérült személyek száma		8,6	8,9	11,3
Intézkedések 1. évi haszna összesen		1028 M Ft	1116 M Ft	1425 M Ft
Intézkedések költsége összesen		5000 M Ft	5000 M Ft	6250 M Ft
Első évi haszon-költség mutató		0,21	0,22	0,23



3. ábra: A 3. intézkedéscsomag optimalítása

3.2. ADOTT HATÁS A LEGKISEBB KÖLTSÉGBŐL

Jelöljék x_i, x_j, x_k változók az egyes intézkedésekből megvalósítandó mennyiségeket (rendre körforgalom, jelzőlámpa, kis korrekció)!

A fennálló feltételek:

- az intézkedések összes számának van maximuma (helyszínek száma),
- az intézkedéseknek a műszaki peremfeltételeknek megfelelően van egyenkénti minimum és maximum mennyisége.

Közlekedésbiztonsági peremfeltételek három esetre:

- a meghalt személyek vagy
- a meghalt személyek és súlyosan sérült személyek vagy
- a meghalt személyek és súlyosan sérült személyek és könnyen sérült személyek számában bekövetkező csökkenés elvárt legkisebb mennyisége.

Olyan mennyiségeket keresünk, amelyek a leírt feltételeket kielégítik, és amelyeknél a

$$200 x_i + 100 x_j + 50 x_k$$

összesített költség minimális értéket vesz fel.

A matematikai modell az alábbi formában írható fel:

$$\begin{aligned}
 &x_i + x_j + x_k \leq 100 \\
 &x_i \geq P_{mi \min}, x_i \leq P_{mi \max} \\
 &x_j \geq P_{mj \min}, x_j \leq P_{mj \max} \\
 &x_k \geq P_{mk \min}, x_k \leq P_{mk \max} \\
 &H_{ai} x_i + H_{aj} x_j + H_{ak} x_k \geq P_{b \min} \text{ vagy} \\
 &H_{ai} x_i + H_{bi} x_i + H_{aj} x_j + H_{bj} x_j + H_{ak} x_k + H_{bk} x_k \geq P_{b \min} \text{ vagy} \\
 &H_{ai} x_i + H_{bi} x_i + H_{aj} x_j + H_{aj} x_j + H_{bj} x_j + H_{aj} x_j + H_{aj} x_j \\
 &\quad + H_{ak} x_k + H_{bk} x_k + H_{yk} x_k \geq P_{b \min} \\
 &200 x_i + 100 x_j + 50 x_k \rightarrow \min
 \end{aligned}$$

3. táblázat: A 7–9. intézkedéscsomagok optimalítása

	7. példa	8. példa	9. példa
Peremfeltételek			
Műszaki			
Körforgalom	$P_{mi \min}$	5	5
	$P_{mi \max}$	25	25
Jelzőlámpa	$P_{mj \min}$	10	10
	$P_{mj \max}$	40	40
Korrekció	$P_{mk \min}$	5	5
	$P_{mk \max}$	100	100
Közlekedésbiztonsági (elvárt csökkenés) $P_{b \min}$			
Meghalt személyek	3	10	22
Súlyosan sérült személyek	–	–	–
Könnyen sérült személyek	–	–	–
Csomagban szereplő intézkedések			
Körforgalom	✓	✓	✓
Jelzőlámpa	✓	✓	✓
Korrekció	✓	✓	✓
Eredmények			
Intézkedések optimális száma			
Körforgalom	17	22	25
Jelzőlámpa	10	10	10
Korrekció	5	5	5
Intézkedések száma összesen	32	37	40
Intézkedések hatása összesen (csökkenés)			
Meghalt személyek száma	3,1	3,8	4,3
Súlyosan sérült személyek száma	5,3	6,4	7,1
Könnyen sérült személyek száma	8,4	10,2	11,3
Intézkedések 1. évi haszna összesen	1037 M Ft	1279 M Ft	1425 M Ft
Intézkedések költsége összesen	4650 M Ft	5650 M Ft	6250 M Ft
Első évi haszon-költség mutató	0,22	0,23	0,23

A 7–9. példákban (3. táblázat) mindhárom intézkedésre azonos műszaki peremfeltételeket vettem fel, a közlekedésbiztonsági peremfeltételeket változtattam. A felvett bemenő adatok szerint a körforgalom mind a meghalt, mind a súlyosan és mind a könnyen sérült személyek számában nagyobb hatást biztosít a másik két intézkedéshez képest. Ennek egyenes következménye, hogy mindhárom példában a kevésbé jobb hatású jelzőlámpából és korrekcióból csak a műszakilag elvárt minimum teljesítése szükséges.

4. A MODELL ÉRTÉKELÉSE

A modell egy olyan elvi lehetőséget vesz alapul, mely szerint azonos kialakítású és baleseti helyzetű hálózati elemekkel foglalkozunk. Ez némiképp rugalmatlanná teszi a modell gyakorlati alkalmazási lehetőségeit. A felvett peremfeltételek (műszaki, gazdasági, társadalmi, közlekedésbiztonsági) és intézkedéstípusok köre tetszés szerint bővíthető és módosítható. A felvázolt célfüggvényekkel kétféleképpen képzelhető el az optimalás. Ez utóbbiak a modell rugalmas alkalmazásához járulnak hozzá.

A bemutatott példákban alkalmazott kisszámú változó és peremfeltétel a modell széles körű gyakorlati alkalmazását teszi lehetővé. Nagyobb számú változó és feltétel esetén a programozási feladat megoldására egyéb matematikai szoftverek (például Matlab) alkalmazhatók.

5. ÖSSZEGZÉS

A közúti biztonsági intézkedéscsomagok optimalási lehetőségeit a lineáris programozás módszerével vizsgáltam. Műszaki, társadalmi, gazdasági és közlekedésbiztonsági peremfeltételeket, valamint kétféle célfüggvényt határoztam meg, és kilenc csomag optimalását mutattam be. A beavatkozástípusok és a peremfeltételek skálája bővíthető.

A kapott eredményekből az alábbi következtetések vonhatóak le:
– Az optimális intézkedéscsomagok összeállításánál a kedvezőbb hatású, illetve nagyobb hatékonyságú intéz-

kedések előnyt élveznek a kevésbé jobb hatású, illetve kisebb hatékonyságú intézkedésekkel szemben.

- A kedvezőbb hatású, illetve hatékonyságú intézkedések elsőbbségi sorolását a peremfeltételek befolyásolják. Például, a beavatkozások minimális mennyiségét érintő társadalmi (politikai) elvárás korlátozott költségkeret mellett a kisebb költségű megoldások előnyben részesítéséhez vezethet. Ilyen esetekben a társadalmi peremfeltételek felülírhatják a gazdasági optimumot, és adott esetben kedvezőtlenebb hatékonysági mutatót kaphatunk (haszon-költség).
- Megfelelő pénzügyi keret biztosításával az egyéb peremfeltételek kielégítése mellett nagyobb hatékonysági mutató érhető el (haszon-költség).

IRODALOMJEGYZÉK

Borsos A. (témafelelős), Koren Cs., Makó E., Körmendi I., Vincze Á., Iván G. (2010): Baleset-megelőzési közúti beavatkozási intézkedéscsomagok összeállítása, Zárójelentés (Megrendelő: Magyar Közút Nonprofit Zrt., munkaszám: 3811.3/2009), Győr, Universitas-Győr Nonprofit Kft. (munkaszám: 711-411), p. 84.

Elvik R. (2007): Prospects for improving road safety in Norway, TØI Report 897/2007, Oslo, p. 88., ISBN 978-82-480-0764-7

SUMMARY

OPTIMIZATION OF ROAD SAFETY PACKAGES

The article deals with how we can put together and optimize packages of road safety measures using linear programming. In the model engineering, economic, social and safety constraints as well as two types of objective functions were used. One of the functions focused on maximizing the benefits with a given budget, the other aimed at minimizing the necessary budget with a required road safety effect. The applicability of the model was illustrated through nine examples.

KÉZIRATOK TARTALMI ÉS FORMAI KÖVETELMÉNYEI

Folyóiratunk általában eredeti cikkeket közöl, az ettől való eltérést külön jelöljük. Kérjük szerzőinket, a kézirat leadásakor nyilatkoznak, hogy a cikket máshol nem jelentették meg és nem adták le közlésre.

A cikkek javasolt terjedelme 4-8 nyomtatott oldal. Egy csak szöveget tartalmazó oldalon mintegy 6000 karakter fér el (szóközzel).

Kérjük tisztelt szerzőinket, hogy a megjelentetni kívánt cikkek kézíratait a következő formában készítsék el:

- A kézirat szövege **önállóan**, esetleges lábjegyzetekkel, ábra-, táblázat- és képhivatkozásokkal, a szöveg végén külön ábrajegyzékkel, *.rtf vagy *.doc formátumban,
- táblázatok és grafikonok **külön-külön**, *.doc vagy *.xls formátumban,
- ábrák, fényképek stb. **külön-külön** file-ban, nem a szövegbe beágyazva, *.xls *.tif, *.eps vagy *.jpg (300 dpi felbontással!) formátumban.

Az azonosíthatóság és kezelhetőség érdekében valamennyi táblázat, grafikon, ábra, fénykép sorszámmal és címmel legyen ellátva.

Kérjük, hogy a cikkhez egy 40-80 szó terjedelmű **angol nyelvű kivonat**ot mellékelni szíveskedjenek.

Kérjük, hogy valamennyi szerző elérhetőségét (munkahely, postacím, telefon, fax, e-mail) tüntessék fel.

A kéziratokat e-mailen, vagy szükség esetén CD-n a felelős szerkesztő címére kérjük küldeni.

(szerk.)

KÖZÚTI BALESETI HELYAZONOSÍTÁS GPS/KOORDINÁTÁKKAL

„POLICE-BAL” (P-BAL) PROGRAM

SZÉNÁSI SÁNDOR¹ – DR. JANKÓ DOMOKOS²

P-BAL RENDSZER

A műholdas helymeghatározás napjainkban számos területen segíti a szakértők munkáját. Míg hagyományosan ez a technika csak speciális feladatok esetén (pl. katonaság, meteorológia, térképészet) volt elérhető, napjainkban a GPS-technológia segítségével a pontos, műhold-alapú helymeghatározás a közlekedési szakterület számára is elérhetővé vált.

A civil felhasználás mellett (útvonaltervezés) egyre több szakma használja fel az így elérhető pontos adatokat a napi működése során. 2008-ban a közúti baleseti adatgyűjtés szakterületén is eljött az idő, hogy a hagyományos útszám+szelvény alapú helymeghatározás mellett a GPS-alapú helymeghatározást is alkalmazzák a baleseti helyszíneléskor. Ennek segítségével:

- a mérés jelentősen leegyszerűsödik, a helyszínen állva néhány másodpercen belül pontos adatokat lehet leolvasni a készülékekről,
- a mérés pontossága is növekszik, hiszen a jelenleg kapható készülékek alig néhány méteres szórással dolgoznak,
- növekszik a helyazonosítás megbízhatósága is, hiszen a készülék által kijelzett koordináták egyértelműek, egy esetleges elírás is többnyire feltűnő hibát eredményez, így nincs szükség a helyszínelést végző személy különleges tapasztalatára, helyismertére ahhoz, hogy megbízható adatokat kapjunk.

A 3K által elindított kísérlet [1] először kézi (Magellan Explorist 100) GPS-vevő készülékekre alapozta a helyazonosítást. Két megye (Komárom-Esztergom, Fejér) baleseti helyszínelőit sikerült felszerelni ezekkel az eszközökkel. A kezdeti kisebb nehézségeken átlendülve a teszt sikeresnek bizonyult, azonban nehézségeket jelentett a GPS-koordináták megfeleltetése a Közút által használt útszám+szelvény szám formátumnak. Mivel a helyszínelők által rögzített kétféle adat (GPS-koordináták és útszám+szelvény szám) nem mindig fedte egymást, elkészítettünk egy programot (Gps_Viewer), amelynek segítségével a KSH-adatlapra történő bevitel előtt a rögzítő ellenőrizni tudta, hogy a kétféleképpen felvett pontok milyen távolságra vannak egymástól. Megadott hibahatárt túllépő távolság esetén a helyazonosítás felülvizsgálatára volt szükség.

A kísérlet következő fázisában kifejlesztettünk egy olyan, kézi számítógépeken (továbbiakban PDA-n) futó szoftvert (fejlesztő eszköz: Microsoft Visual Studio 2008), amely szükségtelenné tette ezt az ellenőrzést. A kiválasztott Asus A696 típusú eszköz már beépített GPS-vevővel rendelkezik, amelynek segítségével a program néhány másodperces várakozás után meg tudja jeleníteni a készülék pontos pozícióját. Mivel ezek a kézi számítógépek a hagyományos PC-khez hasonlóan rugalmasan programozhatók, így a szoftver – a 3K adatbázisának felhasználásával –

keresen ki lett bővíve egy olyan modullal is, amely a helyszínen rögzített GPS-koordinátákhoz hozzárendeli a legközelebb található út számát, illetve azon belül is a megfelelő szelvény számot (P-BAL rendszer).

A fent említett P-BAL rendszer tehát azon túlmenően, hogy teljesíti a GPS előnyeivel megadottakat, még jobban megnövelte az adatrögzítés megbízhatóságát, hiszen a GPS-pozíció mellett a közúti azonosítást is automatikusan, a kezelő segítségével meg tudja határozni.

Bár a kísérleti fázisban ez még nem lett teljes egészében implementálva, de a rendszer egy további segítséget nyújthat a helyszínelő számára azzal, hogy a helyazonosítási adatokon túlmenően a baleseti statisztikai lapot is ki lehet tölteni a készülék képernyőjén. A felvett adatok azonnal elmentődnek a készülék saját adatbázisába, ahonnan továbbíthatók további feldolgozás céljára (ideális esetben ezzel a KSH-rendszerbe való kézi bevitel is helyettesíthető lesz).

P-BAL RENDSZER TOVÁBBFEJLESZTÉSE

A P-BAL rendszer Komárom-Esztergom megyében került tesztelésre, 2010. januárt követően. A megyében minden helyszínelő egység kapott egy felprogramozott ASUS A696 készüléket, így összesen nyolc PDA-készülékkel folytatódott a kísérlet. A tesztek – a helyszínelést végzők véleménye és a felvett adatok elemzése alapján – kedvező eredményeket hoztak, ezt is bizonyítja, hogy mindkét érintett fél, az ORFK és a 3K is a program folytatása mellett foglalt állást. Mint minden teszt, természetesen ez is járt kisebb-nagyobb nehézségekkel, amelyek a szoftver továbbgondolására és fejlesztésére ösztönöztek, ezek az alábbiak.

FELHASZNÁLÓI FELÜLET ÁTTERVEZÉSE

A gyakorlatban kiderült, hogy a program egyik legnagyobb előnye egyben a hátrányára is vált. A felhasználók ugyanis sokszor túlzottan is megbíztak a program által nyújtott adatokban, és azok józan értékelése nélkül automatikusan elfogadták az így felajánlott értékeket. Ez újfajta, régebben nem tapasztalt hibákat eredményezett, mint például a tévesen országos közútnak jegyzett önkormányzati helyszíneket.

A probléma megoldása érdekében egyrészt átterveztük a kezelői felületet, mivel az első verzióban a rendszer megjelenítette az általa javasolt adatokat, amelyeket a kezelő szükség esetén felülírhatott saját értékekkel, vagy akár változtatás nélkül továbbléphetett. Az új verzióban törekedtünk arra, hogy a kezelő számára is egyértelműen minden felirat arra utaljon, hogy ez pusztán a program javaslata, hogy az adatbázisban található adatok és a

¹ informatikus. Óbudai Egyetem Neumann János Informatikai Kar, szenasi.sandor@nik.uni-obuda.hu

² irodavezető. Biztonságkutatás Mérnöki Iroda. roadsafety@chello.hu

GPS-koordináták adatai alapján melyik út, melyik szelvényénél van éppen. A továbblépéshez pedig a kezelőnek tudatosan rá kell nyomnia a javaslat elfogadása gombra, ezzel is ösztönözve, hogy egy pillanatra átgondolja a javaslat helyességét.

Szintén ezen probléma kiküszöbölése érdekében csökkentettük a program által használt tűréshatárokat. Az első változatban – tesztéről lévén szó – a kezelő több száz méteres környezetben található összes utat felsorolta a rendszer, és bár a képernyőn mindig megjelent a becsült távolság, a kezelő néha ezen átsiklott, és automatikusan elfogadta az akár száz méterre lévő pontot is helyszíneként. Az ilyen hibák kiküszöbölése érdekében (illetve az időközben a készülék és az adatbázis pontosságában szerzett tapasztalatoknak köszönhetően) az új változat közvetlen javaslatot már csak a 10 méteren belül talált útszakaszok esetén tesz, (a GPS-technológia korlátai miatt legalább ekkora tűréshatárra mindenképpen szükség van). Amennyiben a kezelő ezt nem fogadja el, a manuális bevitelt választva a program már valamivel nagyobb, 100 méteres körzetben található utakat ajánl fel. Illetve beépítésre került egy harmadik szintű védelem is, ha a felhasználó által kézzel megadott pont 50 méternél messzebb van a GPS által mért pozíciótól, akkor a program még egy külön üzenettel megerősítést kér az adatok elmentése előtt.

UTCANÉVJEGYZÉK BEVEZETÉSE

Általában az volt a gyakoribb hiba, hogy belterületen egy kevésbé ismert országos közutat a kezelő önkormányzati útnak jelölt be, ha nem volt helyismerete és nem tudta, hogy a település egy utcája egyben megfelel egy adott számú országos közútnak. Emiatt a helyazonosításban – a rendszer használatával – megjelentek a tévesen országos közútnak jelzett, de valójában önkormányzati kezelésben lévő utcák, mivel a program a GPS-jel alapján felajánlotta a néhány méterre található másik utca adatait, amit a helyszínelő gyakran mérlegelés nélkül elfogadott.

A probléma alapvetően messzire mutat, hiszen a kérdés az, hogy elvárható-e a helyszínelőktől, hogy minden utcáról pontosan tudják, vajon önkormányzati, vagy pedig országos közúti kezelésben van-e. A szoftverrel azonban nagyon egyszerűen tudunk segíteni ezen a problémán: a program egy általunk készített és beépített külön adatbázis segítségével fel lett készítve, hogy a település utcáit és az országos közút útszám+szelvényszámait kölcsönösen és egyértelműen megfeleltesse egymásnak. Ha a szoftver a baleseti helyszín közelében országos közutat talált, akkor nem csak annak száma jelenik meg, hanem az is, hogy az adott helyen mi az utca neve. Ez alapján pedig a kezelő teljes biztonsággal meg tudja mondani, hogy tényleg erre az útra gondolt, vagy pedig hibás a javaslat.

HASZNÁLHATÓSÁGOT ELŐSEGÍTŐ KISEBB MÓDOSÍTÁSOK

További kisebb módosításnak tekinthető, hogy a rendszerbe sikerült beépíteni néhány egyszerű szabályt, amelyek alapján kiküszöbölhető a baleseti statisztikai adatlap helytelen kitöltése. Például, ha a baleset nem útkereszteződésben történt, akkor a KSH-statlapon lévő: „*útvonal alakzata*” kérdés esetén ne fogadjon el „*útkereszteződés*” választ. Emellett a program néhány változtatást automatikusan végrehajt, ha a felhasználó helytelenül adott meg adatokat, pl. útkereszteződés esetén a magasabb rendű út adatait szerepelteti mindig az első helyen.

Emellett számos technikai változás történt, sikerült gyorsítani a GPS-adatok kezelésén, a rendszer stabilabb, könnyebben kezelhető lett. Megváltozott, ezzel logikusabb lett néhány képernyő sorrendje, ez megkönnyíti az adatok kitöltését.

EGY GYAKORLATI PÉLDA

A rendszer működését célszerűen egy Esztergomban történt baleset helyszínén mutatjuk be. A baleset helyének leírása a KSH statisztikai adatlapon az 1. ábrán látható. A baleset egyébként gyalogos elütése volt, okozó a gyalogos, aki a jelzőlámpa tilos jelzése ellenére keresztezte az utat. A helyszín a Rákóczi tér–Petőfi Sándor utca kereszteződése, a 11. és a 1131. számú országos közutak csomópontja. A 2. ábrán látható fénykép a helyszínen készült. A közúti adatbank térképe mutatja [2], hogy a helyszín meglehetősen összetett, a helyszínt nem ismerő számára nem egyértelmű, hogy nem a Petőfi Sándor utca, hanem a Vörösmarty utca egyben a 1131-es számú országos közút (3. ábra). (A baleseti adatlap kitöltésénél a helyszínelő ezt rosszul tudta, a Petőfi Sándor utcát jelölte meg ezen a számon, vagyis hibás helyazonosítást adott meg).

Hely és idő	
Megye :	Komárom-Esztergom [11]
B.lap :	11020026
Dátum :	2010.03.18 csütörtök [4]
Időp :	13:40
Város :	ESZTERGOM [2513]
Utca :	Rákóczi tér
Közút :	00011 [Budapest-Esztergom-
Hely :	065+620
Útkat :	3 [főút]
KerUt :	Petőfi Sándor utca
Kerút :	01131 [ESZTERGOMI ÖK. ÚT]
Hely2 :	001+476
Útkat2 :	4 [egyéb út]
N.ker :	1 [Igen]

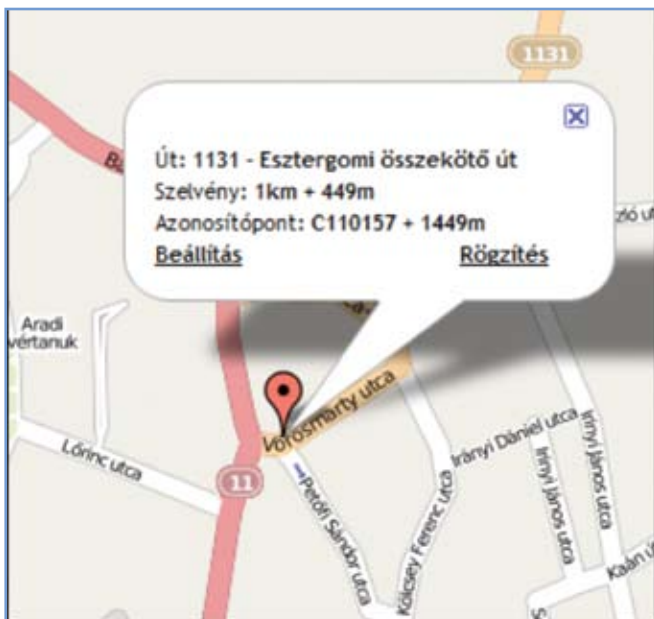
1. ábra: Egy Esztergomban történt baleset helyének leírása a KSH statisztikai adatlapon



2. ábra: A Rákóczi tér–Petőfi Sándor utca kereszteződése, a 11. és 1131. számú országos közutak csomópontja

A helyszínen a készülék bekapcsolása után rövid várakozást követően megjelenik egy tájékoztató jellegű térkép, illetve a GPS-koordináták (4. ábra).

Ezt követően a rendszer feltesz néhány alapvető kérdést (5–6. ábra). Először, hogy a baleset lakott területen belül történt-e (és ha igen, akkor pontosan hol), illetve, hogy a baleset útkereszteződésben történt-e. Az itt megadott válaszok értelemszerűen befolyásolják a további kérdéseket is, jelen esetben a baleset lakott területen belül történt (Esztergom) és két út kereszteződésében (Vörösmarty és Petőfi Sándor).



3. ábra: A helyszín meglehetősen összetett, a helyszínt nem ismerő számára nem egyértelmű, hogy nem a Petőfi Sándor utca, hanem a Vörösmarty utca egyben az 1131-es számú országos közút



5. ábra: A rendszer által feltett alapvető kérdés a helyszínrre vonatkozóan, lakott terület szempontjából



4. ábra: Egy tájékoztató jellegű térkép, illetve a GPS-koordináták

A továbbiakban a program a GPS-koordináták alapján megpróbálja megállapítani, hogy a baleset országos közúton történt-e. Jelen esetben néhány méteres távolságban megtalálta az adatbázisában az 1131-es út egyik pontját, emiatt az ajánlata is ennek megfelelő (7. ábra).

Mivel az ajánlat jó, célszerű azt elfogadni. Kereszteződésről lévén szó, a rendszer megpróbál keresni még egy országos közutat a



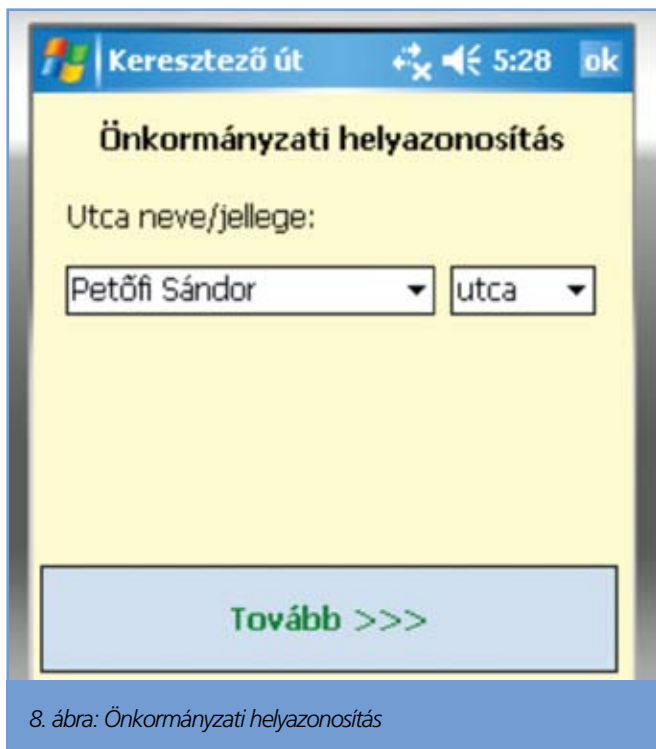
6. ábra: A rendszer által feltett alapvető kérdés a helyszínrre vonatkozóan az útkereszteződés szempontjából

közben, azonban jelen esetben a megadott határértéken belül (a fent említett 10 m) ilyent nem talált, emiatt az ajánlata az, hogy a keresztező út valószínűleg önkormányzati út lehetett. Ismét célszerű elfogadni ezt az ajánlatot, és a következő képernyőn az önkormányzati azonosításnál megadni a Petőfi Sándor utca nevet (8. ábra). Érdemes megemlíteni, hogy a manuális bevitel esetén lehetőség lenne egy újabb országos közút megadására is keresztező útként, és mivel a manuális bevitelnél valamivel nagyobb tűrés-határral dolgozik a program (a fent említett 100 m), itt már lehetőségként felajánlja a 11-es út megfelelő szelvényét is. Azonban ez sem okozhat problémát, mivel a program azt is mutatja, hogy ez az út a GPS-jel szerint 36 m távolságban található, és még azt is kiírja, hogy Rákóczi tér névre hallgat ezen a szakaszon, tehát a kezelő számára teljesen egyértelmű, hogy ő nem ezen a helyen áll.

Ezután az adatlap kitöltése következik, a baleset ideje, illetve a baleset részletes körülményeinek rögzítése. A kitöltés végén a



7. ábra: A program által javasolt helyszín-azonosítás



8. ábra: Önkormányzati helyazonosítás

program egyedi azonosítót rendel a rögzített fájlhoz és menti az adatokat (9. ábra).

Az adatrögzítés végén egy nyugtázó üzenetet küld a program arról, hogy az adatokat sikeresen elmentette az általa generált egyedi azonosítóval (helyszínelő azonosítója+baleset ideje+szükség esetén egy generált szám). Ezt követően az elkészült baleseti adatlap rekordja (10. ábra) bármikor megnyitható, továbbítható stb.



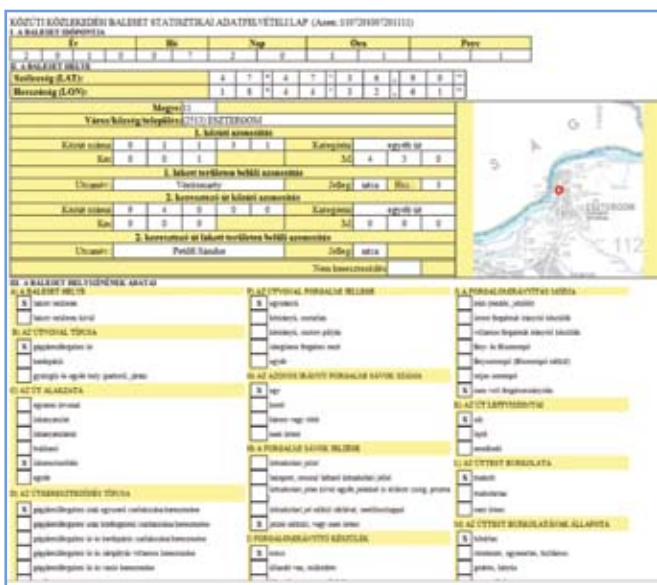
9. ábra: A kitöltés végén a program egyedi azonosítót rendel a rögzített fájlhoz, és menti az adatokat

TOVÁBBFEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK

Amennyiben a rendszer az év végéig tartó tesztüzem során sikeresnek bizonyul, mindenképpen érdemes lehet egy horizontális továbbfejlesztés, tehát az eszközök, illetve ezzel együtt a hozzájuk tartozó szoftverkörnyezet beszerzése, illetve eljuttatása országosan az összes baleseti helyszínelőhöz. Az eszközök esetén ez értelemszerűen a PDA-készülékek és azok tartozékainak a beszerzését jelenti, szoftveresen pedig az adatbázisok (térképek, GPS-OKASZAK megfeleltetését végző adatbázis, utcanévjegyzékek) előállítását, telepítését.

Emellett vertikálisan is számos továbbfejlesztési lehetőség bontakozott ki időközben. Ezek közül az egyik legkézenfekvőbb, hogy a rendszer segítségével a teljes baleseti statisztikai adatlapot fel tudja venni a helyszínelő, így nem kellene a papíralapú lappal tovább dolgoznia. A fejlesztés aktualitását a 2011-ben bevezetésre kerülő új formátumú baleseti statisztikai adatlap erősíti.

Szintén célszerű lenne egy baleseti adatlapokat központilag kezelő rendszer kifejlesztése. A PDA-n jelenleg kitöltött lapokat csak egyesével lehet megnézni/kinyomtatni, azok továbbítása állományként lehetséges. Egy központi rendszer esetében azonban lehetőség lenne ezeket egy központi adatbázisba feltölteni, ami



10. ábra: Az elkészült baleseti adatlap rekordja

értelemszerűen együtt járna az adatlapok kezelését segítő funkciókkal (törlés, módosítás, keresés, nyomkövetés).

Amennyiben létrejött az adatlapok központi kezelése, az számos egyéb funkció kifejlesztését vonhatja maga után. Tapasztalataink szerint a baleseti helyszínelők meglehetősen sok, könnyen automatizálható feladatot végeznek el (különbéleglyegzőkönyvek, jelentések elkészítése). Ezek közül azokat, amelyek főképpen a baleseti adatokat igénylik, egyszerűen ki lehetne váltani különféle automatizált dokumentumgeneráló és -nyomtató funkciókkal.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönjük az ORFK vezetésének és munkatársainak a P-BAL program tesztelésének engedélyezését és támogatását. Külön köszönetet a Fejér és Komárom-Esztergom megyei helyszínelő rendőrök munkájáért és hasznos észrevételeiért.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] GPS-alkalmazás. (K+F feladat. 2008) Megrendelő: Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ. Szakmai konzulens: Forrainé Hernádi Veronika, Mocsári Tibor. Lebonyolító: Magyar Közút Nonprofit Zrt. Szakmai konzulens: Nagy Zoltán. Vállalkozó: Biztonságkutató Mérnöki Iroda (Dr. Jankó Domokos)
- [2] www.utadat.hu

SUMMARY

IDENTIFICATION OF ROAD ACCIDENT LOCATION BY GPS COORDINATES

The authors describe an experiment carried out last year in a county in Hungary. On the scene of road accident the police officer use a PDA (palmtop with touchscreen) to exactly determine the road identification number and GPS coordinates of the accident spot. The PDA used is suitable to fill the statistical data sheet of Central Statistical Office by police on the spot. The PDA software for site identification is made by the authors. It is envisaged that after a successful test of the system will be used throughout the country.

A TÉLI ÚTÜZEMELTETÉS INFORMÁCIÓ-ÁRAMLÁSI RENDSZERE

INFORMATION FLOW SYSTEM FOR WINTER SERVICE
R. J. NELSON
ROUTES / ROADS NO. 342. 2009. 2. P. 80-89. Á: 4, T: -, H: 6.

A biztonságos és hatékony mobilitás különösen a téli időszakban igényli az információ cseréjét az úthasználók és a közutak üzemeltetői között. A távérzékelési és kommunikációs technológiák fejlődése a felhasználói igényeknek jobban megfelelő téli útüzemeltetést tesz lehetővé. A közúti meteorológiai információs rendszerek (Magyarországon az ÚTMET rendszer – a ford. megj.) közel valós idejű adatokat biztosítanak a helyi időjárási helyzetről és az útburkolat állapotáról, megadva ezzel egy rövid távú előrebecslés alapját. Az ilyen és hasonló döntéstámogató eszközök segítik a téli közútkezelés jobb megoldását. A cikkben ismertetett elgondolás szerint az információ részben az úthasználóktól származik, akik lehetnek egyszerű utazók vagy professzionális gépkocsivezetők, esetleg útépítők, útfenntartók, útüzemeltetők, ez utóbbiak járműveit megfelelő érzékelőkkel felszerelve. Fontos szempont a különböző forrásokból származó adatok megbízhatósága, egységesíthetősége, kezelhetősége, és nem utolsósorban tulajdonjoga. A feldolgozás megkezdése előtt lényeges az

ellentmondó adatok kiszűrése. Az adatokat alkalmazó programok többféleképpen lehetnek attól függően, hogy a téli tisztításra szakosodott szervezetek, a közútkezelők vagy a közlekedők számára nyújtanak információt. Itt célszerű lenne az egymástól elszigetelt alkalmazások összekapcsolása. A közeljövő fejlesztéseinek célja, hogy olyan fejlett úthasználói információs rendszereket működtessenek, melyek az útvonalak megtervezésével és a várható eljutási idő becsülésével segítik az utazást, emellett a téli útüzem szolgáltatásban dinamikus vezérlésre, optimális feladatellátásra és a különböző burkolatkezelési módok megválasztására adnak lehetőséget. Egy további alkalmazás a változó díjú díjrendszerek díjainak hozzáigazítása az aktuális időjárási viszonyokhoz és útállapotokhoz. A javasolt teljesítménymutatók között az útállapotok viszonylagos egységessége és az eljutási időbecslések megbízhatósága szerepel.

G. A.

MOBILITÁS ÉS KÖZLEKEDÉSBIZTONSÁG FENNTARTÁSA AZ AUTÓPÁLYAHIDAK ÜZEMELTETÉSÉBEN

RAJCSÁNYI FERENC¹

1. BEVEZETÉS

Az Európai Unió kutatási és technológiafejlesztési keretprogramjai már több mint három évtizede a kontinens kutatói számára jó lehetőséget nyújtanak arra, hogy konzorciumaik számára több éves kutatásaikhoz 50–100%-os pénzügyi támogatásban részesüljenek. Korábban ezekben a nyertes konzorciumokban a közép-európai új EU-tagállamok szakemberei legfeljebb tagként jöhettek számításba. Az útügy területén 2006-ban fordult először elő, hogy régióinkbeli vezetéssel és jelentős közép-európai tagsággal két konzorcium is nyertesnek bizonyult. Az útburkolatokkal összefüggő SPENS-projektet [1, 2] a szlovén Turk, míg a hidakra összpontosító ARCHES-projektet [3] a lengyel Wierzbicki vezette. Ez utóbbi, hároméves projekt egyes eredményeiről számolok be a következőkben.

2. AZ ARCHES PROJEKT CÉLKITŰZÉSEI

A projekt stratégiai célkitűzéseinek a középpontjában az állt, hogy hosszú távon csökkentse az autópályahidak fenntartásából, üzemeltetéséből származó technológiai és pénzügyi különbségeket, az autópályahidak tervezésének kezdeti lépéseitől, fenntartásának hosszú távú stratégiájában és a kivitelezés technológiáiban. Ezen feladatok területén az összhang elérése volt a cél Közép-Kelet-Európa és az Európai Unió többi állama között.

Az autópályahidakkal kapcsolatos tevékenységek számos komplex tudást és preventív ismereteket igényelő bizonytalansági tényezőt foglalnak magukba. Ezek hiánya az autópályahidak tervezésé, kivitelezése, majd fenntartása során számos elkerülhető tevékenységet von maga után, ez pedig pénzügyi és tartóssági problémákat vet fel, valamint a biztonságos közlekedést akadályozza. A projekt a következő kérdéskörre helyezte a hangsúlyt: – a sürgős beavatkozások elkerülése érdekében megfelelő eszközök és folyamatok kifejlesztése, – korrózió megakadályozása egyszerűbb, olcsóbb eljárások kidolgozásával, – költséghatékony hosszú távú felújítási megoldások, amely átlagos és rossz állapotú hidak karbantartására jelent megoldást.

3. A PROJEKT RÖVID BEMUTATÁSA

A projektben résztvevők az ARCHES projektet az EU VI. Kutatási és Technológiafejlesztési Keretprogramjának fenntartható felszíni közlekedési elemeihez kapcsolódva valósították meg. 2006. szeptemberben indult a program, azóta az Európai Unió számos régi és új tagországának szakemberei dolgoztak a projekten, amelyet a lengyel IBDiM (Út- és Hídügyi Kutatási Intézet) irányított. A partnerek többsége a korábban javaslattevő Európai Nemzeti Útügyi Kutatási Laboratóriumok Fórumán (FEHRL) keresztül csatlakozott.

A projekt indítása után több mint két éven keresztül kutattak a témára vonatkozó szakirodalom területén, a kísérleteket, az átfogó laboratóriumi és elméleti eredményeket vizsgálták. Ezt követően az autópályahidak valós környezetében folytatott gyakorlati kísérletekkel folytatódott a projekt.

A projekt célkitűzése az volt, hogy fenntartható módon csökkentse az autópályahidak tervezési, kivitelezési és üzemeltetési folyamataiban fennálló különbségeket a közép-kelet-európai országok és az EU többi része között. Ennek megvalósítására olyan megfelelő eszközöket és eljárásokat kísérleteztek ki, amelyeknek segítségével a gyenge minőségű autópályahidak állapota hatékonyabban felmérhető, majd jellemezhető; ezáltal – javításokkal vagy megerősítéssel – gyorsabb, hosszabb ciklusidejű felújításokra nyílik lehetőség.

A megfogalmazott tudományos és technológiai célok eléréséhez a projekt a szerkezetek állapotát felmérő és nyomon követő stratégiákra helyezte a hangsúlyt, így az egymást kiegészítő technológiák alkalmazásával az autópályahidak további romlása preventív módon felmérhető, majd kiszűrhető. Ennek elérésére négy technikai munkabizottságot állítottak fel, amelyek célkitűzései a következők:

1. az infrastruktúrához olyan optimális biztonsági állapotjellemzési és nyomon követési eljárások kifejlesztése, amelyek képesek kimutatni a sürgős beavatkozásokat, pl. az olyan szerkezetek felújítását vagy cseréjét, amelyek megfelelnek a követelményeknek,
2. a megerősítő szerkezetek folyamatos megfigyelése és korróziójának megelőzése, valamint új innovatív, korrózió fokozottan ellenálló megerősítő anyagok kifejlesztése,
3. a hidak megerősítése, a régi szerkezettel teljes mértékben együttműködő technológia kifejlesztése,
4. az autópályahidak UHPFRC (különösen nagy teljesítményű szálerősítéses beton) felhasználásával történő megerősítése a nagy terheléseknek kitett zónákban a tartósságuk ugrásszerű növelése érdekében.

Az ARCHES-projekt egyik jelentős eredménye meglehetősen ritka, valós méretű, a WP2 munkabizottság által végzett törökísérlétekből adódik. 2008 novemberében próbaterheléseket végeztek a dél-lengyelországi Barcza-hídon. A próbamérésekből származó adatok hatékony állapotfelmérést tesznek lehetővé, amely a híd tulajdonosait várhatóan részletesebb és pontosabb állapotfelmérésre fogja ösztönözni.

A WP3 munkabizottság munkájában elért eredmények közül három érdemel kiemeltet:

- a tenger melletti kísérleti helyszíneken a kereskedelemben kapható könnyűfém szerkezet-erősítők alkalmazására vonatkozó javaslatok kidolgozása,

¹ Okleveles építőmérnök, tudományos segédmunkatárs, KTI Nonprofit Kft.; e-mail: rajcsanyi@kti.hu

- Helyi katódvédelmi tesztek elvégzése, elemzése, beleértve a numerikus modell kód finomítását; valamint
- fekete acélból és könnyűfém acélból készült, szigetelt szondák kifejlesztése, amely a korróziós folyamatok nyomon követéséhez jelent segítséget.

A WP5 munkabizottság kiemelkedő eredménye az volt, hogy 2009 júliusában a szlovén alapanyagokkal kifejlesztett, jobb reológiai jellemzőkkel rendelkező UHPFRC-t alkalmazták sikeresen az 5%-os esésű Log Čezsoški híd (Szlovénia) felújításához. Ezzel megnyitották az utat a technológia szélesebb körű elterjedésének, még a nagy kihívást jelentő helyzetekben és alkalmazási területeken is.

A következőkben röviden bemutatom a projekten dolgozó munkacsoportok által elvégzett munkát és elért eredményeket.

3.1. A WP2 MEGFELELŐ TECHNOLÓGIÁK KIFEJLESZTÉSE HATÉKONY HÍDVIZSGÁLATHOZ MUNKABIZOTTSÁG

A WP2 munkabizottság vezetője a spanyol Joan Ramon Casas. A munkabizottság célkitűzése volt, hogy megfelelő állapotjellemzővel megvizsgált hidak eredményei alapján megállapítható legyen, hogy indokolt-e a beavatkozás vagy sem. A hidak biztonságos és megbízható üzemelése érdekében elengedhetetlen a teljes körű állapotfelmérés, és olyan rendszer kidolgozása, amely teljes körűen magába foglalja azokat a mérési fajtákat és tűréshatárokat, amelyek e cél elengedhetetlen feltételei. A munkabizottság közvetett célja volt a közép-kelet-európai hidakon végzett erősítési beavatkozások számának minimálisra csökkentése.

A cél eléréséhez elengedhetetlen, hogy a híd életciklusát, viselkedését megfelelően lehessen modellezni, ezért a projekt résztvevői a valós terhelések és ellenállások pontos feltérképezéséhez szükséges forgalmi adatokat összegyűjtötték. Ezek az adatok Hollandiában, Lengyelországban, Szlovéniában, valamint a Cseh Köztársaságban vezetett WIM-nyilvántartásban érhetőek el. A forgalmi adatok összegyűjtése után elemezték, majd szimuláció segítségével pontosan modellezték az egyes országok forgalmának jellemző értékeit. Az értékek és a szimuláció segítségével könnyen össze lehetett hasonlítani az egyes országok forgalmát. Az eredmények azt mutatják, hogy a forgalom a fent említett (négy új EU-tagállam és Hollandia) országokban jelentősen alacsonyabb, mint a nyugat-európai országokban. Ezekben az országokban a kísérlet nélküli külföldes járművek az országok forgalmában jelentős szerepet játszanak, azaz az Eurocode Load Model-ben az autópályahidakra meghatározott forgalmi igénybevételeket meghaladják. Az előzetes eredmények nagyon jelentősek az NMS- és a CEEC-országok hídjainak kapacitásfelméréséhez, amelyek további kutatásokat igényelnek.

A pontosabb módszerek meghatározása érdekében a munkabizottság ún. „igazoló terhelést” is végzett a híd reakciójának jellemzésére. Erre a lengyelországi Barcza város közelében található hídon került sor. A vizsgálat helyszínének a megválasztása mellett szólt, hogy a híd szerkezete előregyártott, előfeszített betongerendákból állt, és rövid időn belül cserélni kellett azokat. A hidat beton- és acélsúlyokkal terhelték a gerenda törési tűréshatárán túl. A terhelés közben a terhelési folyamatokat akusztikus érzékelők és más megfigyelő berendezések segítségével követték. A hangemissziós eredmények alapján pontosan meghatározhatóvá vált, hogy mikor jelentek meg az első repedések. A kísérlet alátámasztotta, hogy a megfigyelő berendezés használata elengedhetetlen a fejlesztéshez, hiszen a hosszú távú terveknek megfelelően a pontos méréseket támogatja, va-

lamint a tapasztalatokat tényszerű adatok formájában jeleníti meg a hidak életciklusában. A berendezés segítségével láthatóvá váltak a kísérlet és a kutatás azon kritikus pontjai, amikor a vizsgálatot be kell fejezni, hogy a híd a biztonságos közlekedést veszélyeztető kárt ne szenvedjen.

3.2. A WP3 A KORRÓZIÓ FOLYAMATOS FIGYELEM-MEL KÍSÉRÉSE, MEGELŐZÉSE ÉS A KORRÓZIÓVAL SZEMBENI VÉDELEM MUNKABIZOTTSÁG

A munkacsoport kutatási területe a korrózió viselkedésének vizsgálata volt. Célja olyan technológiák és anyagok létrehozása, vizsgálata, amelyek a betonszerkezetek korrózióját meggátolják.

A betonszerkezetek viselkedése a különböző környezeti viszonyokban változik. A betonszerkezetek hasznos élettartama a betonacél korróziója miatt lerövidül. A projekt olyan autópályahidak viselkedését vizsgálja és elemzi, amelyek különösen agresszív környezetbe épültek, pl. alagutak, tengerparti szerkezetek. Ezek teljes költségeiben a karbantartási költségek jelentős hányadot képeznek.

A betonszerkezetek acélbetéteinek és előfeszített kábeleinek korróziójából adódó jelentős biztonsági problémák és a növekvő költségek új technológia és anyag kifejlesztését igényelték, amelyek a betonszerkezetek élettartamát és a karbantartási folyamatok hatékonyságát növelte. Eddig is voltak olyan kezdeményezések, amelyek új módszerek alkalmazásának a hatékonyságát bizonyították. Ezek a módszerek azonban drágák, zavarják a forgalmat és bizonyos esetekben a korrózió elleni védelemben, a korróziós folyamat lassításában csak rövid ideig jelentenek megoldást. Ezért egyre nagyobb igény mutatkozik olyan beavatkozási technológiák kifejlesztésére, amelyek a társadalmi és a környezeti, valamint a műszaki és a gazdaságossági elvárásokat is ki-elégítik.

3.2.1. A WP3.1 GYENGÉN ÖTVÖZÖTT ACÉL ANYAGÚ MEGERŐSÍTÉS MUNKABIZOTTSÁG

A WP3.1 munkacsoport a gyengén ötvözött acél anyagú megerősítés hatásait vizsgálja. A célkitűzések a következők voltak:

- a gyengén ötvözött acéllal történő megerősítés hatékony alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata,
- határállapotok megállapítása, amelyek a működésben még biztonságosan részt vesznek,
- a kereskedelemben rendelkezésre álló, gyengén ötvözött acélanyagú megerősítő szerkezetek összehasonlítása,
- közelítő költségelemzés meghatározása a különböző gyengén ötvözött acél megerősítő szerkezetek használatára.

A munkacsoport vizsgálati programot állított össze a korrózióval szembeni ellenállás felmérésére, különböző pH-értékű és Cl-koncentrációjú szimulációt pörusvízben (polarizáció-ellenállás, feszültségdinamikai mérések, elektrokémiai impedancia, spektroszkópia) és betonmintákban:

- a betonminták, beágyazott, kiválasztott, gyengén ötvözött acéltípusok;
- a korróziót klóroltat megnedvesítésével, majd szárításával hozták létre;
- a folyamatot elektrokémiai mérésekkel kísérték figyelemmel.

A betonmintákban a korróziós folyamat nyomon követésére ER (elektrokémiai ellenállás) szondákat helyeztek el. A legmodernebb kutatások és laboratóriumi vizsgálatok mellett, a WP3.1 munkacsoport résztvevői valódi tengeri környezetben, környezeti hatásokat vizsgáló állomást is telepítettek.

3.2.2. A WP3.2 KATÓDOS VÉDELMI (CP) RENDSZEREK MUNKACSOPORT

A WP2 munkacsoport célja innovatív és intelligens CP (katódos védelmi) rendszerek kifejlesztése volt hidak számára. Ez olyan kis méretű és olcsó, könnyű szerkezetű megoldásokra épülő CP-rendszerek kifejlesztését jelenti, amelyek vizsgálati eszközei a szén (konduktív bevonat, szénszálas textil anódok) vagy titáncsíkok. A pillanatnyi és a potenciális eloszlás kiszámítására numerikus módszereket fejlesztettek ki. Számszerűleg ellenőrizték a CP-rendszereket, valamint az EU-tagállamokban és Közép-Kelet-Európában lévő hidak numerikus értékeit, kiemelve azokat, amelyek jellemzően eltérnek a megengedett értékektől.

Két kísérleti intelligens CP-rendszert alkalmaztak szlovén és lengyel hidaknál. Szlovéniában, 2008. március és augusztus között hídvizsgálatokat hajtottak végre, a vizsgálatokat a korrózióra összpontosítva. A korrózióvizsgálat után javítási folyamat következett, majd pedig a CP-vizsgálat. A Leggedoor három különböző CP vizsgálórendszert helyezett fel a hídpálya alátámasztó keresztartójának három konzolos részére:

- a „hagyományos” anódot,
- az „intelligens csík” anódot és
- a „minimális” anódot,

A vizsgálat hitelességét biztosítva, az egyik konzoltartót védelem nélkül hagyták.

A rendszer méréseinek eredményei alapján az áramot optimalták, és a CP-rendszereket leképező numerikus modellt alkalmazták.

A mérésekből kapott korlátozott mennyiségű adatot a CP-rendszerek bekapcsolási fázisában az áram rövid távú hatásainak validálására használták fel. A CP-rendszerek hatékonyságát korszerű, korróziómegfigyelő érzékelőkkel (ER-szondákkal) és depolarizálva, hagyományos referencia elektródákkal is ellenőrizték.

Lengyelországban a munka 2008. decemberben kezdődött el. A bevonatot a Leggedoor szolgáltatta, ők tanították be az IBDiM szakembereit is.

3.2.3. A WP3.3 A KORRÓZIÓ ALAKULÁSÁNAK FIGYELEMMEL KÍSÉRÉSE MUNKACSOPORT

A munkacsoport kisméretű elektromos ellenállás (ER) szondákat fejlesztett ki, ER-szondákat épített betonmintákba és a WP3.1 és a WP3.2 vizsgálati helyszínein, hogy a kísérleteket alátámassza, valamint az eredményeket össze tudja hasonlítani más a korróziót nyomon követő módszerekkel (súlyvesztéssel, galvanosztikus impulzussal operáló eljárásokkal).

A munkacsoport kutatói fekete acél ER-szondák mellett rozsdamentes acél ER-szondákat is kifejlesztettek. Megerősített betonmintákba alacsony széntartalmú acélból készült szondákat helyeztek el, és a gyengén ötvözött acél ER-szondákat pedig – katódos védelem alatt – gyengén ötvözött acéllal megerősített betonmintákba (lemezekben és oszlopokban) helyezték el.

3.3. A WP4 MEGERŐSÍTÉS RAGASZTOTT FRP-CSÍKOKKAL MUNKABIZOTTSÁG

A WP4 munkabizottság kutatási témája a hidak ragasztott FRP-csíkokkal történő megerősítése, ez a kívülről felerősíthető speciális szerkezeti elem a tervezettnél nagyobb forgalom elviselését célozta. Az empirikus kutatás célja útmutatók és eljárások kialakítása a szerkezeti elemek megerősítéséhez, ennek eszközei az előfeszített FRP-elemek, valamint szerkezeti tartók (oszlopok) alkalmazása.

Az FRP kompozit anyagok egyik jelentős alkalmazási területe a betonoszlopok megerősítése, burkolása, így azokat köpenyként védi a megerősítés a nagyobb szilárdság és a megfelelő alakváltozási képesség javítása érdekében. A kiinduló szerkezet és a megerősített anyagok tulajdonságai teljes mértékű kihasználásának egyik feltétele, hogy az FRP-burkolatban gyűrűfeszültség keletkezzen, ami a burkolt betonszerkezetben háromtengelyű nyomófeszültséget eredményez. A beton szilárdsága és szakadónyúlása egyaránt megnövelhető az FRP-burkolás használatával, miközben az FRP nagy szakítószilárdsága is teljes mértékben kihasználható, továbbá az FRP-vel burkolt beton alakváltozási képessége jelentősen javult.

A hidak szerkezeti megerősítése erősen indokolt, ennek oka az utóbbi húsz évben és máig is tartó erőteljes forgalomnövekedés, valamint az anyagok elhasználódása. A kezdeti kutatási eredmények még nem tükrözik az eljárás tartósságát és az anyagok jövőbeni viselkedését. A felépítmény megerősítésén kívül az alépítmény tartóssága is kritikus tényezőként jelentkezhet. Az acéllemezek és a kompozit anyagok a hidak megerősítéséhez kiváló lehetőséget biztosítanak. A betonoszlopok burkolásához az FRP-anyagok használata ígéretes megoldásnak bizonyult.

3.4. A WP5 KÜLÖNÖSEN NAGY TELJESÍTMÉNYŰ SZÉNSZÁLLAL – MEGERŐSÍTETT BETON (UHPFRC) HÍDFELÚJÍTÁSRA MUNKABIZOTTSÁG – FEJLESZTÉSI EREDMÉNYEK SZLOVÉNIÁBAN

A növekvő európai szállítási igény a közúti és a vasúti rendszer hatékony és gyors kialakítását sürgeti Közép- és Kelet-Európában is. Az infrastruktúra fejlesztése a régi szerkezetek állapotfelmérését, felújítását, valamint új szerkezetek építését igényli, az pedig jelentős beruházásokat jelent.

A „különösen nagy teljesítményű szénszállal megerősített beton” (UHPFRC) jobb jellemzői:

- alacsony víz/kötőanyag arány,
- nagy kötőanyag-tartalom,
- optimalt szálerősítés,
- kis vízáteresztő képesség,
- nagy szilárdsági jellemző,
- nagy szakadónyúlás.

Az UHPFRC tökéletesen alkalmas erős környezeti és jelentős mechanikai hatásoknak kitett, megerősített betonépítmények kritikus zónáinak felújítására, mert hosszú távú tartósságot biztosít a szerkezetnek, és elkerülhető az ismételt állapotjavító beavatkozások az élettartam alatt.

A Samaris EU-projekt során [4] végzett kutatás-fejlesztés célja az UHPFRC üzemi körülmények közötti alkalmazhatóságának bebizonyítása, miszerint az UHPFRC-technológia hagyományos eszközökkel tökéletesen megfelelő helyszíni felújításokhoz is. A javasolt technológia költsége alig haladja meg a legtöbb hagyományos megoldás költségeit, emellett az építési munkák és a forgalmi sávok lezárásának ideje jelentősen csökkenthető.

Az ARCHES-projekt jelentős erőfeszítéseket tett, hogy közép-kelet-európai országokban az UHPFRC-technológia alkalmazásával az innovatív felújítási technológia előnyeit bemutassa, kiemelve annak kedvező költségeit, az UHPFRC-alapanyagok helyi elérhetőségét, valamint kedvező reológiai jellemzőit (a beton alkalmazhatósága az aljzat nagyobb dőlésszöge esetén).

Folyamatos kihívást jelent a szakadónyúlás növelése, valamint a különösen alacsony vízáteresztő és az öntömörödő képesség, ezeket kevés UHPFRC-receptúra tudja jelenleg kielégíteni. Ennek megoldására olyan, nagy mennyiségű adalékot tartalmazó, „különösen nagy teljesítményű” mátrixot (habarcsot) fejlesztettek ki, amely az UHPFRC-technológiát különböző helyileg is elérhető cement és folyósító szerek alkalmazásával elkészíthetővé teszi. Ezt az elképzelést szlovén és lengyel termékekkel is igazolták. További lépésként, a keverékek reológiai jellemzőit úgy alakították át, hogy friss állapotban a felépítmény akár 5%-os lejtése se legyen akadály.

Ezt az új anyagot 2009 júliusában a nagy kihívást jelentő 5%-os lejtés ellenére sikeresen alkalmazták a Log Čezsoški híd (Szlovénia) hídpályaelemezeinek és járdáinak felújítása során, ezzel utat nyitva a technológia szélesebb körű elterjedésének.

4. ÖSSZEFOGLALÓ MEGJEGYZÉSEK

Három éves munka után lezárult a részben európai uniós finanszírozású ARCHES (Közép-európai autópályahidak állapotjellemzése és felújítása) projekt, nagyrészt régiónkbeli résztvevőkkel. A résztvevő tizenhét kutatóintézet és műszaki egyetem jelentős eredményt ért el, amelyet az ARCHES és a SPENS 2009 augusztusban, Ljubljanában rendezett zárószemináriuma részletesen bemutatott. A bemutatott munkabizottság tevékenységeinek a töredékét, csak a jelentősebb eredményeket kiemelve foglaltam össze.

A projekt hivatalos weboldala <http://arches.fehrl.org>, ahol további információk és részletesebb leírások is találhatóak. A projekt során elkészített minden beszámolót és jelentést feltöltöttek a honlapra, amelyet folyamatosan frissítenek. A projekt befeje-

ződése után is minden, a projekt keretein belül végzett munka eredményei és publikációi is megtalálhatóak itt.

5. IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] SPENS összefoglaló jelentés. Ljubljana, 2009. p. 31.
- [2] Bencze Zs., Ézsiás L., Gáspár L.: A SPENS projekt: fenntartható burkolat az új európai uniós tagországok részére. Közlekedés-építési Szemle 2010/2. pp. 29–35.
- [3] ARCHES Summary Report. Warsaw, 2009. p. 15.
- [4] Samaris

SUMMARY

OPERATION OF MOTORWAY BRIDGES WITH THE MAINTENANCE OF MOBILITY AND TRAFFIC SAFETY

The research and technology framework programs of the European Union provide an excellent opportunity to share complex knowledge and to decrease technological and financial differences of various maintenance and operation activities of the participant countries on the long run. This paper presents the short description and results of the ARCHES Project (2006–2009), with the majority of its 17 participants coming from Central-Eastern Europe. The main objective was to provide sustainable solutions in order to decrease existing differences in design, construction and operation processes of motorway bridges. For this reason an array of suitable tools and procedures have been elaborated, which enable more efficient survey and description of motorway bridge condition, and thus quicker and longer lifecycle reconstruction becomes possible by repairing or reinforcement.

MINTAVÉTELI TERV EGYES KIVÁLASZTOTT VAGYONELEMEK ÁLLAPOTÁNAK ÉRTÉKELÉSÉRE

SAMPLING PROTOCOL FOR CONDITION ASSESSMENT OF SELECTED ASSETS
RICARDO A. MEDINA, ALI HAGHANI, NICHOLAS HARRIS
JOURNAL OF TRANSPORTATION ENGINEERING VOL. 135, 2009. 4, P. 183–196.

A cikkben ismertetett tanulmány célja az USA Maryland államában egyes kiválasztott vagyonelemek állapotának értékelésére szolgáló mintavételi terv kialakítása. A javasolt mintavételi terv a fenntartási egységek (üzemmelőrségek) által kezelt vagyonelemek szolgáltatási színvonalát állapítja meg a megkívánt pontossággal, egy adott megbízhatósági szinten. A munka egyik része értékeli a mintanagyság (pl. a vizsgált fél mérföld, azaz 800 m hosszú útszakaszok száma) hatását a szolgáltatási színvonal becslésének pontosságára. A mintanagyság megosztását az egyes fenntartási egységek között befolyásolja az általuk kezelt utak kategóriája, az utak éves átlagos napi forgalma, a földrajzi elhelyezkedés, a vagyonelemek közelítő arányai, valamint a szolgáltatási színvonal becslésének szórása. A javasolt mintavételi terv alkalmazása a fenntartási szakemberek számára megfelelő információt ad a teljes kezelt vagyon állapotáról. Az így nyert állapotkép

felhasználható a szükséges prioritások és a forrásigény meghatározására, beleértve a személyi és gépi erőforrásokat. Három változatban értékelték a javasolt mintavételi tervet. Az első esetben a mintanagyság a legnagyobb mintaigénnyel rendelkező vagyonelemtől függ, a második esetben a legnagyobb mintaigénnyel rendelkező vagyonelemcsoport játszik szerepet, míg a harmadik esetben az összes vagyonelem átlagos mintaigénye szolgál a számítás alapjául. Az értékelés szerint egy adott megbízhatósági szint esetén, ha az összes vagyonelemre előírt minimális pontosság teljesül, az első eset alkalmazása kedvező. Ha azonban a mintanagyság behatárolt, és a minimális pontosságot csak néhány kiválasztott vagyonelemcsoportra kell biztosítani, a második eset adja a legjobb megoldást. A javasolt módszer rugalmas, ezért más régiókban is sikerrel felhasználható.

G. A.

HÍDSZERKEZETEK LEROMLÁSÁNAK GYAKORLATI ELEMZÉSE

DR. SZABÓ JÓZSEF¹ – DR. MOLNÁR VIKTOR²

1. BEVEZETÉS

A mérnöki létesítmények tervezése során egyre nagyobb hangsúlyt kapnak a gazdasági megfontolások, így történik ez a hidaknál is.

Az üzleti szervezetek beruházásainál a megépített mű használatával keletkezett bevételt vagy bevételtöbbletet, illetve az új létesítmény által kiváltott nyereségnövekedést szembe lehet állítani beruházási és fenntartási-üzemeltetési költségekkel.

A közösségi célú beruházásoknál a beruházás által indukált bevételről, bevételnövekedésről, illetve költségcsökkenésről csak ritkán beszélhetünk, ezért az elemzések a közösség számára nyújtott többletszolgáltatások hasznait számszerűsíthetik. A tényleges bevételeket tehát itt helyettesíteni kell, erre is kialakultak a megfelelő eljárások, ezek az üzleti szervezetek által alkalmazott módszerek adaptációi. A helyettesítés történhet árnyékárak alkalmazásával, a közösségi megtakarítások, illetve többletszolgáltatások értékének számításával. A beruházások gazdaságossági számításaira számos módszer ismert, ezekkel itt nem foglalkozunk, de az üzleti szektorban és a közösségi beruházásoknál alkalmazott számításoknál egyaránt szükség van a nettó érték változásainak ismeretére, ebben a szektorok között nincs különbség.

Az értékcsökkenést számviteli szempontból általában lineáris leírási kulcsokkal számítják. A nettó érték egyenesen csökken a jogszabályokban meghatározott leírási időszak végéig, majd a létesítmény nyilvántartott értéke további fennmaradásának teljes idejében mindvégig egy alacsony, névleges összeg marad.

Az üzemgazdasági szempontok mást diktálnak, a maradványérték, vagyis a nettó érték mindig a még fennmaradó, a hátralévő teljesítményt fejezi ki. A kétféle számítás szerinti nettó értékek között jelentős különbségek lehetnek.

A híd élettartama alatt a nettó érték, a híd állapota és a még hátralévő teljesítmény meghatározása elengedhetetlen a beruházási változatok elemzésénél, a teljesélettartam-költség számításánál. A hidak számos szerkezeti elemből állnak, ezek élettartama közel sem azonos. A cikk a hidak szerkezeti elemeinek élettartamával, a nettó érték időbeli változásaival foglalkozik, és elsősorban a gyakorlati, tapasztalati adatokon alapuló eljárások használatát javasolja.

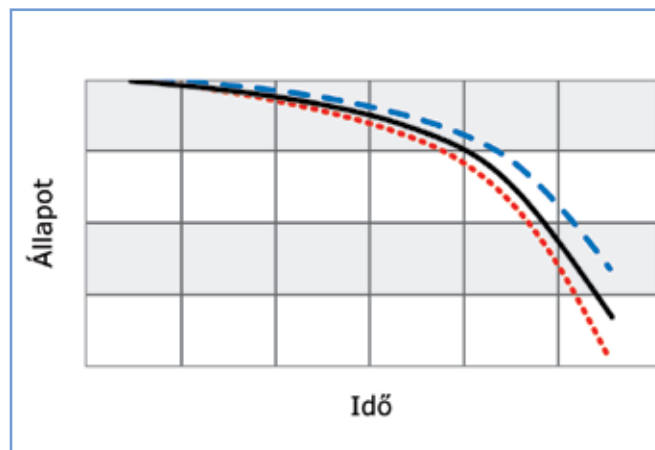
2. A HIDAK ÉLETTARTAMÁRA VONATKOZÓ ÁLTALÁNOS MEGÁLLAPÍTÁSOK

A hidakat legalább nyolcvan évre, de inkább száz év élettartamra tervezik. Ezt megerősítik azok a számviteli jellegű számítások, amelyeknél a hidak aktuális nettó értékét számítják. A feltételezett értékcsökkenés ezekben a számításokban lineáris. A közutak értékével foglalkozó kiadványok [1 és 2] kétféle értéket is közölnek: 1,66%-ot (ezzel hatvan év alatt teljesen értékét veszti a híd), illetve 1,25%-ot, ez a hosszabb, nyolcvan éves élettartamot feltételezi.

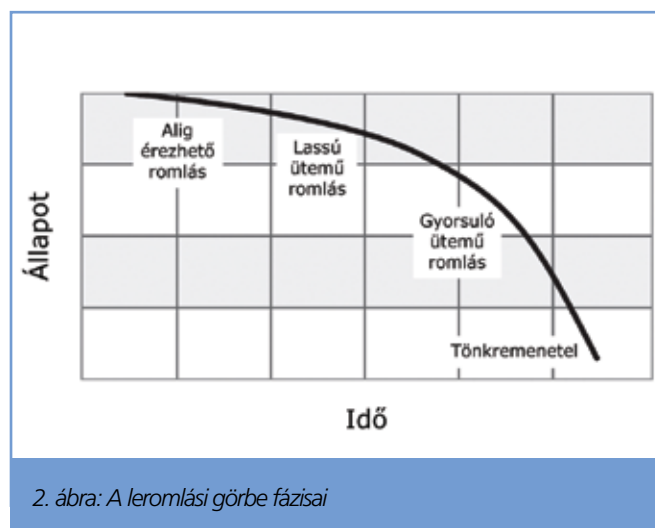
A lineáris leírási kulcsok alkalmazása természetesen csak a nettó érték megállapításához nyújt segítséget, és nem írja le a hidak, és különösen nem az egyes hídszerkezetek állapot- és értékváltozásait, de igazolja a hidak tartósságát és legalább hatvan évi használatra való alkalmasságát. A hidak tényleges állapotromlása és a nettó érték változása azonban általában nem lineáris.

2.1. A LEROMLÁS JELLEGE

A szakirodalom sokféle leromlási folyamatot ismertet, de az építményszerkezetek, és ezen belül a hídszerkezetek leromlási folyamata is egyértelműen gyorsuló mértékű, az idő függvényében a százalékos kezdő állapotból kiindulva egy hatványozottan csökkenő görbével írható le [3].



1. ábra: Az általános leromlási görbe



2. ábra: A leromlási görbe fázisai

¹ Okleveles építőmérnök, egyetemi docens, Széchenyi István Egyetem; e-mail: szaboj@sze.hu

² Okleveles építőmérnök, egyetemi docens, Széchenyi István Egyetem; e-mail: molnarv@sze.hu

2.2. AZ ÁLTALÁNOS LEROMLÁSI GÖRBE

A használat jellege és a hosszú élettartam miatt nagy jelentősége van a fenntartási-karbantartási munkának, a használat intenzitásának, ezért az általános leromlási görbe kiegészíthető, így ábrázolhatunk egy tartományt, amely az átlagértéktől való jellemző eltéréseket is tartalmazza (1. ábra).

Az 1. ábrán a felső szaggatott vonal egy jól karbantartott, kevésbé igénybe vett szerkezet, az alsó szaggatott vonal pedig egy intenzívebb igénybevételnek kitétt, kevésbé jól karbantartott szerkezet leromlási görbéjét ábrázolja, míg a középső az átlagérték.

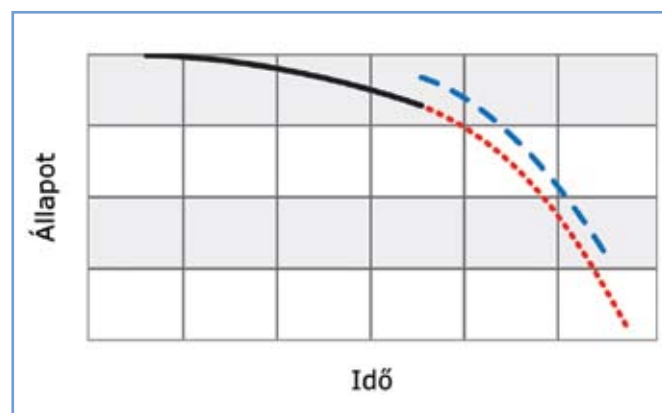
2.3. A LEROMLÁSI GÖRBE FÁZISAI

A görbét egy egyenes szakaszokból álló poligon helyettesítheti, kijelölve ezzel az állapotváltozás jellemző szakaszait. Használhatjuk például Timár András leromláspolygonját [4], aki a következő szakaszokat (fázisokat) különbözteti meg, a 2. ábra szerint:

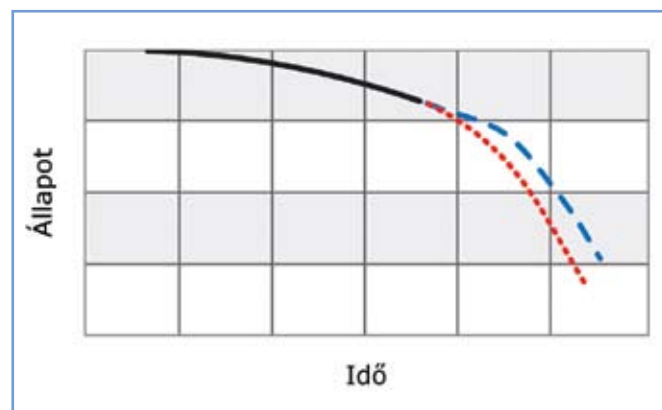
- alig érzékelhető romlás,
- lassú ütemű romlás,
- gyorsuló ütemű romlás és a
- tönkremenetel.

2.4. A BEAVATKOZÁSOK HATÁSAI

A leromlási görbe megmutathatja a szerkezeteken végzett beavatkozások hatásait is. A 3. ábrán az értéket azonnal növelő beavatkozás, majd a 4. ábrán a leromlást lassító beavatkozás befolyását mutatja be. A kétféle beavatkozás következményeit általában nehéz egymás-



3. ábra: Az értéknövelő beavatkozás hatása



4. ábra: A leromlást lassító beavatkozás hatása

tól elválasztani, látható viszont az ábrákon, hogy mind a kettő az élettartamot növeli.

Értéknövelő hatáson értjük, ha a szerkezet valamilyen szempontból jobb lesz a beavatkozás következtében. Például egy eredetileg nem vízzáró dilatációs szerkezet vízzáró dilatációs szerkezetre való kicserélése értéknövelő hatású az egész hídszerkezetre nézve.

Leromlást lassító beavatkozás, ha a beavatkozás nem hoz korszerűsítést, csak a meglévő állapotot konzerválja.

2.5. A LEROMLÁST BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

A leromlási folyamatot tehát sokféle tényező együttes hatása befolyásolja. Az építéskor a megfelelő tervezésnek, a helyes anyag kiválasztásnak, a szállítók megbízhatóságának, az átvétel alaposságának, a felkészült kivitelező kiválasztásának, a hatékony minőségbiztosítási rendszer alkalmazásának, az építés szigorú ellenőrzésének jelentős élettartam-növelő hatás tulajdonítható. Az üzemeltetés-fenntartás előírásainak következetes betartása, az állapot szabályoknak megfelelő vizsgálata és a szükséges beavatkozások megfelelő időben való elvégzése szintén kedvező hatással van az élettartamra, illetve a leromlási folyamat lassítására. A legnagyobb hatása azonban a terhelésnek és a környezeti hatásoknak van, főként az ennek közvetlenül kitétt szerkezeti elemeknél.

A gazdasági elemzések kétféle értécsökkentő összetevőt feltételeznek, a műszaki-fizikai kopást és az erkölcsi-gazdasági avulást, sőt, ezeket néha további részekre is bontják. Ebben a cikkben a szétválasztásra nincs lehetőségünk, ehhez nagyobb adatmennyiségre lenne szükség.

2.6. A LEROMLÁSI GÖRBE MÁS VÁLTOZATAI

A szakirodalom a hídszerkezetek leromlására más jellegű görbéket is ismer. Elsősorban a hosszú élettartamú szerkezeteknél gyakori az ún. S-alakú görbe, amely egy szakaszon az eddig bemutatott alakú, majd egy inflexiós pont után enyhébb lejtésű egyenesbe megy át [5].

A gyakorlati, tapasztalati adatokra építve, többszörös Markov-lánc elemzéssel, illetve Weibull-eloszlást feltételezve először gyorsan csökkenő, majd enyhén csökkenő jellegű görbék is előállíthatók egyes szerkezeti elemek leromlási folyamatáról [6].

A tartós szerkezeteknél az élettartam hosszabb-rövidebb időszakában a leromlás lineáris üteme is feltételezhető, ehhez közelálló eset egyik példánkban is előfordul [7].

3. A HIDAK ÁLLAPOTFELVÉTELI RENDSZERE

3.1. HÍDVIZSGÁLATOK

A gyakorlatban a hidak vizsgálata szabályozott tevékenység, ezért helyesnek látszik a hidak felügyeletének összefoglalása. A nyilvántartás és a felügyelet rendszerét jogszabály írja elő [8]. A részleteket a rendelet mellékleteként megjelent utügyi műszaki szabályzat tartalmazza [9]. Az értékelés szakértői szempontjait utügyi műszaki előírásba foglalták [10]. Az országos közutak hídjaira vonatkozó speciális hídállapot-értékelési előírás és rendszer a Pontis-H [11].

A szabályzat szerint a hidak műszaki felügyelete négylépcsős:

- Hídelőnézés: a rendszeres útbejárás során hetente vagy rendkívüli esetben elvégzett ellenőrzés, szakmunkás végzettséghez kötött tevékenység. Az ellenőrzés a híd felső látható részeire terjed ki, a durva hibák, illetve rendellenességek észlelésére szolgál.

- Hídszemle: félevenként végzendő, legalább szakirányú végzettségű technikus végezheti. Kiterjed a hídszerkezetek többségére, így a dilatációs szerkezetekre, a korlátokra, a vízelvezető szerkezetekre, az acélszerkezetek korróziójára, a szerkezet átázására. A hidat a szemle elvégzője alulról is vizsgálja, illetve a zárt, szekrényes szerkezeteket belülről is megvizsgálja. A hídszemléről feljegyzést kell készíteni.
- Hídvizsgálat: évente végzendő, csak szakirányú képzettségű és legalább kétéves szakmai gyakorlattal rendelkező mérnök (üzemmérnök vagy építőmérnök) végezheti. Kiterjed a híd megsemmelhető részeire, a tartó elemeket kivéve, vagyis az alapozás és a víz alatti részek kivételével teljes körű vizsgálat. A hídvizsgálatról jegyzőkönyvet kell készíteni, amelyet a hídtörzslaphoz kell csatolni.
- Fővizsgálat: tíz évenként végzendő, a híd minden részletére és tartozékára kiterjedő, legalább ötéves gyakorlattal rendelkező szakirányú képzettségű, a hídfenntartó állományába tartozó mérnök, vagy a Magyar Mérnöki Kamara által névjegyzékbe vett hidügyi szakértő, illetőleg szakvélemény adására jogosult intézmény végezheti. Testközelből, segédeszközökkel (állvány, vizsgáló jármű), vizsgálóeszközökkel, műszerekkel, esetleg próbateljesítés vizsgálatával végzett vizsgálat, amely a híd egyébként eltakart részeire, mászható vagy megsemmelhető üregeire és a vízben álló híd víz alatti részeire is kiterjed. A fővizsgálatról jegyzőkönyvet kell készíteni, amelynek tartalmaznia kell a híd megépítése óta bekövetkezett eseményeket a híd főbb adataival, a vizsgálat összes megállapítását, a terhelés vizsgálat eredményeit és azok értékelését. A jegyzőkönyvben a hibák értékelésének szempontjai:
 - a hiba kijavítás nélkül maradhat-e a következő hídvizsgálatig vagy sem;
 - a megszüntetendő hiba a forgalom biztonságát közvetlenül érinti-e, illetőleg azt mikor kell kijavítani (pl. annak azonnali vagy határidőre történő megszüntetése szükséges-e);
 - a hibát a következő hídvizsgálat előtt megfigyelés alatt kell-e tartani.

A fővizsgálati jegyzőkönyvben a hibákat, elváltozásokat leírással, vázlatokkal, hibatérképpel vagy fotókkal kell ismertetni. A fővizsgálati jegyzőkönyvnek olyan részletesnek kell lennie, hogy az alapján a hibásnak talált szerkezet vagy hídrész helyreállítási vagy fenn tartási terve elkészíthető legyen.

A szabályzat intézkedik a hidak nyilvántartásáról is. Célként jelöli meg, hogy a híd fenntartójának mindenkor megbízható adatok álljanak rendelkezésére a szükséges intézkedések megtétele és az érdekeltek tájékoztatása érdekében. A nyilvántartásban (hídtörzslapban) a híd minden adata szerepel a tervezéstől a legutolsó vizsgálatig.

Ebből a rövid áttekintésből is világos, hogy a hidak felügyelete és vizsgálata rendszeresen végzett és szigorúan dokumentált hivatalos rendszer. A rendszer minden 20 m feletti nyílású híd vizsgálatára kiterjed, vagyis nagyszámú eredmény áll rendelkezésre. Meggyőződésünk, hogy a hidak nyilvántartásának általunk javasolt módszerekkel történő feldolgozása nagyon hasznos lenne a hidak leromlási folyamatának részletes megismerésére.

3.2. AZ ÁLLAPOTOSZTÁLYZATOK

A gyakorlatban a hidak és hídszerkezeti elemek állapotát osztályozással állapítják meg. Az osztályozásnál szöveges segédletek, útmutató, utasítások állnak rendelkezésre. A hidak esetében az osztályozást 22 hídszerkezetre kell elvégezni. Az állapotosztályozást a jogszabály, a szabályzat, illetve a Pontis-H a következő módon határozza meg:

- 1. osztályzat: újszerű állapotú (jelentős állapotromlás nincs még)
 - 2. osztályzat: kezdődő hiba (csekély, csak a felületen jelentkező hiba)
 - 3. osztályzat: közepes hiba (nemcsak a felületen jelentkező, kisebb mélységi hiba)
 - 4. osztályzat: súlyos, mélységi hiba (kifejlődött hiba)
 - 5. osztályzat: nagyon súlyos hiba (a szerkezet teherbírását befolyásoló, balesetveszélyes állapotot okozó hiba)
- A Pontis-H a bemutatott általános meghatározásokon kívül az egyes szerkezeti elemekre külön magyarázatot közöl minden egyes osztályzathoz. Az osztályozási rendszer tehát tartalmazza az állapot meghatározásához a hibajelenségeket, és ezzel együtt arra is enged következtetni, hogy milyen beavatkozások szükségesek.

3.3. AZ ÉLETTARTAM ÉS A LEROMLÁSI FOLYAMAT MEGHATÁROZÁSA

Példáinkkal bizonyítani kívánjuk, hogy az előbb bemutatott, tízévente elvégzendő fővizsgálati adatok alapján és még néhány más gyakorlati forrásból származó adattal a hídszerkezetek leromlási görbéi előállíthatók, és ezek a görbék megmutatják a nettó értéket az új érték százalékában, megmutatják a hídszerkezetek állapotát és a még hátralévő élettartamot.

A következő forrásokat használtuk fel:

- *Közvetlen szakértői tapasztalatok.* A szakértő szerző több évtizede foglalkozik a hidak felülvizsgálatával, állapot-ellenőrzésével. Saját gyakorlati tapasztalatait a fővizsgálatokról készített szakvéleményei tartalmazzák. A hídfővizsgálatokból kigyűjtött információk biztosítják a bemutatott példák első számú forrását.
- *Közvetett szakértői tapasztalatok.* A közvetlen tapasztalatok mellett másodlagos forrásként szolgálnak a mások által készített, szabályzat szerinti hídtörzskönyvek, illetve az előbb említett fővizsgálati és más jelentések. A jelentésekből egyes szerkezeti elemeknél a tíz vagy húsz, esetenként 50–100 évvel korábbi állapot is megállapítható.
- *Fenntartói tapasztalatok.* A hidász szakértők munkájuk során számos nem dokumentálható értesülést szereztek a hidakat üzemeltető szakemberektől, ezeket fenntartói tapasztalatokként használtuk fel. Különösen fontos forrás a hazai M1 és M3 autópályák hídjaira korábban készített felmérés, amely helyszíni és üzemeltetői tapasztalatokra támaszkodott. Az eddig még nem közölt kézirat [12] az M1–M15 és az M0 autópályák hídszerkezeti elemeinek állapotát rögzíti a hidak tíz és 15 éves korában.

A példák erre a három forrásra építve készültek. Egyes esetekben még előfordulhat, hogy bizonyos szerkezetekre vagy szerkezeti elemekre vonatkozóan gyártói tapasztalat is van, a gyártótól nyilatkozat is beszerezhető. Egy ilyen nyilatkozat is gyakorlati adatnak tekinthető, a gyártó megfigyelésén alapszik. Alkalmoszerűen lehetséges mérési eredményeket is felhasználni, ha a szerkezet laboratóriumban vizsgálható. Ezen kívül lehet számítani az általános építőmérnöki tapasztalatokra is: gyakran használt anyagokról és szerkezetekről a gyakorló szakemberek eléggé pontos ítéletet tudnak mondani.

3.4. A LEROMLÁSI GÖRBE ELKÉSZÍTÉSE ÉS AZ ÉLETTARTAM VIZSGÁLATA

Példáinkban tíz és negyven év közötti életkorú magyarországi autópályahidak adatait dolgoztuk fel, az eredményeket grafikonok mutatják be.

A leromlási folyamat, a hídszerkezeti elemek egyes időpontokban várható állapota és a várható élettartam vizsgálatát az állapotosz-

tályzatok alakulása alapján végeztük el, az előbb felsorolt forrásokból nyert adatok segítségével. Láttuk, hogy az értékelés jól körülírt szabályrendszer szerint történik, ezért az állapotjellemző osztályzatok, bár az osztályozás nem mentes a szubjektív elemektől, jól kifejezik a szakértők értékítéletét. Az adatokat értékeltük a 10., a 20., a 30. és a 40. évben, és ez alapján tettünk megállapításokat a várható élettartamra, illetve a leromlás ütemére.

Célkitűzésünknek megfelelően a leromlási folyamat menetét úgy akarjuk meghatározni, hogy gazdasági számítások elvégzésére alkalmas legyen. Megkerülhetetlen ezért, hogy az állapotosztályzatok megadása mellett a nettó értéket is becsüljük. Nyilvánvaló ugyanis az, hogy bár a gazdasági számítások bonyolultak, az első megközelítés az lehet, hogy az értékcsökkenésnek (az eredeti beruházási érték és a mindenkor nettó érték különbsége) megfelelő összeg ráfordításával az eredeti, kiváló állapotot megközelítően helyre lehet állítani.

A szakirodalmi közlemények időnként egymásnak is ellentmondanak, de megegyeznek abban, hogy az állapotosztályzatokhoz nem egyenlő nettóérték-csökkenéseket kell rendelni, hanem a kiválótól lefelé egyre nagyobbakat. A következő példákban ezért az általános leromlási görbe tendenciájának és a fővizsgálati állapotfelvételi osztályozásnak megfelelően, az 1–5. állapotosztályzatokhoz növekvő tartományokat jelöltünk ki. (Az egyre gyengébb állapotosztályzat egyre növekvő tartományait megerősíti a már idézett 1995-ös útérték-kiadvány, különféle út- és hídszerkezetekre különféle számsorokat megadva, de a használhatóság alsó határát 50% körülire teszi.)

A grafikonokon együtt szerepel a függőleges tengelyen az állapot és a nettó érték aránya az eredeti beruházási összeghez képest. Az 1. osztályzat a 100–95, a 2. osztályzat a 95–85, a 3. osztályzat a 85–70, a 4. osztályzat a 70–50 és az 5. osztályzat az 50–0 százalékos nettóérték-tartományt foglalja el. A százalékos érték folyamatos, az állapotosztályozás nem (nem definiálták az tizedes számmal leírható állapotosztályzatokat). Az elemzésnél ezért úgy jártunk el, hogy az egyes konkrét értékeket az osztályzatok fent leírt tartományainak közepére rajzoltuk, ha több azonos korú és állapotosztályzatú eset volt, akkor azok a szomszédos százalékos számértékeket foglalják el, hogy a grafikonon látható legyen.

Várható élettartamnak azt az időpontot tekintjük, amelynél a leromlási görbe az 5. osztályzat tartományába ér. Az 5. osztályzatú, 50%-nál alacsonyabb maradványértékű szerkezetet már élettartamán túlnak minősítjük. A szerkezetek ebben az élettartamban már csak korlátozottan látják el funkciójukat, illetve a szakirodalom szerint a fenntartási költségek itt már exponenciálisan nőnek. A szakirodalom ettől eltérő értékeket is tartalmaz, a tűrhetetlen állapot tartományának határát sok esetben egy használhatósági index harminc, illetve negyven százalékos mértékében állapítják meg. [13]

3.5. PÉLDÁK HÍDSZERKEZETEK LEROMLÁSI GÖRBÉIRE

A fővizsgálati jelentésekből kiolvasható év–állapot-adatokat táblázatokban közöljük. A grafikonokban a közvetlen szakértői tapasztalatokból származó adatokat fekete pontokkal jelöltük. A közvetett szakértői tapasztalatokból származó értékek ugyanezekből a jelentésekből származnak, a adatokat táblázatokban vagy szövegesen adjuk meg, a grafikonokban az értékeket háromszögekkel jelzett pontok vagy szakaszok jelölik.

A fenntartói tapasztalatokból származó értékeket a szövegben mindenhol megadjuk, az ábrákon függőleges szakaszok jelzik a megadott tartományokat.

A háromféle forrásból származó adatokat a nettó érték folyamatos skálája szerint átlagoltuk, úgy, hogy az állapotosztályzat tartományának középértékével számoltunk (1-es osztályzatnál 97, majd rendre 90, 77, 60 és 25). A harmadik forrás tartományokat ad meg: itt a tartomány középértékével számoltunk (1–2. osztályzatnál 87, 2–3. osztályzatnál 92, 3–4. osztályzatnál 72, 4–5. osztályzatnál 35). Ha a becslés bizonytalan, vagy még a két osztályzatnyi tartománynál is szélesebb a becslés, akkor a szélső (a szövegben mindenhol zárójelbe tett) osztályzatok tartományának felét is figyelembe vettük (például 2-es vagy 3-as, ritkán (négy esetben), 95-től 60-ig jelöltük az ábrán).

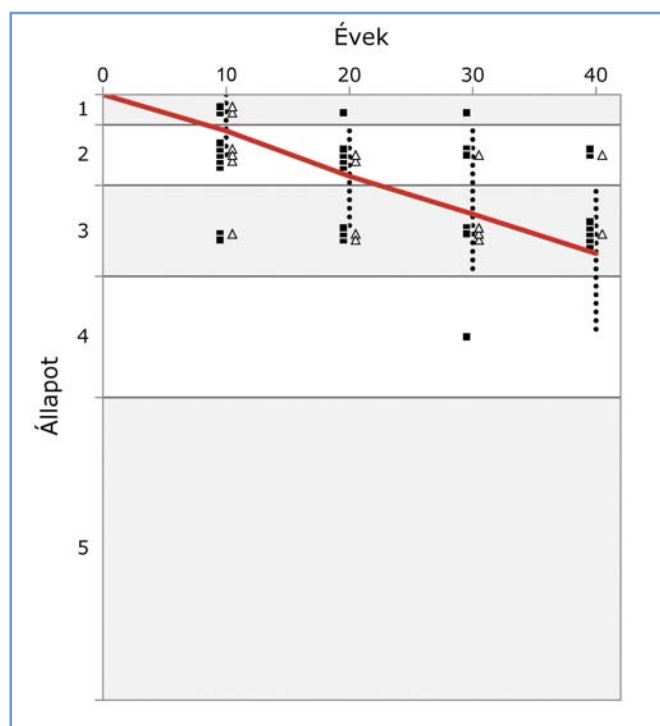
A fenti forrásokból származó értékeket és a szövegesen megadott állapot–érték-változási tendenciákat mindegyik grafikonban egy vastag vonal foglalja össze. A vonal pontjainak magasságát az összes forrásból az előzőekben megadott módon nyert értékek egyszerű átlagaként számoltuk ki.

1. táblázat: Közvetlen szakértői adatok, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek

Állapotosztályzat	Szerkezetek száma életkor szerint			
	10 év	20 év	30 év	40 év
1.	2	1	1	
2.	5	4	2	2
3.	2	3	2	5
4.			1	
5.				

2. táblázat: Közvetett szakértői adatok, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek

Állapotosztályzat	Szerkezetek száma életkor szerint			
	10 év	20 év	30 év	40 év
1.	2			
2.	3	2	1	1
3.	1	2	3	1
4.				
5.				



5. ábra: Vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek leromlási görbéje

3.6. PÉLDA 1.

Vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek (Pontis-jelölés: 123 vasbeton hídfő, 128 vasbeton szárnyfal, 133 vasbeton pillér; vasbeton felszerkezet, lemezes 223, előregyártott bordás 233, gerenda főtartós 238, sűrűbordás feszített 248, kiegészítő sávok 293).

Ezeket a szerkezeteket a Közúti hidak tervezési előírásai IV. (Beton, vasbeton, feszített vasbeton közúti hidak tervezése [14]) előírásainak megfelelően tervezik. Az anyagtervezési hiba szinte ki van zárva. A beton- és acélananyagot üzemi körülmények között, valamilyen hatályos minőségbiztosítási rendszer előírásainak megfelelően, szigorú technológia alapján gyártják, majd veszik át, a gyártási hiba szinte ki van zárva. A bedolgozás, tömörítés ugyancsak technológiailag szabályozott folyamat, kisebb beépítési hibának van némi esélye (pl. lokálisan elégtelen tömörítés, emberi hanyagság, tévedés).

A szerkezeteket a rendeltetésszerű forgalom közvetlenül nem veszi igénybe.

Jellemző hibák: betonfedés megszűnése; a beépítési technológia be nem tartása esetén lokális betonfedési hiányosságok jelentkezhetnek, aminek vasbetét-korrózió lehet a következménye. A

károsodások észrevehetőek érzékszervi vizsgálattal (látható betonhiányosság, kilátszó rozsdásodó vasalás).

Jellemző fenntartási tevékenység: vizsgálatok alapján döntés a lokális javítás kiterjedéséről.

Közvetlen szakértői tapasztalatokból az 1. táblázat szerinti adatokkal rendelkezünk.

Közvetett szakértői tapasztalatokból a 2. táblázat szerinti adatokkal rendelkezünk.

Fenntartói tapasztalatokból a következő adatokkal rendelkezünk:

- 10 év után ⇒ 1-es vagy 2-es osztályzat
- 20 év után ⇒ (1) vagy 2-es, időnként (3) osztályzat
- 30 év után ⇒ 2-es vagy 3-as osztályzat
- 40 év után ⇒ 3-as, ritkán (4) osztályzat

Az adatok alapján a jellemző leromlási görbe az 5. ábra szerinti.

A vasbeton szerkezeti elemek a hidak legtartósabb részei közé tartoznak. Az ábra alapján kijelenthető, hogy a leromlási folyamat az első negyven évben megközelítően lineárisnak tekinthető, tehát ezt a szerkezetet az alig érzékelhető, lassú ütemű leromlás jellemzi.

3.7. PÉLDA 2.

Acélszerkezetek (Pontis-jelölés: ritkabordás acélgerenda főtartós 234, kiegészítő sáv 294)

Az acélszerkezeteket a Közúti hidak tervezési előírásai III. (Közúti acélhidak tervezése [15], előírásainak megfelelően tervezik. Az acélszerkezet gyártási technológiája mellett az anyagtervezési hiba szinte ki van zárva. Az acélszerkezeteket üzemi körülmények között, valamilyen hatályos minőségbiztosítási rendszer előírásainak megfelelően, szigorú technológia alapján gyártják, majd veszik át, a gyártási hiba szinte ki van zárva (5% alumaradási küszöb).

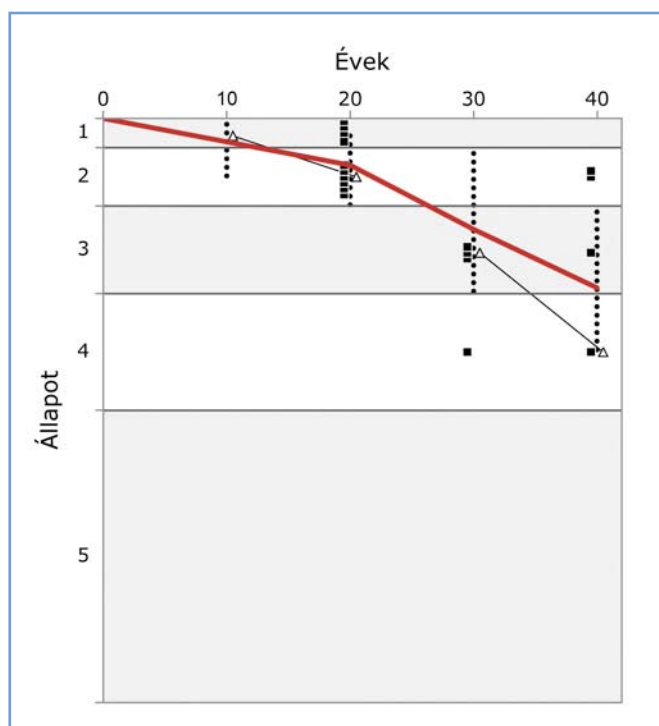
A beépítés (beemelés, helyszíni kapcsolatok) ugyancsak technológiailag szabályozott folyamat, kisebb beépítési hibának van némi esélye (pl. a helyszíni illesztéshez készített furatok pontosítása helyszíni összefűréssel).

A rendeltetésszerű forgalom az acélszerkezeteket közvetlenül nem veszi igénybe. Az acélszerkezetek károsodása érzékszervi vizsgálattal történik (látszik a lefolyási elszíneződés, később a rozsdásodás), végül műszeres mérések (pl. rétegvastagság, ill. tapadás mérése). A fenntartási beavatkozások jellemzően lokális javítások, karbantartó átmázolások, illetve a korrózióvédelmi rendszer teljes felújítása.

Fokozott túlterhelés következtében, például a meghibásodott (vízzáróságát veszített) dilatációs szerkezet vagy rosszul beépített víznyelő esetén a szerkezet fokozottan romolhat.

3. táblázat: Közvetlen szakértői adatok, acélszerkezetek

Állapotosztályzat	Szerkezetek száma életkor szerint			
	10 év	20 év	30 év	40 év
1.		4		
2.		6		2
3.			3	1
4.			1	1
5.				



6. ábra Acélszerkezetek leromlási görbéje

Közvetlen szakértői tapasztalatokból a 3. táblázat szerinti adatokkal rendelkezünk.

Közvetett szakértői forrásból is rendelkezünk néhány adattal: a 40. évben 4-es állapotú szerkezet harmincéves korában 3-as osztályzatot kapott, a húszéves korában 2-es állapotú pedig tízéves korában 1-es állapotú volt.

Fenntartói tapasztalatokból a következő adatokkal rendelkezünk:

- 10 év után ⇒ 1-es vagy (2) osztályzat
- 20 év után ⇒ (1) vagy 2-es osztályzat
- 30 év után ⇒ 2-es vagy 3-as osztályzat
- 40 év után ⇒ 3-as, ritkán (4) osztályzat

Az adatok alapján a jellemző leromlási görbe a 6. ábra szerinti.

Az acélszerkezetek leromlása láthatóan egyre gyorsuló, viselkedése a 2.3. pontban bemutatott általános tendenciát követi.

3.8. PÉLDA 3.

Dilatációs szerkezetek (Pontis-jelölés: 3.3, ill. 340)

A szőnyegszerű, vízzáró műgumi dilatációs szerkezeteket a közúti hidak vízzárás melletti dilatálására fejlesztették ki, adott teherbírás mellett, a tervezési hiba (bár biztos esemény nincs) szinte ki van zárva. A szerkezeteket üzemi körülmények között, valamilyen minőségbiztosítási rendszer előírásainak megfelelően gyártják, majd veszik át, gyártási hiba (bár biztos esemény nincs) szinte ki van zárva (ha véletlenül elő is fordul, a hibás terméket kicserélik).

A beépítés ugyancsak technológiailag szigorúan szabályozott folyamat, kisebb hibák előfordulásának van némi esélye (pl. leerősítés, semleges hőmérsékletre való beállítás, szinteltérés hibái).

A szerkezet közvetlenül kitett a forgalomnak. A forgalom hatására a kezdeti kis hibák felerősödhetnek (laza csavaranya elvesztése). További meghibásodások: a lekotás lazulása a vízzáróság megszűnéséhez vezethet (egyik funkció részleges v. teljes elvesztése); a vízzáróság megszűnése tovább növeli a dilatációs szerkezet károsodását, pl. fagyhatás révén, és ez gyorsítja egyéb szerkezetek leromlását is, pl. az alépitményét.

A károsodás észrevehető, látszik felülről a csavarhiány, alulról az átázás, illetve hallani lehet, hogy út a szerkezet a forgalom hatására. Később műszeres mérések (pl. szintezés) is elvégezhetők.

Jellemző fenntartási munkák: lokális javítások, pl. csavaranya meghúszása vagy pótlása, elemcsere (gumibetétszere), később a teljes szerkezet cseréje.

Közvetlen szakértői tapasztalatokból a 4. táblázat szerinti adatokkal rendelkezünk.

Közvetett szakértői forrásból is rendelkezünk néhány adattal: az egyik 20. évben 4-es állapotú szerkezet tízéves korában 3-as osztályzatot kapott, illetve egy 30 évesen 4-es osztályzatú szerkezet húszéves korában is 3-as osztályzatú volt.

Fenntartói tapasztalatokból a következő adatokkal rendelkezünk:

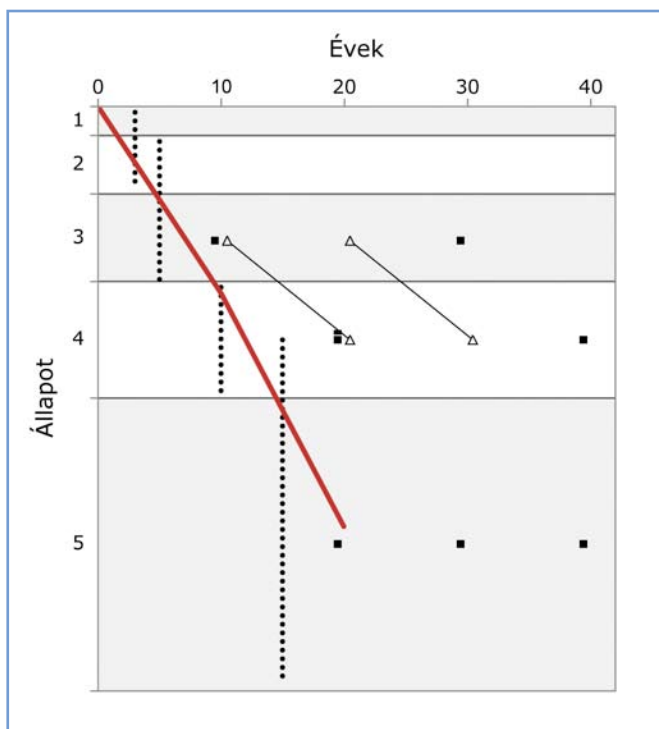
- 3. év: ⇒ 1 vagy 2-es osztályzat
- 5. év: ⇒ 2 vagy 3-as osztályzat
- 10. év: ⇒ 4-es osztályzat
- 15. év után: ⇒ (4), de inkább 5-ös osztályzat

Az adatok alapján a jellemző leromlási görbe a 7. ábra szerinti.

Meg kell itt jegyezni, hogy a korszerű vízzáró szerkezetek élettartama jelentősen alatta marad a régi, vízzárást biztosítani nem tudó dilatációs szerkezetek élettartamának. Ennek ellenére – az egész hídszerkezet szempontjából – a sérülékenyebb vízzáró szerkezetek a gazdaságosabbak. Ábránkon ezért ezeknek a ma általánosan alkalmazott szerkezeteknek a leromlási görbét tüntettük fel piros vonallal.

4. táblázat: Közvetlen szakértői adatok, dilatációs szerkezetek

Állapotosztályzat	Szerkezetek száma életkor szerint			
	10 év	20 év	30 év	40 év
1.				
2.				
3.	1		1	
4.		2		1
5.		1	1	1



7. ábra: Dilatációs szerkezetek leromlási görbéje

A dilatációs szerkezetek a hidak legrövidebb élettartamú elemei. A leromlási görbe gyorsuló elhasználódást mutat.

3.9. PÉLDA 4.

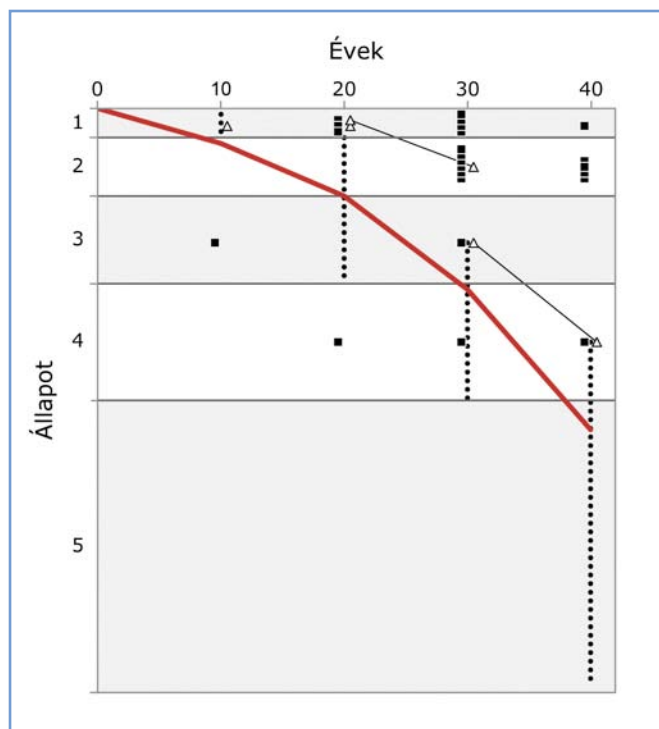
Neoprén saruk (Pontis-jelölés: 1.4., ill. 145)

A neoprén saruszerkezeteket a közúti hidak alátámasztására fejlesztették ki, adott teherbírás mellett a tervezési hiba (bár biztos esemény nincs) szinte ki van zárva.

A saruszerkezeteket üzemi körülmények között, valamilyen minőségbiztosítási rendszer előírásainak megfelelően gyártják, majd veszik át, gyártási hiba (bár biztos esemény nincs) szinte ki van zárva (ha véletlenül elő is fordul, a hibás terméket ki-selejtezik).

A beépítés során (ugyancsak technológiailag le szabályozott folyamat) kisebb hibák előfordulásának van némi esélye (pl. felgyűrődés, ferde beállítás).

A forgalom hatására kezdeti kis hibák felerősödhetnek (felgyűrődés megtörése), de ennek nincs komoly jelentősége, az UV-sugárzástól a szerkezet alatt mindig védett.



8. ábra: Neoprén saruk leromlási görbéje

A károsodás észrevehető, látszik az esetleges meggyűrődés, később műszeres mérésekkel (pl. szintezéssel) lehet ellenőrizni az összenyomódását.

A vizsgálatok alapján lehet dönteni az esetleges elemcseréről, de ez talán még sosem fordult elő.

Közvetlen szakértői tapasztalatokból az 5. táblázat szerinti adatokkal rendelkezünk.

Közvetett szakértői forrásból is rendelkezünk néhány adattal: az egyik 20. évben 1-es állapotú szerkezet tízéves korában is 1-es osztályzatot kapott, egy 30. éves korában 2-es állapotú húszéves korában 1-es állapotú volt, illetve a 40 éves, akkor 4-es osztályzatú szerkezet harmincéves korában 3-as osztályzatú volt.

Fenntartói tapasztalatokból a következő adatokkal rendelkezünk:

- 10. év: ⇒ 1-es osztályzat
- 20. év: ⇒ 2-es vagy 3-as osztályzat
- 30. év: ⇒ (3) vagy 4-es osztályzat
- 40. év után: ⇒ (4), de inkább 5-ös osztályzat

5. táblázat Közvetlen szakértői adatok, neoprén saruk

Állapotosztályzat	Szerkezetek száma életkor szerint			
	10 év	20 év	30 év	40 év
1.		3	4	1
2.			6	4
3.	1		1	
4.		1	1	1
5.				

Az adatok alapján a jellemző leromlási görbe a 8. ábra szerinti.

A saruszerkezetek leromlási görbéje a klasszikus gyorsuló romlást mutatja.

4. ÖSSZEFOGLALÁS, JAVASLATOK

Az elvi kérdések taglalása és a gyakorlati adatokon alapuló példák bemutatása alapján a következő megállapításokat és javaslatokat tehetjük.

A gyakorlati adatok több forrásból szerezhetőek be. A cikk példáinál csak ezek egy részét használtuk fel. A saját adatok szórványosak, néha kissé bizonytalanok is, az esetek kis száma nem tette lehetővé egy általános érvényű statisztikai feldolgozás elvégzését. Példáink azt igazolják, hogy a rendelkezésre álló kevés adatból szerkesztett grafikonok vonalai is viszonylag jól megegyeznek az elméletben általánosan elterjedt görbealakokkal. Feltételezhető, hogy sok híd adatainak felhasználásával megállapítható lenne az egyes életkorokhoz tartozó értékek eloszlása, számolható lenne a várható érték és a szórás. Ha ezek számíthatók, akkor kísérletet tehetnénk a leromlási görbe egyenleteinek meghatározására. Tapasztalataink szerint ebben az segítene legtöbbször, ha ugyanazon szerkezetek egyedi görbéiből (ez példáinkban a közvetett szakértői forrás) lehetne minél nagyobb sorozatot előállítani, erre a hidak törzskönyvei megfelelő adatokat szolgáltatnának. A forgalomszámálási adatokból vélhetően azt is meg lehetne állapítani, hogy az állapotot és a nettó értéket egy adott életkorban milyen mértékben határozza meg az életkor és a terhelés mértéke. Ugyanígy, a karbantartási és egyéb beavatkozások hatása is mérhető lenne.

Az egyre rosszabb osztályzatokhoz egyre nagyobb nettó értékcsökkenések tartoznak. A statisztikai feldolgozást könnyebbé tenné, ha az állapotosztályzatok száma nagyobb lenne. Az osztályozási rendszer megváltoztatása indokolatlan, de az egyedi görbékből következtetni lehetne arra, hogy a nagyobb tartományok (3-as, 4-es és 5-ös osztályzatoknál) alsó vagy felső részére jellemző nettó értéket képviselt-e a szerkezet egy adott életkorban. Ekkor az egyes szerkezetek mellett a teljes híd mint szerkezetek kombinációja leromlási görbéinek megrajzolására is kísérletet tehetnénk.

Mindezen elemzések után bizonyára a mainál sokkal precízebb választ adhatnánk az alapkérdésekre: mennyi egy szerkezeti elem teljes élettartama? Mekkora egy konkrét híd egyes szerkezeti elemeinek a még várható élettartama?

Ha ezekre a kérdésekre megalapozott választ tudunk adni, akkor tudunk hatékony támogatást nyújtani a teljesélettartam-költség számításához.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] Közutak értéke 1981–1986. Közlekedési Minisztérium Közúti Főosztály, Budapest 1987.

[2] Az országos közutak értéke – 2000–2001. Gazdasági és Közlekedési Minisztérium Közúti Főosztály, Bp. 2002.

[3] Gáspár L.: Útgazdálkodás, Akadémiai Kiadó, Budapest, 2003.

[4] Timár A.: Közlekedési létesítmények gazdaságtana, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2002.

[5] Utah Department of Transportation, é. n. <http://www.udot.utah.gov/main/uconowner.gf?n=3178321782551304>

[6] Agrawal, Kawaguchi, Zheng, Lagace, Delisle: Deterioration Rates of Typical Bridge Elements in New York. In: International Bridge and Structure Management. Tenth International Conference on Bridge and Structure Management, October 20–22, 2008, Buffalo, New York

[7] Braco, de Brito: Handbook of Concrete Bridge Management. ASCE Press, American Society of Civil Engineers, 2004.

[8] 1/1999. (I. 14.) KHVM sz. rendelet A közúti hidak nyilvántartásáról és műszaki felügyeletéről

[9] Közúti hidak nyilvántartása és műszaki felügyelete. e-UT 08.00.11 ütügyi műszaki szabályzat (az 1/1999. (I.14.) KHVM sz. rendelet melléklete)

[10] Közúti hidak nyilvántartása és műszaki felügyelete. Kiegészítő adatok és vizsgálati szempontok e-UT 08.01.25 ütügyi műszaki előírás.

[11] Pontis-H hídgyazdálkodási rendszer. Hídvizsgálati útmutató, Közlekedési és Vízügyi Minisztérium, Közúti főosztály, Bp. 2000.

[12] Molnár V.: Az elmúlt 30 év hídvizsgálatainak közvetlen és közvetett tapasztalatai alapján összegyűjtött állapotosztályzati értékek (kézirat)

[13] Cho, Frangopol & Ang (szerk.): Life-Cycle Cost and Performance of Civil Infrastructure Systems. Taylor & Francis Group, London, 2007.

[14] Közúti hidak tervezési előírásai IV. (Beton, vasbeton, feszített vasbeton közúti hidak tervezése) e-UT 07.01.14 ütügyi műszaki előírás

[15] Közúti hidak tervezési előírásai III. (Közúti acélhidak tervezése) e-UT 07.01.13 ütügyi műszaki előírás

SUMMARY

LIFE CYCLE OF BRIDGE ELEMENTS - A PRACTICAL APPROACH

Life-cycle cost analysis has an increasing emphasis in designing bridges. To carry out the analysis is necessary to get to know the process of deterioration, and to define the useful service-life of bridges. The article suggests using practical experience and data gained when inspecting existing bridges. Deterioration curve types are presented and the article shows examples of deterioration of some bridge elements.

A WHITETOPPING MÉRETEZÉSÉRŐL

DR. BOROMISZA TIBOR¹

1. BEVEZETÉS

A whitetopping olyan vékony betonburkolat, amelyet leromlott állapotú, aszfaltburkolatú pályaszerkezetre fektetnek vagy azért, mert az aszfaltburkolat a nehéz forgalmat nem bírja (keréknyomvályú képződik), vagy a burkolat élettartamát kívánják növelni. A burkolat vastagsága a nagyon vékony (UTW: Ultrathin Whitetopping) kategóriában 50–100 mm, egyébként 120–180 mm (TCW: Thin Composite Whitetopping).

Megjegyzendő, hogy megoldás lehet szokványos kompozit pályaszerkezet kialakítása is, amelynek tervezését az ÚT 2-3.211 és az ÚT 2-1.504 útgyi műszaki előírások tartalmazzák.

A technológiát az Egyesült Államokban fejlesztették ki, ahol több mint háromszáz helyen alkalmazták [1]. Az európai országok közül Svédország 25, Franciaország 36, Ausztria 37, Hollandia 38 útszakaszt újított fel [1].

A nyomvályús útszakaszok vékony betonburkolattal való felújításának előtanulmányát és betontechnológiáját a Közlekedéstudományi Intézet Út- és Hídügyi Tagozata készítette, és ezzel lehetőség nyílt hazai kísérleti szakasz építésére [2].

A kísérleti szakasz 2007-ben készült a Magyar Közút Kht. Csongrád Megyei Területi Igazgatóság kezdeményezésére az 5 sz. főút 165+230 km-szelvényében lévő csomópontban, ahol a keréknyomvályúk mélysége a *150 mm-t is meghaladta*. A kísérleti szakasz technológiáját a KTI dolgozta ki, a kivitelező a Hódút Kft. volt. A burkolat vastagsága 120 mm. Az építésről és a tanulságokról a szakirodalom olyan részletesen számolt be [3], hogy annak ismertetése felesleges ismétlés lenne.

Jelen dolgozat célja, hogy ismét ráirányítsa a figyelmet erre a lehetséges technológiára, és mankót adjon a tervezéshez.

2. AZ ALKALMAZÁS FELTÉTELEI

A vékony burkolat a következő esetekben tervezhető:

- A pályaszerkezet teherbírása a forgalmi igényeknek megfelel, illetve a betonburkolat ráépítésével növelhető.
- Az aszfaltrétegek leromlásának oka ismert.
- Az altalaj teherbírása (víztelenítése) megfelelő.
- Az aszfalt kopóréteg szükség szerinti lemarása után a megmaradó aszfaltrétegek vastagsága legalább 100 mm.

A fentieknek megfelelően statikus vagy dinamikus eljárással meg kell mérni a pályaszerkezet teherbírását, a burkolat állapotát (nyomvályúmélységét), magmintavétellel meg kell határozni a nyomvályú kialakulásáért felelős réteg mélységét, vastagságát a lemarás mélységének megtervezése érdekében, továbbá ismerni kell a pályaszerkezet rétegsorát. A dinamikus mérés előnye, hogy az altalaj teherbírása is számítható.

Egyes esetekben, pl. folyópályán az oldalesés megváltozik, ilyen-

kor kiegyenlítőréteget is kell tervezni, ez azonban vastagabb betonburkolatot igényel.

A betonkeverék összetétele a szokványostól eltér: magasabb hajlítoszilárdságra, a mielőbbi forgalomba helyezhetőség miatt (pl. buszmegállóknál) magasabb kezdeti szilárdságra lehet szükség. Előnyös a szálerősített beton. A polipropilén-, poliészter- vagy acélszál-adagolás csökkenti az áteresztő képességet, minimalizálja a repedések szélességét, növeli a kopásállóságot. A vízcement tényező általában alacsonyabb a szokványos pályaburkolat-betonnál, ami szintén az élettartam növelését segíti. Vékony betonréteg beépítése esetén a friss beton utókezelésére és védelmére mind a nyári, mind pedig a téli időjárási viszonyok figyelembevétele mellett nagy hangsúlyt kell fektetni.

A négyzetes tábla hosszúság–szélesség viszonya nem lehet több 1,5-nél, ajánlott az 1,25. A betontábla leghosszabb mérete célszerűen a vastagság 12-szerese. Az egyes táblák méreteit befűrészeléssel alakítják ki, tüskézést ritkán alkalmaznak, a teherátadást a kialakult repedésben a zúzottkővek biztosítják. A hézagvágás a vastagság egyharmadáig terjed, vékony fűrészlapot kell használni, fontos az időben elvégzett vágás.

3. A MÉRETEZÉS TÉNYEZŐI

A betontábla hajlítófeszültségét a következők befolyásolják:

- kerékterhelés,
- teherállás,
- hőmérsékleti feszültségek,
- a hőmérsékleti gradiens által keltett felboltozódási és/vagy felhajlási feszültség,
- hosszirányú feszültség, amely kivetődést eredményezhet.

A kerékterhelés adott, a dinamikus tényezővel megnövelt kerékterhelést 60 MPa értékkel számolhatjuk.

A feszültségek csökkentési lehetőségei:

- Olyan legyen a táblaméret, hogy középső teherállással lehessen számolni. Szélső teherállás esetében a hajlítófeszültség a középső teherállás mintegy 1,8-szorosa.
- Az a kritikus táblahossz, amelynél a *felboltozódási feszültség* már nem jelentős (nem kell számítani), Eisenmann szerint a következő [4]:

$$l_{\text{krit}} = 228 \cdot h \cdot (\alpha \cdot \Delta t \cdot E)^{1/2}$$

$\Delta t = 0,09 \text{ }^\circ\text{C/mm}$, $\alpha = 10^{-5}$ és $E = 30\,000 \text{ N/mm}^2$ esetében:

$$l_{\text{krit}} = 37 h \text{ [mm]} \quad (1)$$

A *kivetődés* excentrikus nyomás esetén állhat elő, pl. ferde hézagnál. A kritikus táblahossz, amelynél a kivetődés előállhat, közelítően a táblavastagság harmincszorosa [4].

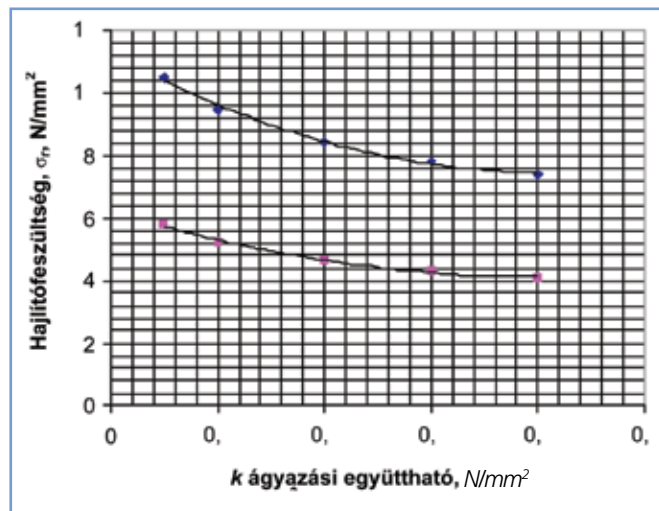
¹ Tanácsadó, Magyar Közút Nonprofit Zrt.; e-mail: boromisza@kozut.hu

A fentiekből az következik, hogy olyan táblaméretet célszerű tervezni, amelynek

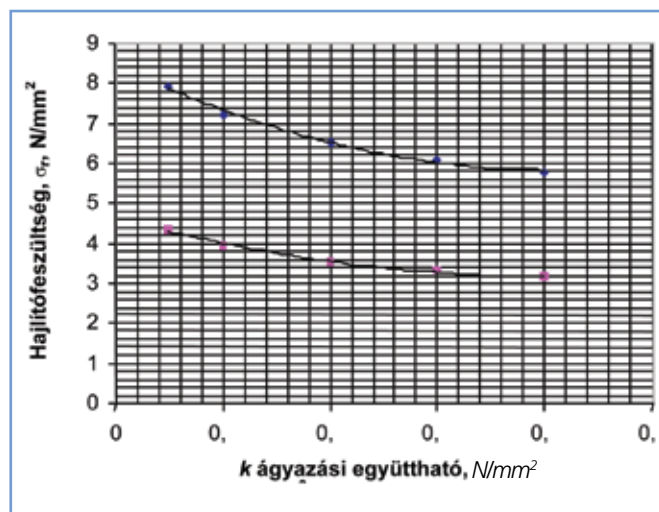
- alakja négyzetes, szélesség-hossz viszonya legfeljebb 1:1,25,
- a táblaméretet befűrészeléssel alakítják ki, így a teherátadás mindkét irányban biztosított (a feszültség eloszlik),
- a táblaméret akkora, hogy középső teherállással lehet számolni. A fenti Eisenmann-féle összefüggés helyett az amerikai tapasztalatok alapján a tábla leghosszabb mérete ne legyen több a vastagság 12...15-szörösénél.

A legveszélyesebb teherállás a sarokterhelés. Folyópálya esetén a táblákat úgy kell kiosztani, hogy a keréknyomsáv ne essék tábla-sarokra. Más esetben (pl. keresztveződésben) biztonságból a szélső teherállásra célszerű méretezni.

A hajlítófeszültség tovább csökkenthető, ha a betonábla együtt dolgozik a felmarrt aszfaltréteggel. Például, ha a betonburkolat vastagsága 140 mm, az aszfaltréteg vastagsága 100 mm,



1. ábra: $h = 100$ mm betonburkolat-vastagság esetén a hajlítófeszültség értéke, (σ_r , N/mm^2) szélső (felső görbe) és középső (alsó görbe) teherállásnál, ha nincs együttdolgozás az alapréteggel ($Q = 60\,000$ N)



2. ábra: $h^* = 120$ mm egyenértékű betonburkolat-vastagság esetén a hajlítófeszültség értéke, (σ_r , N/mm^2) szélső (felső görbe) és középső (alsó görbe) teherállásnál, együttdolgozás figyelembe vételével ($Q = 60\,000$ N)

($E_{aszf} = 5000$ N/mm^2), akkor a hajlítófeszültség kötés nélkül, középső teherállásnál és $Q = 50$ MPa kerékterheléssel $2,5$ N/mm^2 , kötéssel $1,0$ N/mm^2 [4].

Az 1. ábra a középső, a 2. ábra a szélső teherállás esetében mutatja a hajlítófeszültséget az ismert módosított Westergaard-féle egyenletekkel számítva, együttdolgozás nélkül és együttdolgozással. Szélső teherállásnál 100 mm burkolatvastagság $\sigma_r = 10$ N/mm^2 , középső teherállás $\sigma_r = 6,0$ N/mm^2 feszültséget kelt.

Az élettartamot a fáradás csökkenti. A Darter-féle összefüggés szerint [5] a megengedhető terhelés-ismétlési szám:

$$\log N = 16,61 - 17,61 \cdot \sigma_r / \sigma_{szil} \tag{2}$$

ahol σ_r a hajlítófeszültség, σ_{szil} a hajlítószilárdság.

Esetünkben arra van szükség, hogy mekkora hajlítószilárdságot kell a betonnak teljesítenie a megkívánt élettartam (N) alatt. A (2) képlet szerint:

$$\sigma_{szil} = (17,61 \cdot \sigma_r) / (16,61 - \lg N) \tag{3}$$

A marás következtében a pályaszerkezet felületi modulusa csökken. A lemarrt szerkezet felületi modulusát vagy Odemark szerint, vagy a készülő új méretezési utasítás által ajánlott képlettel lehet számítani a dinamikus mérés eredményei alapján:

$$E_{0csökk} = 44\,541/d_{300i} + (178\,164/d_{0i} - 44\,541/d_{300i}) \cdot (300 - v_{csökk})/300 \quad [N/mm^2],$$

ahol:

- d_{0i} – az adott ponton mért behajlás (microméter),
- d_{300i} – az adott pontban a terheléstől 300 mm-rere mért behajlás (microméter),
- $v_{csökk}$ – az eltávolítandó rétegvastagság (mm).

(A korrekciót legfeljebb 200 mm csökkentő vastagságig lehet használni).

A felületi modulusból a betonburkolat méretezéséhez felvett ágyazási együtthatót átszámítások után [6] a következő közelítő képletből számíthatjuk:

$$k \approx 0,002 E^{0,86} \quad [N/mm^3] \tag{4}$$

Együttdolgozás esetén a hajlítófeszültséget az egyenértékű betonburkolat-vastagsággal kell számítani:

$$h^* = h_{beton} + 0,9 \cdot h_{alap} (E_{alap} / E_{beton})^{1/3} \tag{5}$$

4. SZÁMPÉLDA

Legyen a dinamikus mérés eredményeként a felszíni modulus értéke: $E_{felsz} = 415,8$ N/mm^2 , a pályaszerkezet modulusa $E_{psz} = 3000$ N/mm^2 , a talaj modulusa pedig $E_{talaj} = 40$ N/mm^2 .

Eltávolítva 80 mm aszfaltvastagságot, a maradó felszíni modulus legyen 380 N/mm^2 . Az ágyazási együttható értéke a (4) képlettel számítva: $k = 0,33$ N/mm^3 .

A tervezett burkolatvastagság legyen 100 mm, a táblaméret pedig 1750×1750 mm (a szegedi kísérleti szakasz táblamérete). Az 1. és a 2. ábrák mutatják a hajlítófeszültség lehetséges értékeit $\sigma_r = 3,26$ és $\sigma_r = 7,69$ N/mm^2 között.

A fáradást is figyelembe véve (3) $N = 10^6$ ismétlési számnál a legkedvezőtlenebb (nincs együttdolgozás, szélső teherállás) $\sigma_r = 7,69 \text{ N/mm}^2$ hajlítófeszültségnél a szükséges szilárdság $\sigma_{sz} = 12,76 \text{ N/mm}^2$, míg $\sigma_r = 3,26 \text{ N/mm}^2$ -nél (van együttdolgozás, középső teherállás) $\sigma_{sz} = 5,41 \text{ N/mm}^2$. A hazai útügyi műszaki előírásunk szerinti CP 4,5/3,5 szilárdsági osztályú beton hajlító-húzószilárdságának tervezési értéke $6,5 \text{ N/mm}^2$, tehát $6,5/5,4 = 1,2$ biztonsági tényezővel az adott példában megfelel.

5. JAVASLAT

A tervezés ajánlott lépései:

- A pályaszerkezet feltárása, mérések, a marás mélységének meghatározása. Legalább 100 mm vastag aszfaltrétegnek meg kell maradnia.
- A megmaradó pályaszerkezet egyenértékű modulusának (E_{felsz}) számítása (vagy mérése)
- A táblavastagság megválasztása.
- A táblaméret megválasztása. Négyzet alakú táblák legyenek, $l \leq 12 \dots 15 \times h$ mérettel. (l a tábla hosszúsága, h a tábla vastagsága).
- Gazdaságossági számítás az optimális táblaméret megválasztására.
- Az ágyazási együtttható számítása a (4) képletből. Annak eldöntése, hogy tervezhető-e együttdolgozás vagy sem.
- A σ_r hajlítófeszültség számítása a Westergaard-képletekből. Előzetes tájékozódás nyerhető az 1. és 2. ábrákból.
- A szükséges σ_{sz} betonszilárdság számítása a (3) képletből a tervezett élettartam (N) alapján.
- A betonkeverék laboratóriumi összeállítása.

IRODALOM

- [1] Transportation Research Board: Thin and Ultra-Thin Whitetopping – NCHRP Synthesis 338. Washington D.C. 2004.
- [2] Nagy húzó-hajlító szilárdságú betonkeverékek kifejlesztése vékony betonburkolatok kivitelezéséhez. A KTI Kht. 245-001-1-4 sz. témájának zárójelentése. Témafelelős: dr. Karsainé Lukács Katalin. Budapest, 2001.
- [3] Karsainé Lukács K., Bors T.: Betonburkolatú kísérleti útszakaszok építése és állapotmegfigyelése. 3/1. rész: Útburkolat felújítása vékony betonréteggel. Beton, 2008. február. 3/2 rész: Beton, 2008. március
- [4] Eisenmann: Betonfahrbahnen. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn. Berlin, München, Düsseldorf. 1979.
- [5] Balbo, J. T., Rodolfo, M. P.: Concrete Requirements for Ultra-Thin Concrete Overlays (Whitetopping) for Flexible Pavements. 8th International Symposium on Concrete Roads. Lisbon. 1998.
- [6] Boromisza T.: Betonburkolatok hazai méretezési előírása. Közúti és Mélyépítési Szemle, 1999. 11. sz. p. 440.
- [7] ÚT 2-3.211 Betonburkolatú és kompozitburkolatú útpályaszerkezetek méretezése
- [8] ÚT 2-1.504 Kompozitburkolatú (merek) útpályaszerkezetek. Építési előírások, követelmények

SUMMARY

ABOUT THE WHITETOPPING'S DESIGN

Whitetopping is the covering of an existing asphalt pavement with a thin layer of portland cement concrete. Whitetopping is divided into types depending on the thickness of the concrete layer and whether the layer is bonded to the asphalt substrate. Whitetopping is suitable for asphalt pavement with little deterioration, although repairs can be made to the asphalt if necessary. The article proposes a structural design method, computing the pavement thickness.

A TÚLSÚLYOS ÉS TÚLMÉRETES JÁRMŰVEK ELLENŐRZÉSÉT CÉLZÓ MEGOLDÁSOK FELTÁRÁSA

EXPLORING VEHICLE SIZE AND WEIGHT SOLUTIONS

JODI CARSON, TOM KEARNEY

PUBLIC ROADS, VOL. 72, NO. 6, MAY/JUNE 2009, [HTTP://WWW.TFHRC.GOV/PUBRDS/09MAY/0*.HTM](http://www.tfhrc.gov/pubrds/09may/0*.htm)

Az USA szakértői csoportot küldött a túlsúlyos és túlméretes járművek európai ellenőrzési gyakorlata és az alkalmazható új technológiák megismerésére. A szakértői csoport Hollandia, Svájc, Németország, Szlovénia, Franciaország, Belgium ez irányú tapasztalatait dolgozta fel. Az ellenőrzésekhez jól felhasználhatók a harmadik generációs dinamikus tengelyterhelés-mérő (WIM) eszközök, amelyek már jogilag megfelelő bizonyítékot adnak a szabálysértésről. A WIM-mérések eredményei alkalmasak pályaszerkezet-méretezésre, hídtervezésre, emellett az ellenőrzési rendszer teljesítményének értékelésére is. A nehéz járművek ellenőrzése költséges, ezért indokolt lenne a magántőke bevonása. A működési különbözőségek elkerülése érdekében célszerű a nemzetközi harmonizálás, melyre az EU-ban már történtek

lépések. Vizsgálták és értékelték a szlovén hidakra telepített WIM-eszközöket, a svájci nehézjármű-ellenőrző rendszer elemeit, több ország automatizált előszűrővel ellátott ellenőrzési rendszerét, a WIM-adatok hatékony felhasználását, a nehéz járművekre vonatkozó biztonsági előírásokat, valamint a viselkedés alapú ellenőrzést. Ez utóbbi a jelentős szabálysértési múlttal rendelkező vállalkozók telephelyi ellenőrzését és minősítését foglalja magába. A szakértői csoport javaslatokat tett az infrastruktúra-vagyon megóvása, az ellenőrzések hatékonysága és hatásossága, a nehéz gépjárművek szállítási teljesítménye, a károsanyag-kibocsátás, a közúti biztonság, továbbá az adatminőség témakörében.

G. A.

ASZFALTRÉTEGEK ÉS VASTAGSÁGUK SZEMPONTOK A TERVEZÉSHEZ

KAROLINY MÁRTON¹ – KOSIK ATTILA²

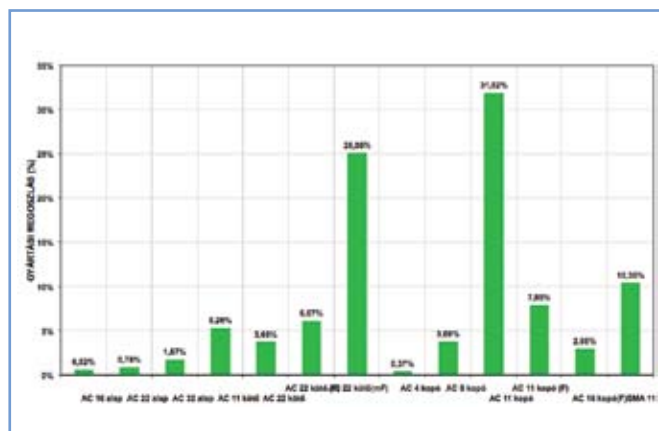
1. BEVEZETÉS, ELŐZMÉNYEK

Az év eleje óta hatályos a CEN-normákhoz kapcsolódó – immár módosított – az útpályaszerkezetekben felhasználható aszfalttípusokra vonatkozó ütügyi műszaki előírás [1]. Ez a szabályozás összesen 26 különböző típusú hengereltaszfalt keveréket ismer, a tervezőnek (megrendelőnek) ezek közül lehet választani. A szerzők – különböző közös feladatok végrehajtása során – arra a következtetésre jutottak, hogy a jelenlegi hazai gyakorlat nem készült fel teljesen az árnyalt, funkcionálisan megfelelő és gazdaságilag is kielégítő rétegmegválasztásra, ezért úgy döntöttek, hogy tapasztalataik alapján – akár szakmai vitára való felhívásként – nézeteiket közlésezzik.

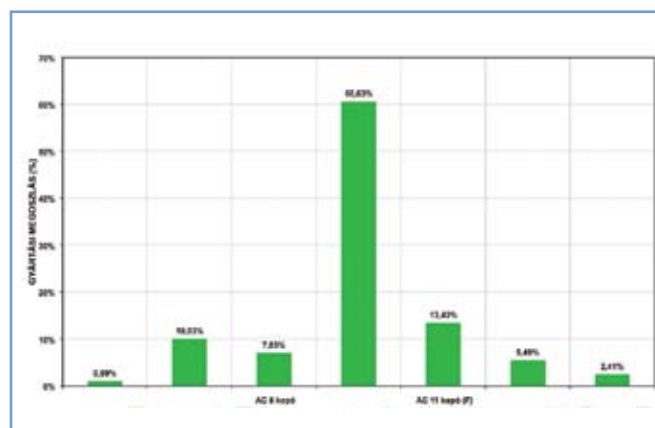
2. GYÁRTÁSI ADATOK ELEMZÉSE

Az 1. ábrán egy nagy aszfaltgyártó keveréktípusainak megoszlását látjuk. Az ország egész területét lefedő hálózat összesen 12-fajta keveréket gyártott, ebből egyet konvencionális és modifikált kötőanyaggal, azaz a paletta mintegy 40%-a lett használva. Feltűnő, bár már hosszú ideje megfigyelhető, hogy a „legnépszerűbb” keverék az AC 11 kopó. Az is feltűnő, hogy milyen kevés keverékfajtánál használnak modifikált kötőanyagot. Ha a statisztikát megtisztítjuk egy nagy projekt egyedi számaiktól, és csak a kopóréteggént használható gyártást vizsgáljuk, a 2. ábrán látható eredményeket kapjuk.

Szabályozásunk 15-fajta, kopóréteggént használható keveréktípust ismer, ennek kevesebb, mint a fele jelenik meg a gyártásban. Az AC 11 kopó dominanciája még nagyobb mértékű, különösen, ha az „F”-es változatot is figyelembe vesszük. Meglepő, hogy teljesen hiányoznak a vékony aszfaltbeton típusok (BBTM), valamint az SMA 8 (F). Ezt a gyártási szerkezetet a szerzők teljesen egyoldalúnak tartják, és igazolva látják a bevezetőben megfogalmazottakat a hazai gyakorlat felkészületlenségével kapcsolatban.



1. ábra: Egy év gyártásának megoszlása keveréktípusonként



2. ábra: Egy év gyártásának megoszlása kopóréteggel keveréktípusonként

3. A SZABÁLYOZÁS IRÁNYMUTATÁSAI

Az [1] alatti előírás a választáshoz meglepően sok fogódzót ad, ugyanakkor ezek felismeréséhez és megfelelő alkalmazásához a szabályozás részletes ismerete is szükséges. Az aszfaltkeverékek kategorizálva vannak az igénybevétel (normál illetve fokozott), továbbá rétegtípus (alap, kötő és kopóréteg) szerint. A szabályozás további választási szempontokat ad még: pl. kötőanyag-fokozat, beépítési vastagság, egyes felhasználási területek kívánatos vagy kevésbé kívánatos volta alapján. Nagyon lényegesnek tartják a szerzők, hogy egyes esetekben a szabályozás határozott megrendelői állásfoglaláshoz köti a keveréktípus alkalmazását (ez inkább figyelmeztető arra, hogy alacsonyabb kategóriákban ne használjanak szükségtelenül ilyeneket). Az egyes keverékeknek a szabályozó által szükségesnek tartott funkcióhordozó képességeihez részletes előírások tartoznak az alapanyagok elvárt minőségi jellegű előírásaiban. Itt kell megemlíteni a kötőanyagok lehetséges fokozatait (amelyek lényegében megduplázzák a lehetséges keverékszámot), hiszen pl. egy 50/70 illetve 70/100 fokozatú kötőanyag használatával ugyanaz a keverék bizony jelentősen különböző képességeket tud megvalósítani, mint azt a későbbiekben majd látni fogjuk.

Az adalékanyagok közetfizikai és tisztasági osztályainak szabályozása megadja az objektív szempontok alapján történő választási lehetőséget, ezáltal fel lehet hagyni a „legyen az alapanyag eruptív kőzet” jellegű előírásokkal. Mindebből persze az is látható, hogy a választás optimalizálásához nem kevés technológiai jellegű tudásra és tapasztalatra van szükség, ami az elmúlt években, szinte észrevétlenül egy specialistákból álló csoport – a keverékeket tervezők és vizsgálók – szinte kizárólagos tulajdonává vált. Miután ezek a személyek és szervezetek általában a döntési (választási) folyamaton kívül állnak, viszonylag csekély a hatásuk a megbízói és a tervezői feladatokat ellátókéhoz képest a konkrét

¹ Vezető tanácsadó, H-TPA Kft.; e-mail: marton.karoliny@tpaqi.com

² Úgyvezető, Eulab Kft. e-mail: akosik@t-online.hu

választásra, ezért a tényleges döntések gyakran távol állnak a lehetséges optimumoktól.

4. IGÉNYEK A PÁLYASZERKEZETEKEL SZEMBEN ÉS EZEK TELJESÍTÉSE

Az útpályaszerkezetekkel szemben különböző igényeket (követelményeket) lehet támasztani. Csak példaképpen néhány ilyen igényt (követelményt) felsorolunk:

- kellő alakváltozásokkal szembeni ellenállás, ismételt terhelések esetében („szilárdság”),
- kellő ellenálló képesség a fizikai-kémiai hatásokkal szemben,
- építhetőség (azaz az egyes rétegek tegyék lehetővé a következő réteg megfelelő építhetőségét),
- közlekedésbiztonsági követelmények (érdesség, fényvisszaverő képesség stb.),
- üzemeltetési-fenntartási követelmények,
- ökológiai követelmények (káros kibocsátások, pl. zaj mérséklése, újrahasznosíthatóság).

Vegyük észre, hogy ezek az igények (követelmények) időben és térben változnak, bővíthetnek és átalakulhatnak. Csak példaképpen említjük az újrahasznosíthatóság igényét, ami néhány tíz évvel ezelőtt még szinte fel sem merült, mára viszont nagyon jelentőssé vált. Ezen igények megfelelő színvonalú teljesítése a termék (pályaszerkezet) elemeinek (aszfaltrétegek) megfelelő szemléletű megválasztásával (megtervezésével) lehetséges. Miles [2], az értékelemzés megalkotója ezt a szemléletet a következőképpen fogalmazta meg:

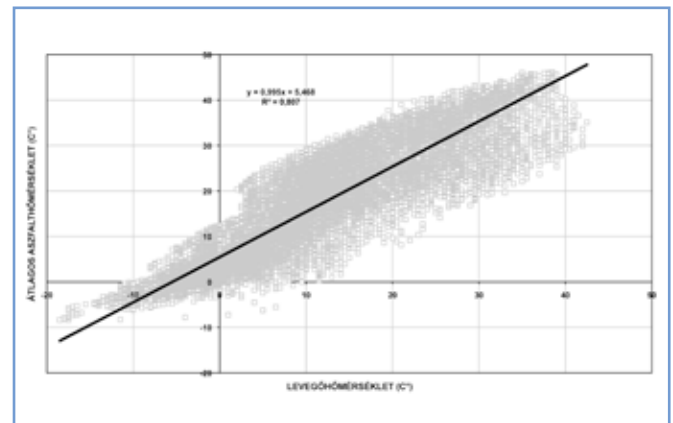
- Ebben a gondolkodási sémában a termék egyes elemei a fogyasztó szempontjából funkcióhordozók, a gyártó (vagy működtető) szempontjából pedig költség-hordozók.
- Az igénykielégítő képességet a funkcióhordozók adott kombinációja képviseli.
- Ezt a kombinációt funkciószínvonalnak nevezzük.
- Az előállítás és/vagy működtetés ráfordításait a költség-hordozók adott kombinációja képviseli.
- Ezeket az elemeket funkcióköltségeknek nevezzük.

Természetesen nem állítjuk, hogy minden egyes pályaszerkezet tervezésénél egy komplett értékelemző projektet kell lebonyolítani, de a fenti megközelítéssel a hatékonyságot (funkcióhatékonyságot), ami a funkciószínvonal és a funkcióköltség hányadosa, egyszerű megfontolásokkal is tudjuk növelni. Így pl. egyszerűen belátható, hogy az általában viszonylag magas fajlagos költségű kopórétegeket, amelyek főleg közlekedésbiztonsági (egyenleteség, érdesség stb.) funkcióhordozók, célszerű minél kisebb vas-

tagságban tervezni, mert a pályaszerkezettel szemben támasztott szilárdsági (pl. merevség) igények kielégítésében jellemzően elmaradnak a szerkezeti (kötő és alap) rétegektől (amelyeknek fajlagos költsége viszonylag alacsonyabb), azaz így tervezve és megválasztva a rétegeket a funkcióhatékonyságot növeljük. Ugyanezen példán továbbhaladva az is könnyen belátható, hogy egy későbbi felújítási ciklusban, amikor még csak a felületi tulajdonságok miatt kell beavatkozni, a vékony kopóréteg felújítása (cseréje, vagy reciklálása) tovább javítja ezt a hatékonyságot. Természetesen, a vékony réteg építésének vannak kockázatai (pl. a megfelelő együttműködés kialakítása a fogadóréteggel), amelyekre tekintettel kell lenni és építéstechnológiai intézkedésekkel kell a megfelelő tapadást biztosítani.

5. ASZFALTRÉTEGEK VISELKEDÉSE A HŐMÉRSÉKLET FÜGGVÉNYÉBEN

Aszfaltkeverékeink egyik nagyon fontos tulajdonsága, hogy merevségük meglehetősen nagy mértékben függ a hőmérséklettől. E tárgyban a Szemle hasábjain a közelmúltban több nagyon tartalmas cikk is megjelent [3], [4], ezért részletekre itt és most nem térnénk ki, de egy jellemző ábrán ezt a viselkedést bemutatjuk (3. ábra). Az ábrán jól látható, hogy a lefutás egy eléggé jellegzetes, „S” alakú görbe szerint történik, az alak azonban nagymértékben függ a kötőanyag típusától. Az is jól látható, hogy a kötőanyag-módosítás révén a „természetes” tulajdonságok meghaladhatók.

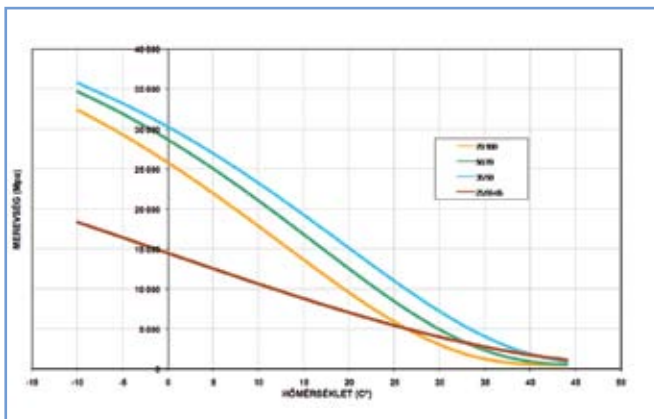


4. ábra: Átlagos aszfalthőmérséklet a léghőmérséklet függvényében

Nemzetközileg kialakult konvenció alapján – a hőmérsékletfüggés okán – az aszfaltszerkezetekkel szemben három, a hőmérséklet tartományának megfelelő követelményt támasztunk:

- Legyen kellően ellenálló a forgalom fárasztó hatásával szemben *közepes hőmérsékleten*.
- Legyen kellően ellenálló a forgalom hatására kialakuló plasztikus deformációkkal szemben *magas hőmérsékleten*.
- Legyen kellően ellenálló az *alacsony hőmérsékleti* tartományban keletkező húzó igénybevételekkel szemben.

Célszerű mindenekelőtt tisztázni, hogy mit értünk „közepes”, „alacsony” és „magas” hőmérsékleten. Ehhez először vizsgáljuk meg, hogy a hazai meteorológiai viszonyok mellett milyen hőmérsékletek alakulnak ki az aszfaltszerkezetekben. Egy kiterjedt hőmérsékletmérés eredményét látjuk a 4. ábrán, a mérés több teljes (egész éves) meteorológiai ciklust foglalt magába, ennek alapján az átlagos aszfalthőmérsékletek a következőképpen alakultak. A léghőmérséklettel való kapcsolat szorossága ne téveszsen meg minket, a kapcsolat csupán autokorreláció, az aszfalt hőmérsékletét nem a levegő-hőmérséklet befolyásolja. Az aszfalt



3. ábra: Aszfaltkeverékek merevségének hőmérsékletfüggése

felmelegedése a sugárzó energia felvételével történik [5], ami két következtetésre ad lehetőséget:

- A klímaváltozás („globális felmelegedés”) nem fogja magasabbra növelni az aszfalthőmérsékleteket mert a sugárzó energiámnység nem nő.
- A felület albedojának befolyásolásával (pl. világos adalékanyagok alkalmazása) jelentős hőmérséklet-csökkenés érhető el.

Visszatérve a korábbi kérdésre, az „alacsony”, „közepes” és „magas” hőmérsékleti tartományok láthatólag függnek a keverék típusától, de gyakorlati megfontolások alapján a 0 °C és a 40 °C határokkal elég reprezentatív módon oszthatók fel. Ezt a felosztást mutatja az 5. ábra. Megvizsgálva a tartományokat, érdekes következtetés vonható le: az adott mérés eredménye alapján az „alacsony” illetve „magas” hőmérsékleti tartomány meglepően ritkán fordul elő időben (egyenként kb. 10–10%-ban), domináns a „közepes” hőmérséklet. Ez azt jelenti, hogy a forgalomból adódó terhelések döntő része is ebben a hőmérséklet-tartományban jelentkezik, a másik két tartományra arányosan kevesebb jut.

Könnyelműség volna ebből arra az eredményre jutni, hogy ezek a tartományok a viszonylag ritka előfordulás miatt „nem veszélyesek”. Az országos közutak állapotadataiból szerkeszthető idősor ezt cáfolja. A felületépség joggal hozható kapcsolatba a hidegviselkedéssel, a keréknyom pedig természetesen a magas hőmérséklettel, és a 6. ábra tanúsága szerint ezek a paraméterek folyamatos romlást mutatnak, ami arra utal, hogy ezeknek a tartományoknak az igénybevételeivel szemben a meglévő asz-

faltszerkezetek ellenállása (azaz fenti követelmények teljesülése) legalábbis kétséges.

A továbbiakban vizsgáljuk meg az aszfaltszerkezetek igénybevételeit a különböző hőmérséklet-tartományokban!

6. IGÉNYBEVÉTELEK A KÜLÖNBÖZŐ HŐMÉRSÉKLET-TARTOMÁNYOKBAN

A pályaszerkezetek teherhordó szerkezetek, amelyeknek az igénybevételeit ma már jól tudjuk számítani, pl. [6], [7] szerint. Különösen érdekes a [6] alatti cikk, mert olyan adatokat közöl, ahol a számított igénybevételeket konkrét mérési eredményekkel hasonlították össze, és az egyezés nagyon jónak mutatkozott. Csak megjegyezzük, hogy az analitikus pályaszerkezet-méretezéssel szemben hazánkban érzékelhető egy, véleményünk szerint tudáshiányból eredő ellenérvés, amit főleg a tervezők esetében tartunk különösnek és helytelennek.

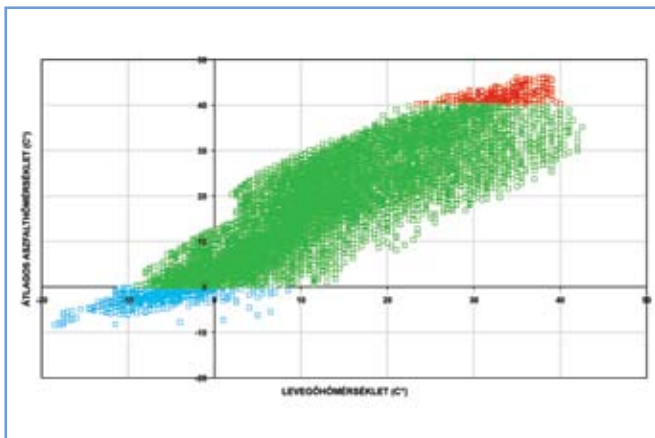
ALACSONY HŐMÉRSÉKLET-TARTOMÁNY

Az alacsony hőmérséklet-tartományban az aszfaltszerkezetek igénybevételei két részből állnak, a termikusan indukált feszültségekből, illetve az erre ráhalmozódó, a forgalmi terhelésekből keletkező feszültségekből. Az ezeket befolyásoló tényezőket a [8] illetve [9] alatti szakirodalmakból megismerheti az érdeklődő, a termikusan indukált feszültségek alakulását [10] alapján a 7. ábrán mutatjuk be. A diagram bal oldalán a kriogén feszültségek, a jobb oldalán a hőmérséklet van skálázva. A szimuláció, ami egy reológiai modell alapján történt, különböző kötőanyag-fokokozatokkal készült aszfaltreteget mutat be, a felszínen és 30 mm mélységben. Jól látható, hogy a három kötőanyag viselkedése között jelentős különbség van, a magas viszkozitás magas húzófeszültségeket és lassú relaxációt mutat, az alacsonyabb viszkozitásértékek egyre jobb (azaz kisebb indukált feszültség és gyorsabb relaxáció) viselkedést mutatnak. A magas feszültség és a lassú relaxáció megnöveli annak a kockázatát, hogy a forgalmi terheléssel történő szuperonálódás miatt repedés képződik. Az is jól látható, hogy a felszín alatt már viszonylag kis mélységben is lényegesen kisebb a kriogén feszültség.

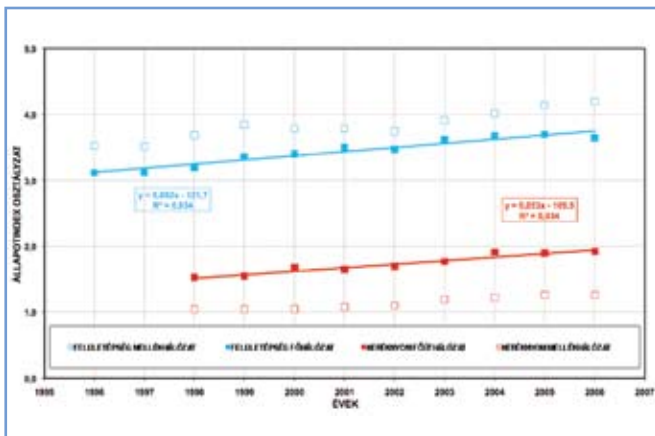
Összefoglalva, az alacsony hőmérséklet-tartomány a hazai éghajlati körülmények között a felszínhez közeli tartományokban és a kötőanyag tulajdonságától függően jelent érdemi kockázatot.

KÖZEPES HŐMÉRSÉKLET-TARTOMÁNY

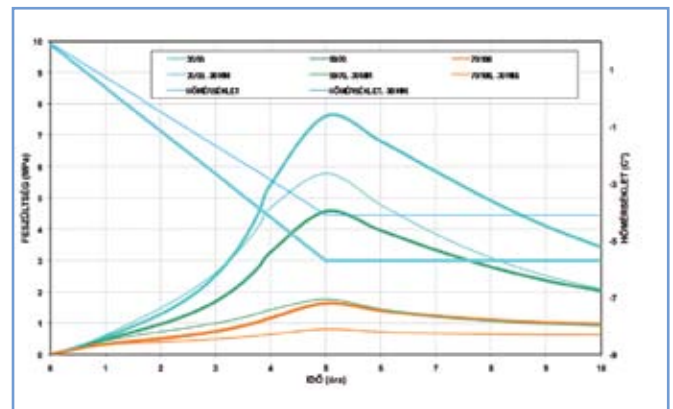
A közepes hőmérséklet-tartományban az általánosan elfogadott konvenció szerint a szerkezetben keletkező fajlagos megnyúlá-



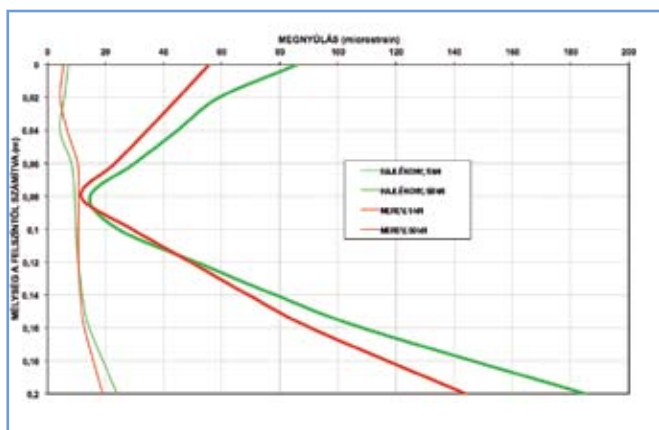
5. ábra: Használati hőmérséklet-tartományok



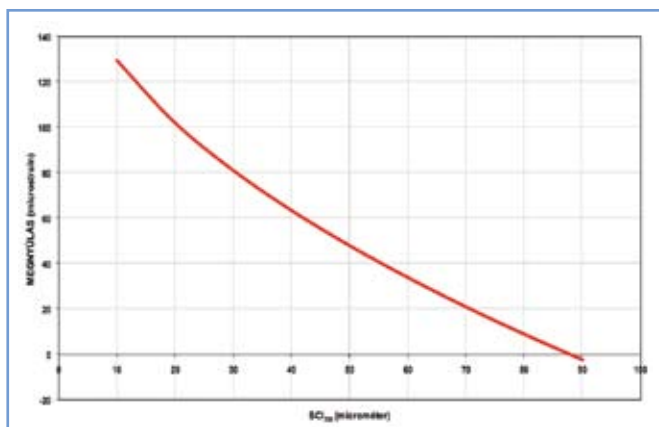
6. ábra: Állapotindexek idősora: felületépség és keréknyommélység alakulása



7. ábra: Kriogénfeszültségek alakulása különböző kötőanyag-fokokozatok esetén a burkolat felszínén és 30 mm mélységben



8. ábra: Maximális megnyúlások a pályaszerkezet különböző mélységeiben



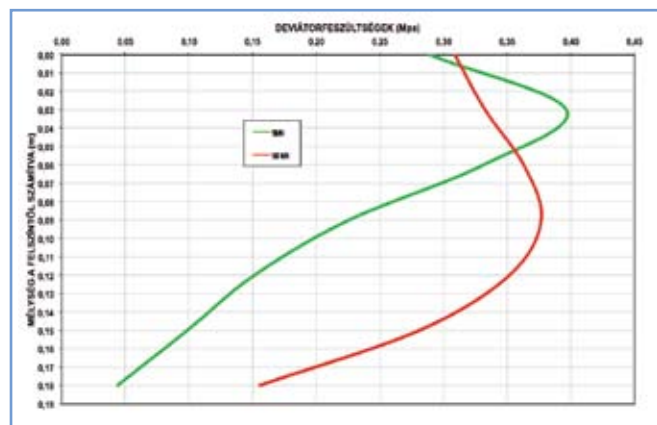
9. ábra: Megnyúlások az aszfaltreteg felszínén Van Gorp regressziója alapján

sokat tekintjük igénybevételnek. A többrétegű rendszerek szimmetrikus (kör alakú) terheléséből számos szoftver segítségével tudjuk ezeket számítani. Különböző terhelőerők és különböző merevségű pályaszerkezetek esetén egy példaszámításból ábrázoljuk a maximális megnyúlásértékeket a 8. ábrán. A számítás nemcsak a terhelés tengelyében, hanem attól különböző távolságokra is elvégeztük, hiszen a terhelés mozog az aszfalt felszínén és mind a három főirány megnyúlásait számoltuk. Jól látható, hogy a megnyúlásoknak a felszín alatt egy viszonylag jól körülhatárolható tartományban minimumértéke van, ettől mind a felszín, mind az aszfaltreteg alsó szála irányában nagyobbak tapasztalhatók. A valóságos terhelések általában eltérnek a kör-tárcsa terhelőfelülettől, ez elsősorban az aszfaltreteg felszínén okoz megnyúlásokat.

Van Gorp [11] egy szimulációs számítássorozat alapján a központi és a 300 mm távolságban keletkező behajlás különbsége, az SCI_{300} függvényében adott egy regressziós képletet ezen megnyúlások számítására, ennek felhasználásával készült a 9. ábra. Jól látható, hogy a jelentős megnyúlások az alacsony SCI_{300} -értékek tartományában találhatók, ami azt jelenti, hogy minél merevebb egy pályaszerkezet, annál nagyobb a felszínén a megnyúlás. Gondoljunk itt arra is, hogy a pályaszerkezet merevsége nem csak a hidraulikus alaprétegek esetén nagy, hanem ezt az NM (nagy modulusú) aszfaltok alkalmazása is növeli, valamint alacsony hőmérsékleten (lásd 3. ábra) egy jelentősebb aszfaltvastagságú pályaszerkezet merevsége is jelentős lehet, következésképpen számíthatunk magas megnyúlásértékekre.

MAGAS HŐMÉRSÉKLET-TARTOMÁNY

A magas hőmérséklet-tartományban az igénybevételeket jelentős részben az ún. deviátorfeszültségek jelentik [12]. A 10. ábrán bemutatjuk ezek alakulását két különböző kerékteljesítés hatására, a számításoknál a magas hőmérsékleti tartományban érvényes aszfaltmerevségeket használtuk. Meglepőnek tűnik, de az ábra tanúsága szerint a deviátorfeszültségek esetére a jól ismert „5. hatvány” szabály nyilvánvalóan nem érvényes. Vegyük észre azt is, hogy a két különböző terhelésből eredő igénybevételek maximuma különböző mélységben található.



10. ábra: Deviátorfeszültségek az aszfaltreteg különböző mélységeiben

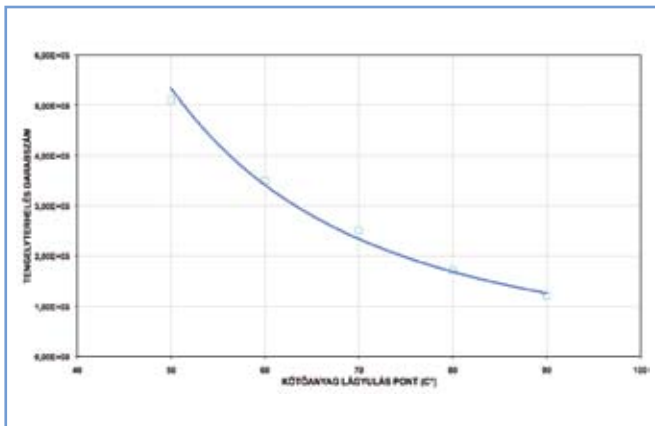
7. AZ ASZFALT IGÉNYBEVÉTELEKKEL SZEMBENI ELLENÁLLÓKÉPESSÉGE

Mindenekelőtt azzal kell tisztában lenni, hogy az aszfaltretek tönkremenetele a lehetséges igénybevételek döntő részében fáradási jellegű, azaz a teherismétlések számának is nagy a jelentősége.

Az ellenálló képesség természetesen függ az aszfalt összetételétől és az alkotórészek tulajdonságaitól. Ezeknek a kapcsolatoknak a feltárása a jelenkori aszfaltmechanika egyik legfontosabb feladata, nagyszabású és jelentős kutatások zajlanak szinte a világ valamennyi közepesen vagy magasán fejlett országaiban. Hazánk sosem volt ezen a területen élenjáró (miközben bizonyos területeken voltak nemzetközileg is jelentősnek mondható peridódusok), de különösen az utóbbi tíz évben ez a tevékenység a minimumra szorult vissza, ami azért káros, mert ezen területek eredményei nem feltétlenül vehetők át más országokból. Itt kell megjegyezni még azt is, hogy az aszfaltkeverékek tulajdonságai – így az ellenálló-képesség is – nagymértékben függ a gyártás és a beépítés szükségszerű és természetesen a nem szükségszerű ingadozásaitól is, azaz az ellenálló képesség lényegében valószínűségi változó, amivel valamilyen módon szintén számolni kell, akár a réteg megválasztásánál is.

ALACSONY HŐMÉRSÉKLET-TARTOMÁNY

Az aszfaltkeverék ebben a hőmérsékleti tartományban lényegében szilárd testként viselkedik, az ebben a hőmérséklettartományban értelmezhető ellenállóképeségre nincs nemzetközileg elfogadott konvenció. A probléma ugyanis nagyon komplex, a megfelelő anyagmodellek keresése, vizsgálata nagyon magas színvonalú vizsgálóeszközöket, matematikai apparátust igényel. A német nyelvterületen nagyon elterjedt – és hazánkban is elfogadott – Arand [8] megközelítése, amelyről egy, a forrásban látható nomogram segítségével a 11. ábrát készítettük el.



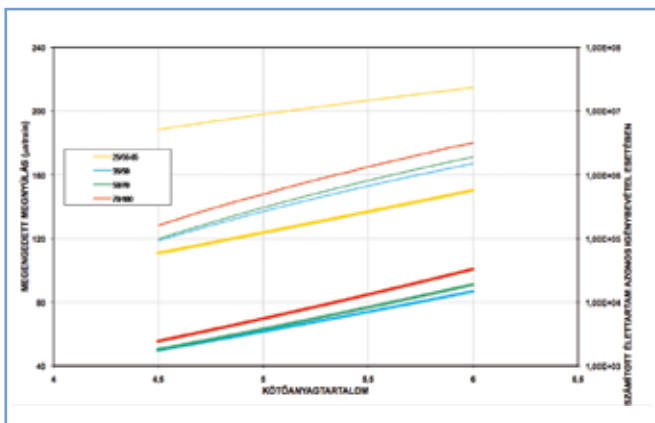
11. ábra: -10 °C hőmérsékletű aszfalt fáradási repedéséhez szükséges tengelyterhelések darabszáma Arand után számítva

A „repedési” élettartam láthatólag nagymértékben függ a kötőanyag viszkozitásától, amit a diagramon a lágyulásponttal helyettesítünk. A 60 °C-os lágyuláspont és a 80 °C-os lágyuláspont közötti élettartam-különbség közel hatszoros. Megjegyzendő, hogy Arand ezen fejlesztése a hivatkozásban szereplő cikk alapján kizárólag a konvencionális kötőanyagokra érvényes. A szerzők ugyanakkor megjegyzik, hogy a tendenciák a módosított kötőanyagok esetében lényegében hasonlóak, a mértékek kissé mások. Az egyébként könnyen belátható képességkülönbség még különösebb kvantifikálás nélkül is segíthet a keverék (kötőanyagának) megválasztásánál.

A szerzők sajnálattal állapítják meg, hogy bár Arand ezen fejlesztésére alapozva már viszonylag hosszabb ideje rendszeresítve van egy, a hidegviselkedést jellemző vizsgálat hazánkban, ezek összefoglaló eredményeiről, a fő tendenciákról nem ismerünk publikációt.

KÖZEPES HŐMÉRSÉKLET-TARTOMÁNY

A közepes hőmérséklet-tartományban az aszfaltkeverék már csak erős megszorításokkal tekinthető szilárd testnek, ugyanakkor talán ez a legjobban feldolgozott területe az aszfaltmechanikának, és ebben létezik nemzetközileg elfogadott konvenció, az ún. megengedett megnyúlás (ami a 10⁶ teherismétlésszámhoz tartozó, törést okozó nyúlásérték, microstrain dimenzióban. A 12. ábrán feltüntettük a 3. ábrán látott keverékek megengedett megnyúlását a kötőanyag-tartalom függvényében, továbbá az



12. ábra: Különböző kötőanyag-fokozatú aszfaltkeverékek fáradási tulajdonságai

ezzel az értékkel számított fáradási élettartamot is (a vastag vonal a megengedett megnyúlás, a vékony az élettartam, amit a jobb oldalon skáláztunk). Jól látható, hogy az ellenálló képesség a kötőanyag-tartalomtól és a kötőanyag tulajdonságaitól függ jelentős mértékben. Figyeljük meg például azt, hogy a konvencionális kötőanyagok esetében milyen jelentős a különbség a 70/100 fokozat javára! Valójában ez is viszonylag közismert és elfogadott a szakmában, szintén legalább a kvalitatív megközelítés szintjén.

MAGAS HŐMÉRSÉKLET-TARTOMÁNY

A magas hőmérséklet-tartományban az aszfaltviselkedés vizsgálatára szintén jelentős erőfeszítések vannak világszerte. Mivel ebben a tartományban a szilárdtest-feltételezés már komoly elterést jelent a valóságtól, a probléma ugyancsak nagyon összetett, ennek megfelelően egységes nemzetközi konvenció nincs az ellenálló képességre. Ugyanakkor a leíró jellegű publikációk jellemzően hangsúlyozzák a „nagy belső sűrűlódás”, a „zúzott adalékváz” fontosságát. Miután ismeretesek (szerencsére hazai forrásból is) olyan megközelítések [13], amelyek az aszfaltot szemcsés anyagként fogják fel, vegyük elő talajmechanikai ismereteinket az ellenálló képesség rövid és egyszerű, kvalitatív leírására. Az igénybevételek esetében bemutatott deviátorfeszültség lényegében nyírófeszültség, tehát az ennek megfelelő ellenálló-képesség a nyírószilárdság.

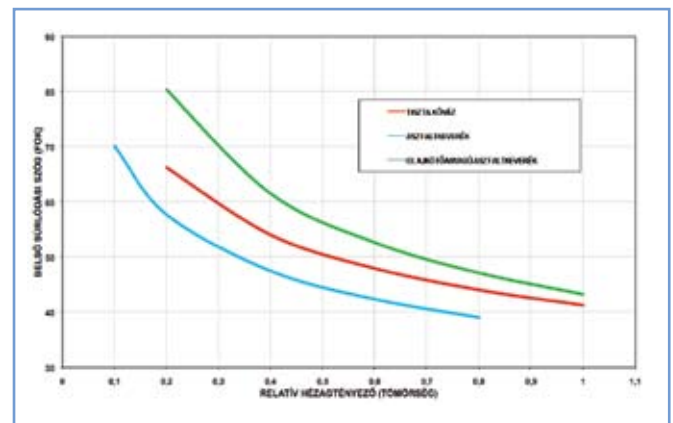
Coulomb törvénye szerint a nyírószilárdság értéke a következő:

$$\tau = (\sigma - u) * \text{tg} \phi'$$

SZEMCSÉS TALAJOK NYÍRÓSZILÁRDSÁGA

- **Tömörség (T)**
 leglazább -6°.....+6° legtömörőbb
 $\varphi = 36 + \Delta\varphi_T + \Delta\varphi_D + \Delta\varphi_U + \Delta\varphi_A$
- **Szemcseméret (D)**
 finom homok 0°.....+6° durva kavics
- **Szemeloszlás (U)**
 $U < 3$ -3°.....+3° $U > 10$
- **Szemcsealak (A)**
 sima, gömbölyű -5°.....+1° éles, érdes

13. ábra: Szemcsés anyagok nyírószilárdsága



14. ábra: A belső sűrűlódás a relatív hézagtenyező függvényében (Gajári György vizsgálatai alapján)

ahol σ a teljes feszültség, u a semleges feszültség, ϕ' pedig a hatékony feszültséghez tartozó sűrűdési szög. Amennyiben a zárójeles tag zérus (azaz a semleges feszültségek eléri a teljes feszültség értékét), akkor a nyírószilárdság megszűnik, ez következik be a hidraulikus talajtörés esetén, de bekövetkezik aszfaltban is, függetlenül az egyéb tulajdonságoktól is. A hatékony feszültségekhez tartozó sűrűdési szög értéke pedig [14] után a következőktől függ (13. ábra). Látható, hogy a természetes állapotú talajok esetében a legnagyobb, a sűrűdési szöget befolyásoló tényező a „tömörség”, vegyük észre, hogy lényegesen nagyobb a hatása, mint a szemcsék érdességének (angularitásának). A tömörség hatását mutatja a Gajári [15] alapján készült 14. ábra, ami triaxiális vizsgálati eredmények regressziós görbéit mutatja. Jól látható, hogy a relatív hízagtényező csökkenése a belső sűrűdési szög nagymértékű növekedését eredményezi. Vegyük azt is észre, hogy a lényegében elhanyagolható viszkozitását olaj kötőanyagú aszfaltkeverék is milyen magas értékeket mutat. Azaz a nagy nyírási ellenálláshoz elsősorban nagy sűrűsége van szükség, végeredményképpen ez is kézenfekvő, elfogadható kijelentés.

8. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS AZ ASZFALTRÉTEG MEGVÁLASZTÁSÁNAK SZEMPONTJAI

A rétegek megválasztásához a szilárdsági szempontok alapján viszonylag egyszerű következtetések vonhatók le:

- A kopóréteget célszerű vékony, a lehetőség szerinti minimális vastagsággal megválasztani. Ezzel elkerülhető (a deviátorfeszültségek mélységi alakulásából következően) a nagyobb igénybevétel, azaz csökkenthető a kockázat. A hidegviselkedés szempontjából, mivel a termikus eredetű húzófeszültségek gyorsan csökkennek a mélység függvényében, szintén elegendő a vékony kopóréteg. A közepes hőmérsékleten a kopóréteg tartományban keletkező megnyúlásokat a rendszerint magas kötőanyag-tartalmú kopóréteg könnyen elviseli, figyelemmel kell lenni nagyon merev pályaszerkezetek esetében a kopóréteg speciális igénybevételeire.
- A kopóréteg kötőanyag-fokozata megválasztásának szempontjából a kisebb viszkozitású (lágyabb) kötőanyagok jobban viselkednek a közepes és különösen az alacsony hőmérsékleten. A meleg tartományban látszólag ennek nagyobb kockázata van, de a nagy sűrűségűre tervezett (és megvalósított) réteg képes az igénybevételnek ellenállni. Egyáltalán nem mellékesen az is megjegyzendő, hogy a vékony kopóréteg egyben jóval kisebb deformációs (nyomképződési) potenciállal rendelkezik, hiszen egy 20-30 mm-es réteg még nagy fajlagos nyommélység-vizsgálati eredmény esetén sem tud „nagy” keréknymértéket elszívni. A kötő- és alaprétegek megkülönböztetése már kicsit idejétmúlt, hiszen ha az igénybevételeket megnézzük, valóban nagy különbséget az aszfaltszerkezet mélységi értelmében nem találunk. (a nyírási ellenállás magas értéke az esetek nagyon nagy részében jó fázadási értékeket is jelent). Ezen rétegek mélységi tartományában a termikus igénybevételek már lényegesen kisebbek, tehát ebből az irányból kisebb a kockázat, következtésképpen használhatók a közepes viszkozitást mutató kötőanyag-fokozatok is. Mivel a legnagyobb nyúlások jellemzően az aszfaltrétegek alsó tartományában találhatók – ahol szerencsére a magas hőmérsékletek ritkák – célszerű ebben a tartományban a jobb fázadási viselkedést mutató kötőanyag-fokozatok használatát.

9. AZ ASZFALTRÉTEG MEGVÁLASZTÁSÁNAK SZEMPONTJAI A GAZDASÁGOSSÁG ALAPJÁN

Az előkészítés (tervezési diszpozíciók, tervezés, egyeztetések) során általában jelentős gazdasági döntések születnek, amelyek egy-egy projekt költségeit meglehetősen nagy mértékben befolyá-

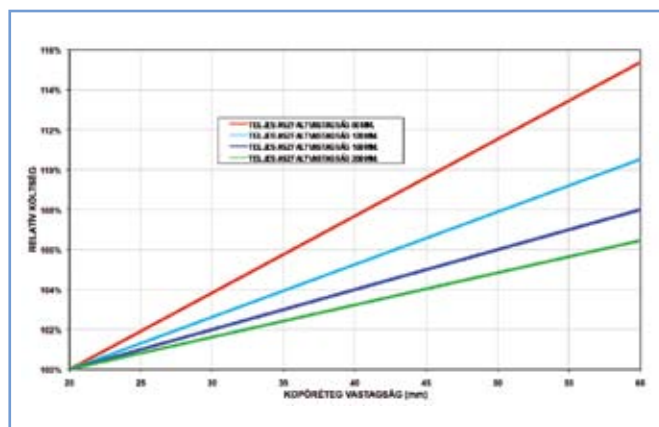
solják. Ebben a fejezetben csak nagyon röviden szeretnénk utalni arra, hogy az olyan nagyon lényegtelennek tűnő kérdésnek, mint a kopóréteg vastagsága, milyen jelentős hatása lehet. A szabályozásban szereplő kopórétegek építési vastagsága 20 és 60 mm között választható (fajtanként természetesen más-más minimális és maximális értékben). Képeztük egy reprezentatív adatbázis segítségével a kopórétegek és a szerkezeti rétegek átlagos (tehát kevert) önköltségét és a 15. ábrán ezek felhasználásával szerkesztettünk egy diagramot. A diagram adott teljes aszfaltvastagságok esetén feltünteteti a kopóréteg-vastagság függvényében a teljes szerkezet relatív költségét. Jól látszik, hogy a „vastag” kopórétegeknek bizony nem csekély „ára” van. Mivel az előző fejezetben a funkcióképességek szempontjából nézve is a vékony (a lehető legvékonyabb) kopórétegek tűntek kedvezőnek, itt most a gazdaságosság szempontjából is hasonló eredményt kaptunk.

10. ÖSSZEFOGLALÁS

Rövid dolgozatunkban áttekintést kívántunk adni azokról a szempontokról, amelyek alapján a pályaszerkezet aszfaltrétegeit mind típus, mind vastagság szerint figyelembe kellene venni a szerkezet felépítésének tervezése során. Látható, hogy a rétegek és vastagságuk megválasztása nem csupán geometriai feladat, amely néhány egyszerű szerkesztési szabály alapján hajtható végre, hanem egy komplex, nagy szakértelmet, következtetességet és nagy nyitottságot stb. követelő tevékenység. Reméljük, hogy írásunk lehetőséget ad a funkcionálisabb és egyben gazdaságosabb szerkezetek kialakításához!

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] ÚT 2-3.302 Út-pályaszerkezeti aszfaltrétegek
- [2] Miles, L.D.: Techniques of Value Analysis and Engineering. McGraw-Hill, New York. (1961)
- [3] Tóth Cs.: Aszfaltkeverékek viszkoeasztikus viselkedésének jellemzése Huet-Sayegh-moddelllel; Közlekedéspítési Szemle. 2008/8.
- [4] Tóth Cs.: Aszfaltkeverékek mestergörbéjének meghatározása. Közlekedéspítési Szemle. 2010/2.
- [5] 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
- [6] Zander, U.: Az aszfalt útpályaszerkezet méretezésének alapjai; Közlekedéspítési Szemle. 2009/6.
- [7] Wellner, F.: Aszfaltburkolatok méretezése számítással. Közúti és Mélyépítés-tudományi Szemle. 2007/7.
- [8] Arand, W.: Átalakulóban az aszfalt; Az ASZFALT. 2003/2.
- [9] Arand, W.: Az aszfalt fázadása alacsony hőmérsékleten; Közúti és Mélyépítés-tudományi Szemle. 2007/7.
- [10] Pohlmann, P.: Simulation von Temperaturverteilungen und thermisch induzierten Zugspannungen in Asphaltstraßen. Schriftenreihe TU Braunschweig, Heft 9. 1989.
- [11] Van Gurp, C.A.P.M.; Wennink, P.M.: Design, structural evaluation an overlay design of rural roads (in Dutch) KOAC–MD consultants; Apeldoorn, 1997.
- [12] Wellner, F.: Gondolatok az aszfaltburkolatok nyomvályúinak keletkezéséről. Az ASZFALT. 2000/2–3.
- [13] Gajári Gy.: Új aszfalttervezési koncepció tesztelése. Előadás, 37. Ütügyi Napok, Sopron
- [14] Szepesházi R.: Geotechnika; egyetemi jegyzet, Széchenyi Egyetem, Győr, 2008.
- [15] Gajári Gy., Wellner, F., Herle, I.: A ciklikus terhelés hatására létrejövő (aszfalt) „megfolyósodás”, mint a fokozott nyomképződés potenciális oka; 7th International RILEM Symposium on Advanced Testing and Characterization of Bituminous Materials, Rhodes, Greece



15. ábra: Aszfaltkeverékek relatív költsége a köporéteg-vastagság függvényében

SUMMARY

ASPHALT CONCRETE LAYERS AND THEIR THICKNESSES – RECOMMENDATIONS FOR DESIGN

The authors analyse characteristics affecting the choice of asphalt concrete pavement layer types and thicknesses in pavement structural design. This choice would require high level expertise although in the present practice some simplified solutions are widely applied. A better understanding of characteristics of asphalt concrete pavement layers in different temperature ranges opens a possibility for design and construction of functionally and economically better pavement structures.

A 3. EURÓPAI KÖZLEKEDÉSI KUTATÁSI KONFERENCIA BRÜSSZEL, 2010. JÚNIUS 7-10.

A 3. Európai Közlekedési Kutatási Konferenciát (Transport Research Arena, TRA) Brüsszelben tartották 2010. júniusban. A konferencia mottója az előző kettővel (2006 Göteborg és 2008 Ljubljana) egyezően: környezetbarátabb, biztonságosabb, intelligensebb közlekedés. A konferencia több szekcióban átfogó képet adott a közlekedési, ezen belül kiemelten az utügyi kutatások helyzetéről, az aktuális eredményekről. A konferencia programjában alapkutatás, műszaki fejlesztés, kísérleti megvalósítás és jövőbeli vízió egyaránt szerepelt. A megnyitó ülés előadói hangsúlyozták a közlekedésbiztonság fontosságát és a közlekedés klímaváltozásra gyakorolt hatásainak figyelembevételét. Kazatsay Zoltán főbiztoshelyettes előadásának témája a fenntartható közlekedés feltétel-rendszere volt.

A konferencián mintegy 610 résztvevő 50 részben párhuzamos szekcióban 218 előadást hallgathatott meg. öt plenáris ülést, kilenc stratégiai szekcióülést és 36 tematikus szekcióülést tartottak. három poszter szekcióban 52 poszter előadás (ezek között nyolc magyar szerzőtől) egészítette ki az információt. A fiatal kutatók részére hirdetett ötletpályázat eredményeit szintén bemutatták. A szakmai kiállításon számos ismert kiállító vett részt mind a szakirányítás, mind a kutatás, mind az ipar területéről. A plenáris ülések előadásai és vitái a fő témák köré csoportosultak: a közlekedés biztonsága, a közlekedés és a klímaváltozás, környezetbarát és intelligens közlekedés. A kiemelt stratégiai témák között az energiafelhasználás és a fenntartható közlekedés, a jövő víziója és az innováció, valamint a városi mobilitás kérdése szerepelt. Hangsúlyt kapott a nemzetközi közös kutatások szervezése és az együttműködő rendszerek témaköre.

Az Európai Unió Bizottságának szakemberei készítik az új Fehér Könyvet az EU közlekedési politikájáról, mely várhatóan 2010 végén fog

megjelenni. Ehhez kapcsolódóan kidolgozás alatt áll a Stratégiai Közlekedési Technológiai (műszaki fejlesztési) Terv, melynek kiadása 2011 első félévében várható. A stratégiai kérdések között kiemelendő a finanszírozás megoldása, valamint az intelligens közlekedési rendszerek szerepe. Az EU hosszú távú tervei között szerepel, hogy 2020-ra a GDP 3%-át kellene kutatási és innovációs célokra fordítani.

A közlekedési torlódások csökkentése az egyik kiemelt cél Európában, ami különösen a nagy városokat érinti. Amszterdam körzetében egy integrált közlekedésirányítási rendszer tesztelését kezdték meg, ahol az autópálya-kezelő a városi és a regionális önkormányzatokkal együttesen határozza meg a forgalomirányítás leghatékonyabb megoldását. Az angol Közlekedési Kutató Intézet (Transport Research Laboratory, TRL) a dán Greenwood céggel közösen kifejlesztette a forgalmi sebességgel működő teherbírásmérő eszközt (Traffic Speed Deflectometer), mellyel már üzemszerű méréseket végeznek Angliában és Dániában.

Az európai közös közúti közlekedési kutatások jó példája a Road ERA-Net hálózat (<http://www.eranetroad.org/>), mely 16 ország közúti szakirányításának együttműködésén alapul, és kutatási témapályázatokat jelentet meg, melyek közül a legutóbbi a jövő kihívásainak megfelelő hatékony vagyongazdálkodás témáját tartalmazza. A Road ERA-Net keretében készült el a fenntartási elmaradás becslését célzó kutatás kilenc ország részvételével (definíció, becslés, következmények és az eredmények javasolt felhasználása), mely felhívja a figyelmet a fenntartás fontosságára és döntést segítő eszközként is működhet.

G. A.

700 Ft