

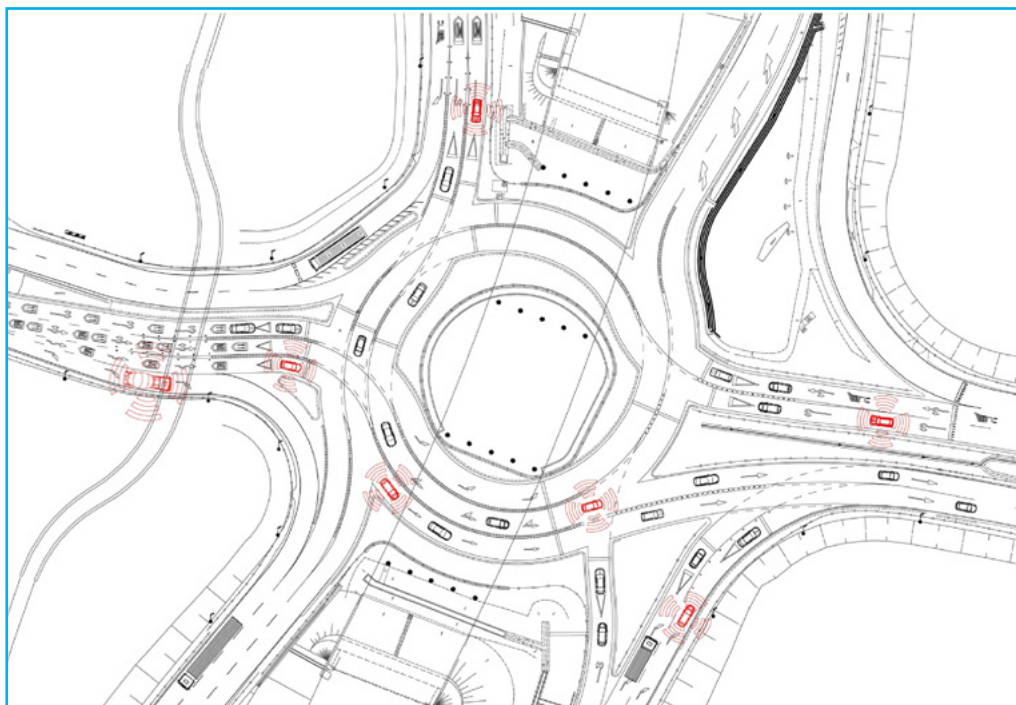
LXVIII. ÉVFOLYAM 5. SZÁM
2018. OKTÓBER

KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE



A KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI EGYESÜLET SZAKLAPJA
ALAPÍTVÁ 1951-BEN

TELJESKÖRŰ VÁROSI KÖZLEKEDÉSTERVEZÉS



11 vezető mérnök,
368 év tapasztalat
a városi közlekedéstervezésben

 **KÖZLEKEDÉS**
FŐVÁROSI TERVEZŐ IRODA KFT.

www.kozlekedes.hu

Facebook oldal:
<http://bit.ly/KozlekedesKft>

KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE

A közlekedési szakterület tudományos lapja
VERKEHRSWISSENSCHAFTLICHE RÜNDSCHAU
Zeitschrift des Ungarischen Verein für Verkehrswissenschaft
REVUE DE LA SCIENCE DES TRANSPORTS
Revue de la Société Scientifique Hongroise des Transports
SCIENTIFIC REVIEW OF TRANSPORT
Publication of the Hungarian Society for Transport Sciences

Megjelenik kéthavonta
www.ktenet.hu

ALAPÍTOTTA:
a Közlekedéstudományi Egyesület

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG:
Kövesné Dr. Gilicz Éva elnök
Dr. Katona András főszerkesztő
Dr. Békési István
Berta Tamás
Bretz Gyula
György Tibor
Horváth Lajos
Mészáros Tibor
Dr. Prileszky István
Szűcs Lajos
Dr. Táncoz Lászlóné
Dr. Tóth János
Dr. Tóth László
Zsolnay Tamás

SZERKESZTŐSÉGI TITKÁR:
Ráczné dr. Kovács Ágnes
Tel./Fax: 353-2005, 353-0562
E-mail: szemle@ktenet.hu
DOI szerkesztő: dr. Török Ádám

SZERKESZTŐSÉG:
1066 Budapest, Teréz krt. 38. II. 235.

FELELŐS KIADÓ:
Dr. Tóth János,
a Közlekedéstudományi Egyesület főtítkára

KIADJA:
Közlekedéstudományi Egyesület
1066 Budapest, Teréz krt. 38. II. 235.
www.ktenet.hu

MEGBÍZOTT KIADÓ:
Press GT Kft.
1139 Budapest, Üteg u. 49.
Tel.: 349-6135
E-mail: info@pressgt.hu

NYOMDAI KIVITELEZÉS:
Informax Millenium kft.
Felelős nyomdavezető: Bocskay Endre

TERJESZTŐ:
Magyar Posta Zrt. Központi Hírlap Iroda
Előfizethető a Közlekedéstudományi Egyesületnél
Egy szám ára: 1380 Ft, Éves előfizetés: 8280 Ft
Egyéni KTE tagnak tagdíjjal: 5140 Ft
Nyugdíjas és diák KTE tagnak tagdíjjal 4640 Ft

ISSN 0023 4362

A folyóiratunkban megjelenő cikkek egy év embargót követően nyíltan hozzáférhető digitális irodalomnak tekinthetők. A cikkeket a szerkesztőség az EPA-ban és a REAL-ban online elérhetővé teszi.



A cikkek tartalma nem minden esetben egyezik a szerkesztőség véleményével.
Kéziratot nem őrzünk meg.

TARTALOM

Nekrológ 4

Dr. Gulyás András – Dr. Makula László
Videó forgalomfelvételek
információminőségi kérdései 5

Primusz Péter, PhD – Tóth Csaba, PhD
Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek
egyszerűsített analitikus méretezése 17

Dr. Kovács Áron
A magyar és balkáni fővárosok közötti
elérhetőségének területi összefüggései 34

Ágh Csaba
Vágánygeometriai irány- és fekszinthibák
valós nagyságának értékelése hűmérés
eredmények alapján 45

Varga Károly
150 éves a hatvani MÁV fűtőház 56

Bércesi Richárd
Recenzió Franz Dosch: „Bilder der Schiffahrt
– 180 Jahre Donau Dampfschiffahrts-
Gesellschaft” („Képek a hajózásról – 180 éves
az első Dunagőzhajózási Társaság”, ISBN 978-3-
86680-522-4, Sutton Verlag, Erfurt, 2009.) című
kötetéről 59

Melléklet

*Közlekedésbiztonság – Közlekedési
környezetvédelem*

Szele András – Kisgyörgy Lajos
A torlódó sorok speciális tulajdonságai és
ezek szerepe a forgalmi tervezésben 61

TISZTELT OLVASÓ!

A Közlekedéstudományi Szemle nem csak nyomtatott, hanem digitális változatban is olvasható. A www.dimag.hu portálon kiválasztható az az eszköz – Pc, tablet, „okos telefon” – amire a lapot le szeretné tölteni, előfizetésre pedig bankkártyás fizetéssel van lehetőség. A digitális változat előfizetési díja 8280 Ft helyett csak 6000 Ft évente, KTE egyéni tagnak 4140 Ft. Az előfizetőnek a portál automatikusan jelzi az új lapszám megjelenését. Valamennyi letöltött lapszám tartalma a továbbiakban egy helyen, az Ön által használt elektronikus eszközre optimalizálva lesz elérhető. Reméljük, hogy hamarosan üdvözölhetjük a digitális előfizetőink között.

Dr. Zahumenszky József

(1928-2018)

Életének 90. évében elhunyt Egyesületünk első tiszteletbeli főtitkára, aki hosszú idő óta meghatározó alakja volt a közlekedésnek, a Közlekedéstudományi Egyesületnek.

Szakmai pályafutását szállítványozóként kezdte, majd a személyszállításban tevékenykedett. 1965-től 1984-ig a VOLÁN Tröszt forgalmi és kereskedelmi vezérigazgató-helyetteseként dolgozott. Részt vett az 1968-as új közlekedéspolitikai koncepció kidolgozásában. Szakmai életútjának talán legmeghatározóbb fejezete, amikor nyolc évig (1984-től) a BKV vezérigazgatója volt. Innen vonult nyugdíjba több mint 45 év aktív munkás év után. Egy interjúban így vall a sikeres BKV-s évekről:

„Nagyon szerettem a BKV-nál dolgozni, nagy kihívás volt, ráadásul ablakot nyitott a világra. A Nemzetközi Közforgalmú Közlekedési Szövetségi (UITP) tagságunk révén lehetőségem volt számos nagyváros tömegközlekedési megoldásával megismerkedni, amiből sokat hasznosítani tudtunk Budapesten, sőt a világ is tanulhatott tőlünk. Az UITP-ben végzett bizottsági és alelnöki munkám elismerésének is tekinthető, hogy a két évente megrendezésre kerülő kongresszust 1989-ben Budapesten tartották. Nyugati példák alapján jelentek meg a járműveink oldalán a reklámok, épültek reklám oldalfalú fedett váróhelyiségek a hirdetőpénzén, de az is újdonság volt, hogy a 8-10 percnél ritkábban járó járatok menetrendjét tételesen meghirdettük – addig csak az első és utolsó indulás, valamint a követési időköz szélsőértékei voltak feltüntetve. Akkoriban 4,5 millió utas (felszállás) volt munkanapokon a társaság járműveire. Folyamatosan mértük az egyes viszonylatok kihasználtságát, ahol 80% feletti érték adódott, oda személyesen is elmentem tájékozódni, mi okozza a nagy arányt, és hogyan lehetne enyhíteni a zsúfoltságot. Arra biztattam a kollégáimat, hogy merjenek kiállni a szakmai álláspontjukkal a nyilvános fórumok felé, azaz tájékoztassák az utasokat, a médiát, a hazai és nemzetközi fórumokat azokról a kérdésekről, amelyekben kompetensek és képbén vannak. Ha nincsenek a tények birtokában, irányítsák a kérdezőt ahhoz, aki képes lehet válaszolni a feltett kérdésre, ha nem találnak ilyet, akkor küldjék a kérdezőt hozzám.”

A KTE-ben vezető tisztségeket töltött be, mint szakosztály-elnök, később öt évig a KTE társ-elnöke és tíz évig főtitkára volt.

Szakmai munkája mellett fontosnak tartotta az elméleti ismereteket, és a gyakorlatban szerzett tapasztalatait összegezve 1970-ben doktorált. Tudását a közgazdasági egyetemen és a győri főiskolán mint meghívott előadó adta át a jövő közlekedési nemzedékének.

A Közlekedéstudományi Szemlét és a Városi Közlekedést mindig támogatta, és emellett szerzőként, valamint lektorként is közreműködött a lapok munkájában. Számos fontos írása, tudományos és gyakorlati publikációja is megjelent.

A közösséget fontosnak tartotta, és ennek megfelelően élt, csapatban gondolkodott és játszott (sikeres vízilabdázó volt).

Munkaidejét, eredményeit számos kitüntetéssel ismerték el. Egyesületünk valamennyi kitüntetését megkapta, amivel jelképesen elismerték azt a sok és eredményes munkát, amit a tagságért, a lapokért tett.

Szakmai munkájával és közösségi tevékenységével együtt a teljességet szeretett családja biztosította. Felesége halála után, – ami nagyon megrendítette – is igyekezett a közösségben maradni, az eseményeken, rendezvényeken megjelenni és észrevételeivel segíteni Egyesületünket. Készült, készültünk a 90. születésnapjára, amit sajnos már nem ért meg, de jelentős életműve a mindennapokban hasznosul.

Nyugodjék békében.

a Szerkesztő Bizottság



Videó forgalomfelvételek információi- nőségi kérdései

A cikk a videofelvételek készítésével, a videofelvételek utólagos kiértékelésével végzett forgalomszámlálások minőségének kérdéskörét tárgyalja. Ez az eljárás megbízhatóbb a kézi számlálásnál, foglalkozik a módszer kockázataival, és ezek csökkentésének lehetőségeivel is.

DOI 10.24228/KTSZ.2018.5.1

Dr. Gulyás András – Dr. Makula László

ny. egyetemi docens
Pécsi Tudományegyetem
e-mail: guland51@gmail.com

ügyvezető
Kvantitás Mérnöki Iroda
makula.laszlo@gmail.com

1. BEVEZETÉS

A cikk címében jelölt téma az országos közutak keresztmetszeti forgalomszámlálása keretében készülő videó forgalomfelvételek kapcsán merült fel.

A munka elméleti háttérét mutatjuk be, amelynek célja a videó forgalomfelvételen a folyamatok, részfolyamatok átláthatóságának feltárásával (folyamatmenedzsment) a kritikus végrehajtási pontok kimutatása, a reprezentatív statisztikai minőség-ellenőrzés lehetőségének bemutatása, az esetleges kockázatok azonosítása és kezelése, valamint a videofelvételekből származó, egyenletes és jó minőségű információt szolgáltató alapadatok biztosítása.

2. MINŐSÉG-ELLENŐRZÉS, MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS, MINŐSÉGSZABÁLYOZÁS FONTOSABB FOGALMAI

2.1. A minőségirányítás lényege

A minőségirányítás (minőségmenedzsment) célja a tervezett, erőforrásokkal támogatott, a

felhasználók megelégedettségét javító minőségirányítási rendszer stratégiai kialakítása és működtetése.

A minőségirányítás fogalma a minőség aspektusát foglalja össze. A minőségirányítás átfogó fogalom, fontos megjegyezni, hogy nem lehet rá azonnali kész megoldást adni. Például az ISO 9001 szabvány [10] feladata, hogy keretet adjon a minőségirányításhoz, azonban ez csak alapot ad a testreszabott megoldás kialakításához. Ennek oka, hogy minden szervezet működése más, így más eszköztárat igényel a sikeres minőségirányítás.

Fogalmilag a minőségügy, a minőségirányítás és a minőségmenedzsment használatosak a hétköznapiak során. Ugyanakkor fontos, hogy a minőségirányítást megkülönböztessük a minőség-ellenőrzéstől és a minőségbiztosítástól.

Az ISO 8402 [12] megfogalmazása szerint a minőségirányítás „a teljes körű irányítás azon komponense, amely meghatározza, illetve megvalósítja a minőséggel kapcsolatos alapelveket, magában foglalja a stratégiai tervezést, az erőforrásokkal való gazdálkodást, valamint

más rendszeres tevékenységeket, mint amilyen a minőséggel kapcsolatos tervezés, működtetés és értékelés".

A minőségirányítási rendszer pedig a minőségirányítás megvalósítására szolgáló szervezeti struktúra, felelősségi körök, folyamatok és eljárások.

Az ISO 9000 [11] szerint az összehangolt tevékenységek a szervezet irányítására a minőséggel összefüggésben.

Az említett szervezeti jellemzők lényegében az ún. strukturális jellemzőkkel írhatók le:

- munkamegosztás,
- hatáskörmegosztás,
- koordináció (technokratikus, szervezeti, személyközpontú),
- szervezeti konfiguráció.

A minőségirányítás elsősorban a technokratikus koordináció, azaz a vállalati szabályok, szabályzatok, politikák stb. újragondolását jelenti, illetve a minőségközpontúság integrálását e szabályozókba.

Meg kell még említeni a TQM (teljes körű minőségmenedzsment) fogalmát. A BS 4778 szabvány [4] alapján „az összes olyan tevékenységet felölelő vezetési filozófia, amelyek segítségével az ügyfelek, a közösség igényeit és elvárásait, valamint a szervezet célkitűzéseit a lehető leghatékonyabb és költségkímélő módon ki lehet elégíteni úgy, hogy végsőkéig kihasználjuk azt a lehetőséget, amely az összes alkalmazottnak a folyamatos jobbításra irányuló törekvésében rejlik.”

2.2. Minőség-ellenőrzés

A minőség-ellenőrzés célja az adattermékek megfelelőségének a vizsgálata. Az adattermékek megfelelősége az a tulajdonság, hogy jellemzőik mennyire felelnek meg a vonatkozó jogszabályok nemzeti, szakmai szabványok, ellenőrzési utasítások, dokumentációk követelményeinek.

2.3. Minőségbiztosítás

A minőségbiztosítás alatt általában a minőségirányítási rendszeren belül alkalmazott terve-

zett és módszeres tevékenységet értik, amelynek célja a bizalomkeltés a felhasználókban a minőségkövetelmények teljesítését illetően.

2.4. Minőségsszabályozás

A minőségsszabályozás eszközök, módszerek és tevékenységek alkalmazása a minőségi követelmények teljesítésére.

2.5. Statisztikai alapú minőség

Az 1920-as és 1930-as évekre olyan méreteket öltött a termelés, különösen az Amerikai Egyesült Államokban, amelyek új megoldásokat követeltek a minőség biztosításával kapcsolatban. A fő megoldás a statisztika lett.

A statisztika minőségügyi alkalmazásának alap gondolata az, hogy a teljes termelés – esetünkben a videotechnikai eszközökkel rögzített, valamint a „legyűjtés” során a kódlapokra rögzített adat – egy részét (minta) kiemelve is következtethetünk az adattermék minőségére és a megfelelőségére. A statisztikai eszközök alkalmazása alapján az adatfelvételi, rögzítési gyártási folyamat fejleszthető (arra törekedni is kell!), ami végső soron a vevői elégedettségét fokozza.

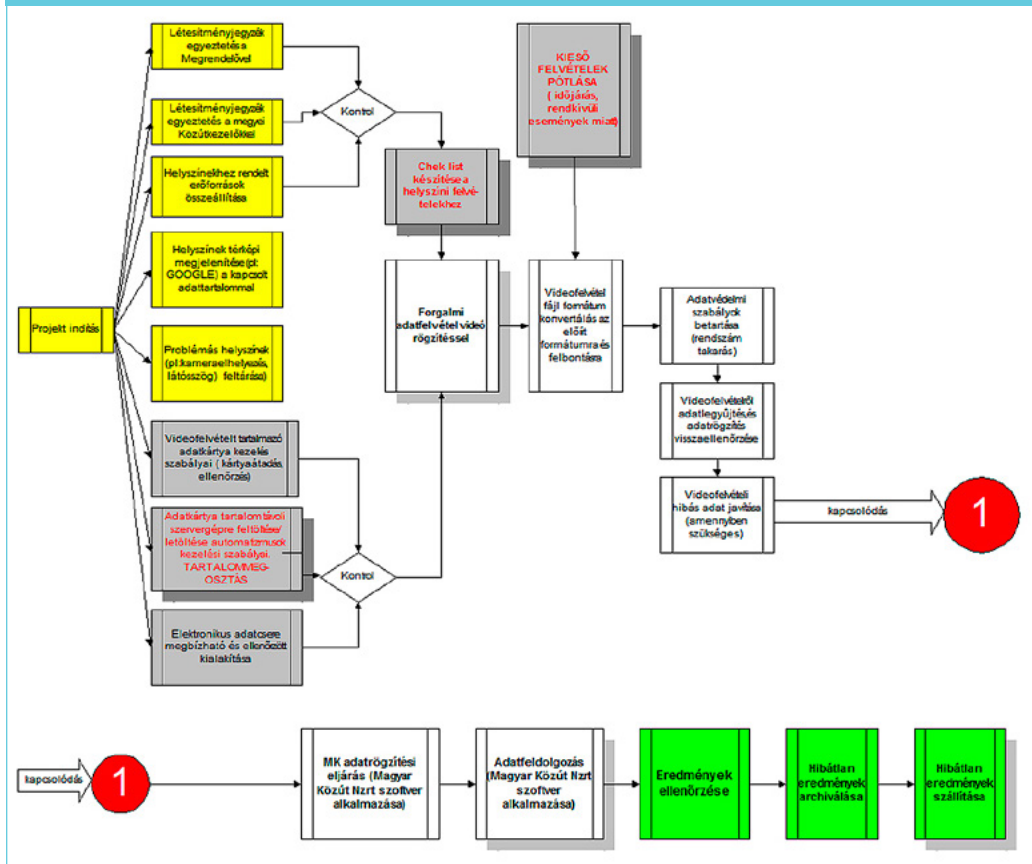
A mintavétel, átlag- és szórás számítások, eloszlásvizsgálatok klasszikus eszközein túl a szakemberek több olyan látványos eszközt is kifejlesztettek az adatfelvételi folyamat minőségbiztosításának támogatására, amelyek mára túlnőttek azon. A marketing, logisztika, stratégiai menedzsment területén is használatos például a halszálka-diagram. Más eszközök viszont éppen abban az időben kerültek be a minőséges eszköztárba (pl. Pareto-elemzés):

- hisztogramok és Pareto-diagramok alkalmazása a problémák azonosításához,
- az ún. halszálka-diagram, ami lehetővé teszi, hogy a problémák ok-okozati viszonyait feltárják.

3. A VIDEÓ FORGALOMFELVÉTEL FŐ FOLYAMATAI

A háttérrel adó előkészítő tevékenység első lépéseként elkészült a „Forgalomszámlálás videofelvétel készítésével, a videofelvétel utólagos kiértékelésével” tevékenységcsoporthoz

1. ábra: Fő folyamatok kapcsolati struktúrája



tainak rendszere, ugyanis ez alapiját képezi a minőségirányításnak és a folyamatmenedzsmentnek.

A fő folyamatok kapcsolati struktúráját az 1. ábra mutatja be a jobb érthetőség miatt. A munka során a fő folyamat csoportok feltárása mellett részletes csoportos szakértői munkavégzéssel meghatározták a rész folyamatokat is, amelyek ismertetésével most nem foglalkozunk.

A videó forgalomfelvétel lebonyolítását szemlélteti a 2. ábra.

2. ábra: Videokamerás forgalomfelvétel (illusztráció)



4. A HAZAI ÚJABB KELETŰ SZAKIRODALOM ÁTTEKINTÉSE

Az elmúlt években néhány hazai publikáció foglalkozott a forgalomszámlálással, a forgalmi információ minőségével. Egy 2004-ben megjelent cikk az országos közúti keresztmetszeti forgalomszámlálás korszerűsítési lehetőségeit tárgyalta, kiemelten elemezve a mintavételezés témáját és a pontossági kérdéseket [6]. 2005-ben elkészült egy nagy megbízhatóságú forgalmi monitoring hálózat javaslata az akkori intelligens közlekedési rendszerfejlesztés keretében [9].

Az országos közutak keresztmetszeti forgalomszámlálásának korszerűsítéséről 2010-ben jelent meg egy összefoglaló jellegű cikk, amelyben hangsúlyozottan szerepel egyrészt a minőségbiztosítás fontossága, másrészt a járműosztályozás egyszerűsítése [7]. A cikk témája az európai közlekedési kutatási konferencián is szerepelt [8]. Az említett hazai cikkből [8] kiemelhető „A minőségbiztosítás fontossága” fejezet, amely a következő bekezdésekben idézetként szerepel.

„A megbízható eredmények feltétele az adatok minőségének biztosítása, amelynek első lépése a helyszíni mérések ellenőrzésének javítása. A rendszeres és szigorú, jól dokumentált helyszíni ellenőrzés erőforrásigényét az eredményként megmutatkozó adatminőségjavulás igazolja. A legfontosabb a kézi számlálások ellenőrzése, mert egyrészt az emberi tényező jelenléte miatt a hiba könnyebben jelentkezhet, másrészt viszont a hiba helyszíni kijavítása egyszerű és könnyű feladat. Az automata mérések helyességének ellenőrzése már nehezebb, és jellemzően informatikus szakember közreműködését teszi szükségessé. Néhány egyszerű ellenőrzési szabály megalkotása és alkalmazása kedvezően befolyásolhatja a minőség biztosítását.

Az ellenőrzés következő fázisa az adatok feldolgozása. A feldolgozott forgalmi adatnak egyfelől önmagában reálisnak kell mutatkoznia (nagyságrendjében és a járműosztályok arányaiban), másfelől célszerű összehasonlítani más meglévő adatokkal, felhasználva az idősorokat és az adott útvonal jellemzőit.

A nyilvánvaló hibák javítása vagy a hibás adatok törlése a feldolgozási folyamat részét képezi. A megbízhatónak nyilvánított adatok bekerülnek a forgalmi adatbázisba, míg a kérdéses adatok egy külön listán váraкоznak. Ezek a kérdéses adatok még lehetnek megfelelők, amennyiben a helyi körülmények változása indokolja az eltérést, ezért a kérdéses adatokról érdemes a helyi szakemberek véleményét kérni. A helyi vélemény alapján eldönthető, hogy a vizsgált adat megbízható, vagy hibás és törlendő.”

Az említett cikk alapját is képező szakmai tanulmányban [13] található minőségbiztosítási fejezet (Cseffalvai Mária szakértői munkája alapján) táblázatos formában mutatta be a minőségbiztosítás gyakorlati teendőit, figyelembe véve az egyes tevékenységeket a hozzájuk tartozó lehetséges hibákkal, a tevékenységek ellenőrzését és a hibák javítását, valamint javaslatot tett a minőségbiztosítás alkalmazandó, megfelelő eszközeire. Megállapítást nyert, hogy az ellenőrzéseket jellemzően két szinten (helyi és központi) célszerű szervezni és végrehajtani.

2011-ben a Közlekedéstudományi Szemlében látott napvilágot a keresztmetszeti forgalomszámlálások adatainak elemzésével foglalkozó cikk, amely értékes tartalma mellett a téma részletes irodalomjegyzékét is közölte [3].

2014-ben szakmai körökben felmerült a kézi számlálásokat helyettesítő videofelvétel részarányának növelése, minthogy az megbízhatóbb a kézi számlálásnál. Érdemesnek tartották megvizsgálni, hogy mi lenne célszerűbb továbblépési irány: az esetleg (a költségek miatt) kevesebb, de jobb minőségű adat, amely mindenképpen kedvezőbb, mint a több, de valószínűleg gyengébb minőségű adat. A videós számlálások növelése mindenképpen célszerűnek látszott, főleg a nagy forgalmú helyeken, ami akár kétsávos úton is lehet.

Az elmúlt évek forgalomszámlálási tapasztalatai alapján a forgalomszámlálásra vonatkozó, 2009-ben kiadott Ütügyi Műszaki Előírás [14] felülvizsgálata aktuális lenne. Megfontolásra javasolható a videó forgalomfelvételre vonatkozóan egy önálló Ütügyi Műszaki Előírás kidolgozása.

5. A FORGALMI ADATOK MINŐSÉ- GÉNEK MÉRÉSE AZ USA-BAN

5.1. Központi adatminőségi keretrendszer

A forgalmi adatok minőségének mérését célzó, az USA Közlekedési Minisztériumának Szövetségi Útügyi Hivatala által kifejlesztett keretrendszer az adatminőséget jellemző összetevők meghatározásából és a minőség értékeléséből áll [17]. A felhasználók adatigénye különböző, a minőségi értékelésnek tehát figyelembe kell venni, hogy milyen célra alkalmazzák a vizsgált forgalmi adatokat. Nyilvánvalóan más követelmények állnak fenn egy országos forgalomfelvételi rendszer adatigénye és egy valós idejű intelligens közlekedési alkalmazás adatigénye esetén. Az adatminőség mérését célzó USA keretrendszer javasolt működési folyamatának főbb lépései:

- a felhasználó megismerése – az adatfelhasználók és az általuk igényelt adattípusok számbavétele;
- az adatok minőségét jellemző összetevők kiválasztása – a később részletesen bemutatott adatminőség összetevőkből az adott felhasználói igények esetén relevánsak kiválasztása;
- adatminőségi célértékek meghatározása – minden összetevőhöz értékelési cél és határérték hozzárendelése a felhasználói igények alapján;
- az adatminőség kiszámítása minden adattípusra – az adatok minősége a feldolgozás során is változhat, ezért fontos minden fázisban minden adattípus minőségi mutatóinak megállapítása;
- az adatok hiányosságainak azonosítása – az adatminőségi mutatók összehasonlítása a határértékekkel és a hiányosságok számbavétele, ennek alapján az adatok minőségét javító intézkedések meghatározása, esetleg pénzügyi korlátok esetén a határértékek módosítása;
- felelősségek hozzárendelése és a jelentések automatizálása – az adatminőségi jelentések automatikus beillesztése a feldolgozási rendszerbe, adatminőségi felelősök kijelölése (az adatminőség növekvő szintjéhez igazodó ösztönzőkkel) a talált problémák keletkezési pontjukon történő kezelésére;

- visszacsatolás – az értékelés visszacsatolása a felhasználók felé, a minőségi célértékek rendszeres felülvizsgálata az alkalmazásoktól függően.

5.2. Az adatminőség összetevői

Az USA-ban a forgalmi adatok minőségét javító projekt keretében kidolgozták az adatminőség meghatározását és mérését célzó módszereket. A szakmai anyag [16] áttekintette az USA forgalmi adatgyűjtési gyakorlatát, minőségi szempontú megközelítést és mérőszámokat vezetett be, és javaslatot tettek a forgalmi adatok minőségének meghatározására és mérésére. A forgalmi adatok minőségének javasolt alapösszetevői (3. ábra):

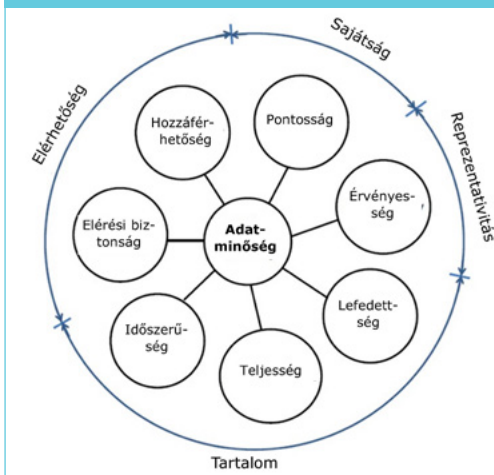
- **Pontosság** – az adat vagy adatok tényleges értéke és egy korrektnek feltételezett forrás közötti egyezés mértéke vagy foka. Minyenyiségi értékelést biztosít a hibamentességre, ahol a magasabb szintű értékelés kisebb hibát feltételez. Jellemzői az abszolút százalékos középhiba és a négyzetes középhiba.
- **Teljesség** – az adatok teljesskörűségének aránya (pl. járműszám, járműosztályozás). jellemzően egy százalékos érték, amely a ténylegesen összegyűjtött adatmennyiséget viszonyítja az elméletileg teljesskörűen összegyűjthetőhöz. A teljesség, mint minőségi jellemző, térben és időben egyaránt értelmezhető.
- **Érvényesség** – annak mértéke, hogy az adatok mennyiben felelnek meg az előre meghatározott érvényességi követelményeknek, illetve milyen mértékben esnek az előre meghatározott elfogadható tartományba. Az érvényesség jellemezhető egyfelől a megfelelő adatok százalékos arányával, másfelől a meg nem felelő adatok arányával.
- **Időszerűség** – megmutatja, hogy az adatokat milyen mértékben sikerült az előírt határidőn belül biztosítani, átadni. Kifejezhető abszolút vagy relatív mutatókkal.
- **Lefedtettség** – mintavételes adatgyűjtés esetén a minta reprezentativitását leíró jellemző, ami megmutatja, hogy milyen mértékben jellemzi a felvett minta az alaposkaságot. Kifejezhető abszolút vagy relatív mutatókkal.

- **Hozzáférhetőség** (felhasználhatóság) – jellemzi, hogy a felhasználók milyen könnyen érhetik el a számukra szükséges adatokat, kifejezhető abszolút vagy relatív mutatókkal.

A legfrissebb USA szakirodalom [15] az adatminőség összetevőit egyrészt kibővítette, másrészt jellemző csoportokba sorolta az okokat. Az összetevők bővítését az adatok elérésének biztonsága jelenti, mint új összetevő. Az adatminőség összetevőinek jellemző csoportjai:

- **sajátság** vagy **belső adattulajdonság** – ide tartozik a pontosság,
- **reprezentativitás** – ide tartozik az érvényesség, más néven a konzisztencia,
- **tartalom** – ebbe a csoportba a lefedettség, a teljesség és az időszerűség tartozik,
- **elérhetőség** – itt a hozzáférhetőség és az elérési biztonság található.

3. ábra: A forgalmi adatok minőségének javasolt alapösszetevői

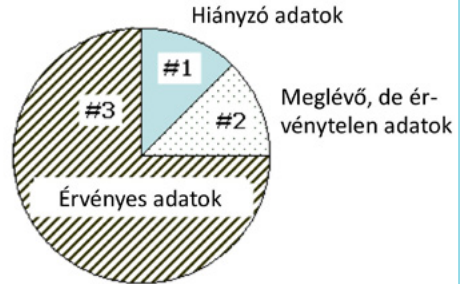


A teljesség és az érvényesség közötti különbséget szemlélteti a 4. ábra, amelyen az összes feltételezhetően összegyűjtendő adat száma alkotja a teljes kört. A teljességi statisztika százaléka tartalmazza mind az érvényes, mind az érvénytelen adatokat az összes lehetséges adathoz viszonyítva. Az érvényesség százaléka pedig az érvényes adatok számát viszonyítja az ellenőrzött (ténylegesen gyűjtött) adatok számához.

4. ábra: A teljesség és az érvényesség közötti különbség

$$\text{Teljesség} = (2+3) / (1+2+3)$$

$$\text{Érvényesség} = 3 / (2+3)$$



A teljes kör a feltételezhetően összegyűjtendő összes adatnak felel meg

5.3. Kombinált adatminőség jellemzők

Egyes elemzők előnyben részesíthetnek egy kombinált adatminőség értéket, amely két vagy több adatminőség összetevőt egy számban foglal össze. Például hatféle adatminőség összetevő kiszámított értékeiből egy adatminőség mutatószámot szeretnénk képezni. Egy ilyen összetett mutató kiszámítható egy tíz fokozatú skála használatával, amelyre átalakítható mindegyik adatminőség összetevő értéke. Például egy 85%-os teljességi érték a tízes skálán 8,5 pontot kapna, egy 6%-os pontossági érték pedig 9,2 pontot érne el. Ezt a két adatminőség összetevőt kombinálva a kapott skála pontérték átlag 8,85 lenne, de az egyes pontértékek súlyozása is lehetséges az adott összetevő fontossága szerint. Ilyen értelemben a kombinált adatminőség érték hasznos lehet a relatív összehasonlításokban vagy az értékelésekben, azonban a kombinált adatminőség érték, mint dimenzió nélküli szám, nehezebben értelmezhető, és nem utal az esetleges problémák okára vagy megoldási lehetőségére.

A kombinált adatminőség érték felhasználható a teljesítményértékelő alkalmazásokban. Ha például a teljesség és a lefedettség értékeiből képződik egy kombinált rendszer, akkor rendelkezésre állási mutató jön létre. A lefedettség értéke a teljes úthálózat azon részének arányát

1. táblázat: Számpélda az adatminőségi mutatókra

		teljes hálózat	érzékelőkkel lefedett	gyűjtött adat	érvényes adat
Adatérték száma (helyek)		200	180	135	108
Egyedi mutatók	lefedettség		$(180/200) \cdot 100 = 90\%$		
	teljesség			$(135/180) \cdot 100 = 75\%$	
	érvényesség				$(108/135) \cdot 100 = 80\%$
Komplex mutatók	lefedett teljesség			$(0.90 \cdot 0.75) \cdot 100 = 67.5\%$	
	érvényes teljesség				$(0.75 \cdot 0.80) \cdot 100 = 60\%$
	teljes érvényes lefedettség				$(0.90 \cdot 0.75 \cdot 0.80) \cdot 100 = 54\%$

mutatja, ahol forgalmi adatgyűjtés történt. A teljesség értéke ezen az utóbbi utakon mutatja meg a rendelkezésre álló adatok mennyiségét, az érvényesség értéke pedig a rendelkezésre álló érvényes adatokra utal. Ha szeretnénk kiszámítani a teljes úthálózatra vonatkozóan a rendelkezésre álló érvényes és felhasználható adatok arányát, mint a százalékos reprezentativitást jellemző komplex rendszer teljességiértéket, akkor össze kell szoroznunk a lefedettség, a teljesség és az érvényesség százalékos értékeit:

$$\text{komplex rendszer teljességiérték} \% = \text{lefedettség} \% \times \text{teljesség} \% \times \text{érvényesség} \%$$

Számpéldaként tételezzük fel, hogy a gyorsforgalmi úthálózaton az érzékelők általi lefedettség 90%-os (vagyis a teljes gyorsforgalmi úthossz 90%-át reprezentálják az összegyűjtött forgalmi adatok). Tételezzük fel továbbá, hogy az érzékelőkön mért és archivált adatok teljessége egy adott évre vonatkozóan 75% és az érvényességük 80%. A komplex rendszer teljességiértéke ez esetben az adott évre vonatkozóan 54% (vagyis $90\% \times 75\% \times 80\%$). Ez azt jelenti, hogy a forgalmi adatok archív állománya ténylegesen 54%-ban reprezentálja az adott évben a gyorsforgalmi úthálózaton elméletileg teljességiértékű összegyűjtendő adatokat. Az 1. táblázat bemutatja az említett számpélda részleteit.

6. KOCKÁZATOK KEZELÉSE A VIDEÓ FORGALOM- FELVÉTELNÉL

6.1. A kockázatkezelés alapfogalmai

Nemzetközileg elfogadott meghatározás [5] szerint a kockázatkezelés (risk management): az elfogadhatatlan kockázatok azonosítása, elemzése, értékelése, szabályozása, valamint azok elkerülése, minimalizálása vagy megszüntetése.

A nem kívánt események és helyzetek kockázatot képviselnek, bekövetkezésük üzleti veszteséget, kárt, szélső esetben balesetet okozhat. A kockázatkezelés ezekkel a nem kívánt eseményekkel foglalkozik, meghatározva azok bekövetkezésének valószínűségét, és az esetleges bekövetkezéskor kialakuló helyzet kezelésére is útmutatást biztosít.

A kockázat (K) valamely nem kívánt esemény előfordulási valószínűségének (p), valamint a következmény súlyosságának (S) a szorzata:

$$K = p \times S$$

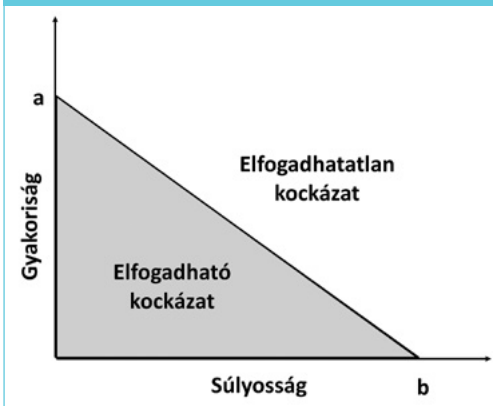
A kockázat nyilvánvalóan növekszik a bekövetkezés valószínűségének vagy a következmény súlyosságának növekedésével. Egymástól független elemekből álló rendszer esetében

a teljes kockázat az egyes veszélyeztetésekhez kapcsolódó kockázatok összegeként határozható meg:

$$K = \sum pi \times Si$$

A nem kívánt esemény eredhet természeti, műszaki, emberi vagy más sajátosságokból. Ennek megfelelően változik a kezelési stratégia. Az azonosított kockázat egy része tekinthető elfogadhatónak, amely esetben számításba vehető az elfogadott kockázatból eredő veszteség. A kockázat csökkentésének vagy teljes megszüntetésének szükséges erőforrásai összevethetők a várható veszteségekkel, és ezen az alapon megállapítható az elfogadható kockázat mértéke.

5. ábra: Az elfogadható kockázat (Forrás: [2].)



A kockázat azonosítása után többféle kezelési stratégia lehetséges:

- az azonosított kockázat kizárólag csak extrém körülmények között fogadható el;
- a kockázat elfogadható mértékű, ebben az esetben a további kockázatcsökkentési tevékenység elhagyható, ha az nem kivitelezhető vagy a kivitelezés költsége nem áll arányban a várható előnyökkel;
- a kockázat általánosságban elfogadható, nem szükséges a további csökkentése.

Műszaki jellegű kockázat kezelése esetén a lehető legkisebb ésszerűen megvalósítható (As Low as Reasonable Possible) szinten cél-

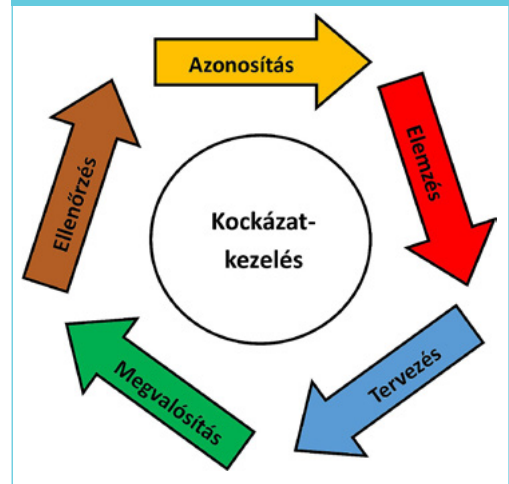
szerű tartani a kockázatot. Ez a szint olyan elfogadható kockázati szint, amelynek további csökkentése vagy nem lehetséges, vagy a további csökkentés erőforrás igénye aránytalanul nagy.

A kockázat csökkentésére irányuló törekvés során figyelembe kell venni, hogy egyrészt kockázatmentes állapot soha nem érhető el, másrészt a nem elfogadható kockázatot feltétlenül csökkenteni szükséges.

A kockázatkezelés vagy kockázatmenedzsment lépései (6. ábra):

1. a kockázat azonosítása,
2. a kockázat elemzése (bekövetkezési valószínűség és következmény súlyossága),
3. a kockázatcsökkentés tervezése (a kockázat csökkentésére alkalmas módszerek),
4. a kockázatcsökkentés megvalósítása,
5. figyelemmel kísérés (szükség esetén ellenőrzés, beavatkozás).

6. ábra: A kockázatkezelés folyamata



6.2. A forgalomfelvétel során előforduló lehetséges kockázatok

A videó forgalomfelvétel, mint minden tevékenység, természetesen nem mentes a kockázatoktól. A felvételi helyszínek kockázatoságának számszerűsítésére a következő táblázatos értékelés javasolható.

2. táblázat: Példa kockázat értékelésre

okok csoportja	nem kívánt esemény	Előfordulás valószínűsége v_i	kockázati szint s_i	kockázat értéke $100 \times v_i \times s_i$
természeti	<i>fényviszonyok változása (kamera ellenfényben)</i>	<i>alacsony = 0,01</i>	<i>minimális = 1</i>	<i>1</i>
	<i>kedvezőtlen időjárás</i>	<i>közepes = 0,02</i>	<i>közepes = 3</i>	<i>6</i>
műszaki	<i>mérési helyszín megfelelősége</i>	<i>alacsony = 0,01</i>	<i>közepes = 3</i>	<i>3</i>
	<i>kamera elhelyezés alkalmassága</i>	<i>közepes = 0,02</i>	<i>közepes = 3</i>	<i>6</i>
	<i>gépkocsi elhelyezés alkalmassága</i>	<i>közepes = 0,02</i>	<i>jelentős = 5</i>	<i>10</i>
	<i>kamera vagy tápegység hiba</i>	<i>alacsony = 0,01</i>	<i>közepes = 3</i>	<i>3</i>
emberi	<i>kaszálás hiánya</i>	<i>közepes = 0,02</i>	<i>közepes = 3</i>	<i>3</i>
	<i>forgalomterelés, lezárás, baleset</i>	<i>alacsony = 0,01</i>	<i>jelentős = 5</i>	<i>5</i>
közösségi esemény	<i>rendezvények, fesztiválok (a mérési helyszín közelében)</i>	<i>alacsony = 0,01</i>	<i>közepes = 3</i>	<i>3</i>

Minden kockázati helyzethez hozzárendelhető az előfordulás valószínűsége és egy kockázati szint, amely arányban áll a következmény súlyosságával. Az említett két tényező szorzata mutatja a kockázat (relatív) értékét.

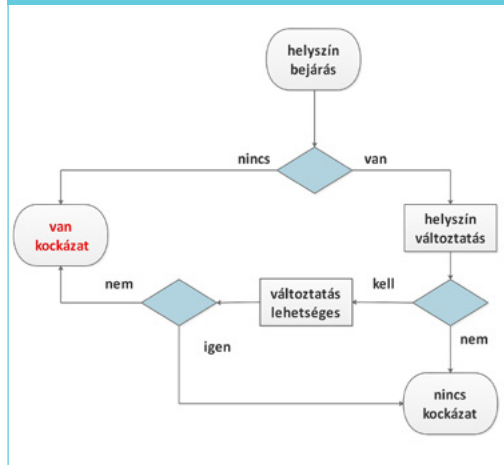
A forgalomfelvétel során előforduló lehetséges kockázatokat a 2. táblázat tartalmazza.

Egy adott helyszínen egy vagy több kockázati helyzet fordulhat elő. Ez utóbbi esetben a kockázat értékek összesítése adja meg a helyszín kockázatoságát jellemző mutatószámot. Ezt az értékelést az összes lehetséges helyszínre elvégezve a kockázatoság szempontjából sorrendbe állíthatók a mérési helyszínek, ami alapján intézkedéseket lehet kidolgozni és tenni a kockázat csökkentésére.

A súlyozott relatív kockázati mutató az előfordulási valószínűségek és a kockázati szintek szorzatainak összegzésével számítható az egyes mérőhelyek esetében külön-külön értékelve a lehetséges kockázatokat.

A mérési helyszín megfelelőségének kockázatoságát egy döntési séma segítségével lehet megállapítani, amit a 7. ábra szemléltet.

7. ábra: A mérési helyszín megfelelőségének kockázata



6.3. A kockázatok csökkentése

A felmerülő kockázatok csökkentésének lehetséges és javasolt módjait a 3. táblázat foglalja össze. A táblázat kitér a javasolt intézkedésre, annak erőforrásigényére és a külső (közútkezelői) kapcsolat szükségességére.

3. táblázat: Kockázat csökkentő lehetőségek

okok csoportja	nem kívánt esemény	javasolt intézkedés	erőforrás igény	külső kapcsolat igénye
természeti	fényviszonyok változása	helyszín módosítás	közepes	közútkezelő
	kedvezőtlen időjárás	pótszámlálás	jelentős	-
műszaki	mérési helyszín megfelelése	helyszín módosítás	jelentős	közútkezelő
	kamera elhelyezés	helyszín módosítás	jelentős	közútkezelő
	gépkocsi elhelyezés	helyszín módosítás	jelentős	közútkezelő
	kamera vagy tápegység hiba	tartalék kamera tart. tápegység	közepes	-
emberi	kaszálas hiánya	jelzés a közút-kezelőnek	minimális	közútkezelő
	forgalomterelés, lezárás, baleset	pótszámlálás	jelentős	-
közösségi esemény	rendezvények, fesztiválok	pótszámlálás	jelentős	-

7. A VIDEO FORGALOMFELVÉTELEK JOGI KÉRDÉSEI

A videó forgalomfelvételek tapasztalatai kapcsán jelentkező megoldandó problémák két csoportban foglalhatók össze:

- elsősorban a rendszám, ami a felvétel felbonthatás csökkentésével megoldható,
- és a kerékpáron közlekedők személyek beazonosítási lehetőségei.

Az új Polgári Törvénykönyv (2013. évi V. törvény a Polgári Törvénykönyvről) a képmáshoz fűződő személyiségi jogok tárgykörében változtatott a korábbi szabályozáson, ami jelentős mértékben érinti a videoeszközökkel rögzített kerékpáron közlekedőket. Az alábbi videofájlokból származó képi vágatok jól mutatják a problémát.

A videofelvételekből mintát véve ellenőrzési céllal jól látható a részletekben, hogy a kerékpáron közlekedő személyek „beazonosíthatók” a felvételeken. A képmás polgári jogi védelme viszont több megoldandó kérdést vet fel. A polgári jogban tehát azt jelenti a képmáshoz és a hangfelvételhez való jog, hogy mindenkinek joga van eldönteni azt, hogy kívánja-e, hogy róla vagy hangjáról felvétel készüljön, illetve a már elkészült felvétel a nyilvánosságra kerüljön-e.

8. ábra: Rendszámok a videofelvételen (letakarva)



9. ábra: Kerékpárosok a videofelvételen (arcok letakarva)



A kívánatos megoldás az lenne, ha „takart képek” állnának elő, amelyeket lehetőleg automatizált vagy „félleg automatizált” videók korrekciós megoldással, vagy kamerák adott fókusz/blende paramétereivel lehetne előállítani. Vagyis a kerékpáron közlekedő „anonim” arcmása nem felismerhető.

A kamerák adott fókusz/blende paramétereinek megfelelő beállításával erre egy példa is készült (fényképfelvétellel a kívánatos „anonim” kerékpáros bemutatására).

A videó forgalomfelvétel kapcsán fennáll a „képmás rögzítésének” problémája a jogszabályi környezet tükrében. Négy lehetséges megoldást mutatunk be a mérési helyszíneken, ahol a probléma felmerülhet (gyalogosok, kerékpárosok jelennek meg videón):

10. ábra: Azonosíthatatlan kerékpáros a felvételen



- jól látható figyelmeztető tábla, felirat kihehelyezése, hogy videokamerás forgalomszámlálás történik. (ettől még nem kaptunk hozzájárulást a gyalogostól, kerékpárostól, bár tudomására hoztuk);
- a felvételre kerülő személynek azon lehetőség megadása, hogy kéri törölni magát a videóról (ez elég problematikus);
- garantált kamera mélységélesség beállítás úgy, hogy a személyek felismerhetően nem látszanak;
- a videofelvételek minőségének utólagos felbontási minőség csökkentése, ekkor a személyek felismerhetően nem látszanak.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] 2013. évi V. törvény a Polgári Törvénykönyvről https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A1300005.TV (2018. 02. 14.)
- [2] Abonyi János, Fülep Tímea (2014): Biztonságkritikus rendszerek. Pannon Egyetem 2014.
- [3] Antal István - Janás Lajos (2011): Az országos közutak forgalmának változása a keresztmetszeti forgalomszámlálások adatai alapján. Közlekedéstudományi szemle, 2011. 4. 17-40. old.
- [4] British Standard Institution (1991): Quality vocabulary Part 2. (Concepts and related definitions) BS 4778.

- [5] Business Dictionary (2018): Risk management <http://www.businessdictionary.com/definition/risk-management.html> (2018. 02. 14.)
- [6] Cseffelvay Mária - Thurzó Gábor (2004): Korszerősítési lehetőségek az országos közúti keresztmetszeti forgalomszámlálásban. Közúti és mélyépítési szemle, 2004. 1. 32-39. old.
- [7] Gulyás András (2010a): Az országos közutak keresztmetszeti forgalomszámlálásának korszerősítése. Közlekedésépítési szemle 2010. 3. 1-4. old.
- [8] Gulyás, A. (2010b): A new concept for the national traffic census. Third Transport Research Arena European Transport Research Conference, Brussels, 2010.
- [9] Gulyás András - Hernádi Péter - Makula László (2005): Forgalmi monitoring az országos közúthálózaton. Közúti és mélyépítési szemle 2005. 10. 13-17. old.
- [10] International Organization for Standardization (2015a): ISO 9001:2015 Quality management systems. Requirements. <https://www.iso.org/iso-9001-quality-management.html> (2018. 02. 14.)
- [11] International Organization for Standardization (2015b): ISO 9000:2015 Quality management systems – Fundamentals and vocabulary. <https://www.iso.org/standard/45481.html> (2018. 02. 14.)
- [12] International Organization for Standardization (1986): ISO 8402:1986 Quality – Vocabulary. <https://www.iso.org/standard/15570.html> (2018. 02. 14.)
- [13] Krea-Tura Mérnök Kft. (2009): Az országos közúti keresztmetszeti forgalomszámlálás felülvizsgálata. Megrendelő: Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ 2009.
- [14] Magyar Útügyi Társaság (2009): Országos közutak keresztmetszeti forgalmának számlálása és a forgalom nagyságának meghatározása. e-UT 02.01.21, 2009.
- [15] Transportation Research Board National Cooperative Highway Research Program (2017): Data Management and Governance Practices - A Synthesis of Highway Practice, NCHRP Synthesis 508. 2017. <https://www.nap.edu/download/24777> (2018. 02. 14.)
- [16] U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration (2004): Traffic Data Quality Measurement Final Report 2004. <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/4226> (2018. 02. 14.)



Information quality issues of video based traffic measurements

The article describes the theoretical background of video traffic measurements within the national traffic census on public roads. It deals with quality assurance, transparency of processes and sub-processes, seeking critical points in procedures, identification and handling of possible risks as well as personal right issues of video traffic recordings. The article provides a short review of domestic and international literature of the topic highlighting traffic data quality measurement.



Einige Fragen der Informationsqualität von Video-Verkehrsaufnahmen

Im Artikel wird der theoretische Hintergrund von den Video-Verkehrsaufnahmen im Rahmen der Querschnittszählungen auf den nationalen Strassen vorgestellt. Dabei werden die Fragen bezüglich der Qualitätssicherung, der Durchsichtigkeit der Teilprozesse, des Nachweises der kritischen Punkte in der Ausführung, der Identifizierung und Behandlung der möglichen Risiken sowie der Privatrechte bei Videoaufnahmen verhandelt. Die Arbeit gibt eine kurze Übersicht der einheimischen und internationalen Fachliteratur, wobei der Messung der Qualität der Verkehrsdaten hohe Priorität eingeräumt wird.

Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek egyszerűsített analitikus méretezése

Egy megkezdett kutatás részeredményeinek ismertetési célja, hogy az új építésű, aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek tervezéséhez és építéséhez olyan alternatív méretezési eljárást biztosítson, amely – a típusútpályaszerkezetek alkalmazásához képest – megnöveli az altalaj, illetve az épített pályaszerkezeti rétegek anyagi tulajdonságaiban rejlő lehetőségek jobb kihasználásának keretfeltételeit. Emellett lehetőséget teremt a helyi, környezeti, földrajzi és egyéb adottságok, illetve innovatív kivitelezői és műszaki képességek figyelembevételére, és egy olyan új, pályaszerkezet-méretezési szabályozást készít elő, amely az eddigieknél gazdaságosabb, tudományos megalapozottságú tervezés lehetőségét nyújthatja.

DOI 10.24228/KTSZ.2018.5.2

Primusz Péter, PhD

Soproni Egyetem,
Erdőmérnöki Kar,
Geomatikai, Erdőfeltárási és
Vízgazdálkodási Intézet
e-mail: primusz.peter@uni-sopron.hu

–

Tóth Csaba, PhD

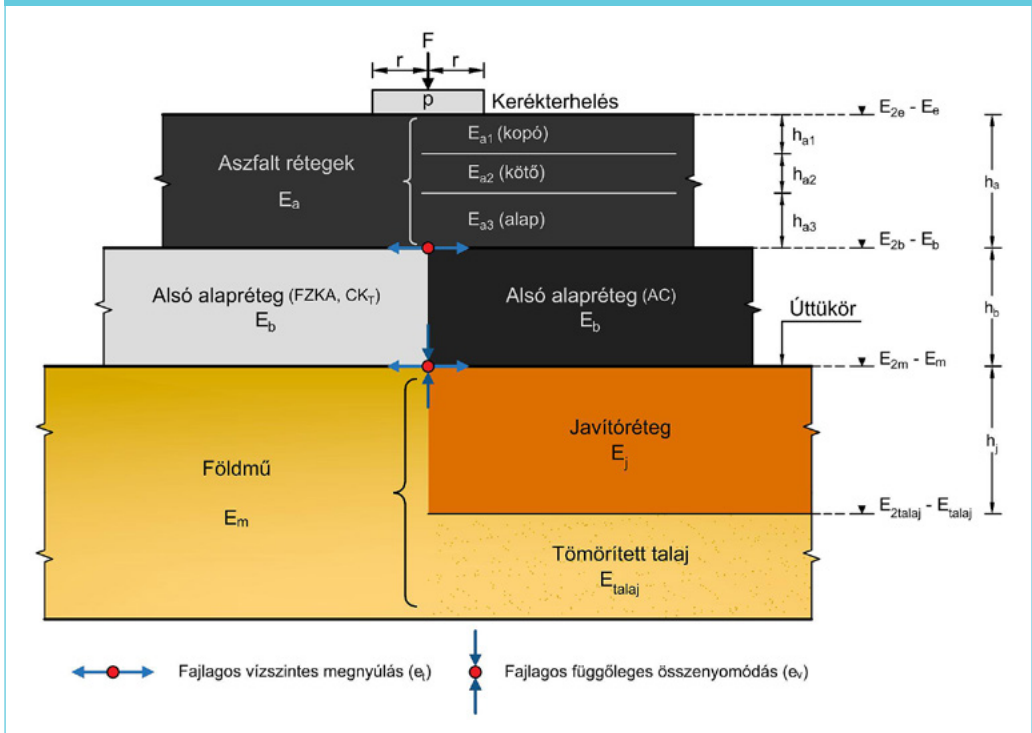
Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi Egyetem
Út és Vasútépítési Tanszék
toth.csaba@epito.bme.hu

1. ELŐZMÉNYEK

A hiányzó úthálózati elemek kiépítése, a meglévő hálózatok megerősítése, illetve felújítása minden országban kiemelt nemzetgazdasági érdek. A rendelkezésre álló források ugyanakkor világszerte – hazánkhoz hasonlóan – korlátozottak, így az ilyen irányú fejlesztések és beavatkozások tervezése szükségszerűen a legkorszerűbb módszerekkel kell, hogy történjen. Ugyanis bármennyi forrás áll rendelkezésünkre, csak korszerű, gondos és körültekintő tervezés képes elősegíteni a hatékony, alacsony költségű és/vagy magasabb szolgáltatási színvonalú, fenntarthatóbb műszaki megoldások kidolgozását.

Az útpályaszerkezet-méretezés és -megerősítés területén Magyarországon a kilencvenes évek elején lezajlott korszerűsítést követően érdemi fejlődés nem történt, jöllehet voltak érdemi javaslatok a továbbfejlesztésre, azok mostanáig nem épültek be a szabályozásba ([1]; [2]; [3]; [4]; [5]; [6]). Ennek következtében a nemzeti méretezési elvek mára elavultak, a technológia fejlődését a szabályozásunk nem követte nyomon. Az új magyar pályaszerkezet-tervezési eljárás [7] bár alapjaiban mechanikai méretezési módszert követ [8], az alkalmazandó szerkezet meghatározásakor csupán a típus-pályaszerkezetek katalógusból történő kiválasztását teszi lehetővé a gyakorló mérnök számára.

1. ábra: A méretezési modulusok és a pályaszerkezet általános rétegrendje



A jelenleg érvényes előírás a tervezési forgalom függvényében négy alapréteg variáció szerint adja meg a szükséges aszfaltvastagságot:

1. teljes aszfalt típus-pályaszerkezet: ahol az alsó alapréteg is hengerelt melegaszfalból készül,
2. kötőanyag nélküli szemcsés alapréteggel épült szerkezetek, ahol az alsó alapréteg lehet: mechanikai stabilizáció, szakaszos megoszlású, makadám rendszerű zúzottkő réteg vagy folytonos szemmegoszlású zúzottkő alap,
3. hidraulikus kötőanyagú stabilizációs alapréteggel épült pályaszerkezetek, ezen alapréteg esetén a tervező 150 és 200 mm vastag alapréteg közül választhat,
4. soványbeton alapréteggel épült pályaszerkezetek.

A katalógusrendszer használata széles körben ismert. A tervezési forgalom (TF) meghatározását követően a kapott értéket be kell sorolni terhelési osztályokba (A-R jelölés).

A szükséges pályaszerkezetek a forgalmi terhelési osztály függvényében olvashatók ki a katalógusból. A típus útpályaszerkezetek az aszfaltrétegek tömör összvastagságát tüntetik fel. Ezeket a vastagságokat később technológiailag ténylegesen beépíthető aszfaltrétegekre kell felosztania a tervezőnek.

Megjegyezve, hogy a soványbeton alaprétegek tervezése a reflexiók repedések kialakulásának kockázata [9] miatt leállt, illetve teljes aszfalt pályaszerkezet – bár az elvi lehetőség régóta rendelkezésre áll – gyakorlatilag Magyarországon nem épült, így a tervezési variációk száma a gyakorlatban négy helyett két alaprétegre szűkölt. Figyelembe véve továbbá, hogy az ország ásványvagyona nem nagy és a kőbányák területi eloszlása is egyenlőtlen, így a kő-

tőanyag nélküli szemcsés alaprétegek építése folyamatosan visszaszorult, és a hidraulikus alaprétegek tervezése és építése vált egyeduralkodóvá.

A típus útpályaszerkezetek kényelmes használata mellett, a napi tervezői feladatok egyre erősebben igényelték egy olyan hazai eljárást kidolgozást, amely egyszerre alkalmas új útpályaszerkezetek méretezésére és a meglévő útpályaszerkezetek felújítási és technológiai javaslatainak kidolgozására. Régi mérnöki elvárás az is, hogy a módszer képes legyen kezelni az anyagi tulajdonságokban rejlő lehetőségeket az egyes terv alternatívák műszaki összevetése mellett (pl.: többlet-élettartam vagy egyenértékű, de olcsóbb szerkezet).

A cikk egy olyan kutatás [10]¹ részeredményeit ismereti, amelynek célja az volt, hogy az új építésű, aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek tervezéséhez és építéséhez olyan alternatív méretezési eljárást biztosítson, amely – a típus-útpályaszerkezetek alkalmazásához képest – megnöveli az altalaj, illetve az épített pályaszerkezeti rétegek anyagi tulajdonságaiban rejlő lehetőségek jobb kihasználásának keretfeltételeit, továbbá lehetőséget teremt a helyi, a környezeti, a földrajzi és az egyéb adottságok, illetve innovatív kivitelezői és műszaki képességek esetleges figyelembevételére.

A kutatás feltétele volt, hogy az új méretezési eljárás az érvényes magyar típus-pályaszerkezetekkel összehangolt, azzal együtt kezelhető legyen, azaz hagyja meg a megrendelői és tervezői választás szabadságát a két eljárás között. A javasolt eljárás kidolgozásakor a szerzők az útpályaszerkezet-méretezés analitikus eszközszerkezetének megalkotását tekintették elsődlegesnek. Az ezen túlmutató technológiai, geometriai, építési, minőségbiztosítási, illetve közlekedésbiztonsági követelmények teljes körű figyelembevételére az idő rövidege miatt nem volt lehetőség. E kérdések megválaszolása további kutatásokat igényel.

1 A kutatásban közreműködött: Gribovszki Zoltán, Igazvölgyi Zsuzsanna, Kalicz Péter, Kisfaludi Balázs, Markó Gergely, Péterfalvi József, Pethő László, Primusz Péter, Soós Zoltán, Szegedi Balázs, Szentpéteri Ibolya, Tódor Dénes, Tóth Csaba

2. A MÉRETEZÉSI MÓDSZER ALAPELVE

Az eljárás az útpályaszerkezeteket rugalmas, végtelen izotróp féltéren – úttükör – fekvő, többrétegű hajlékony lemezekként kezeli [11], amelyeket vastagságuk (h), rugalmassági modulusuk (E) és Poisson-tényezőjük (μ) jellemez.

A felsorolt három paraméter ismeretében, a legfelső aszfaltréteg felszínén ható, egyenletesen megoszló, kör alakú terhelő felület hatására a többrétegű rendszer bármely belső pontjában létrejövő feszültség, megnyúlás és elmozdulás számítható (1. ábra).

Az eljárás az aszfaltrétegek alsó szálában ébredő vízszintes (ϵ_v) fajlagos megnyúlást, illetve közvetlenül az úttükör felszínén keletkező fajlagos függőleges (ϵ_v) összenyomódást tekinti kritikus igénybevételként. A módszer alkalmazásakor a megadott anyagparaméterek segítségével megalkotott modellben a kritikus helyeken – a terhelés tengelyében – meghatározva az ébredő igénybevételeket a szerkezet megfelel, ha ezek az értékek kisebbek az anyagi tulajdonságok alapján megengedhető határigénybevételek értékeinél.

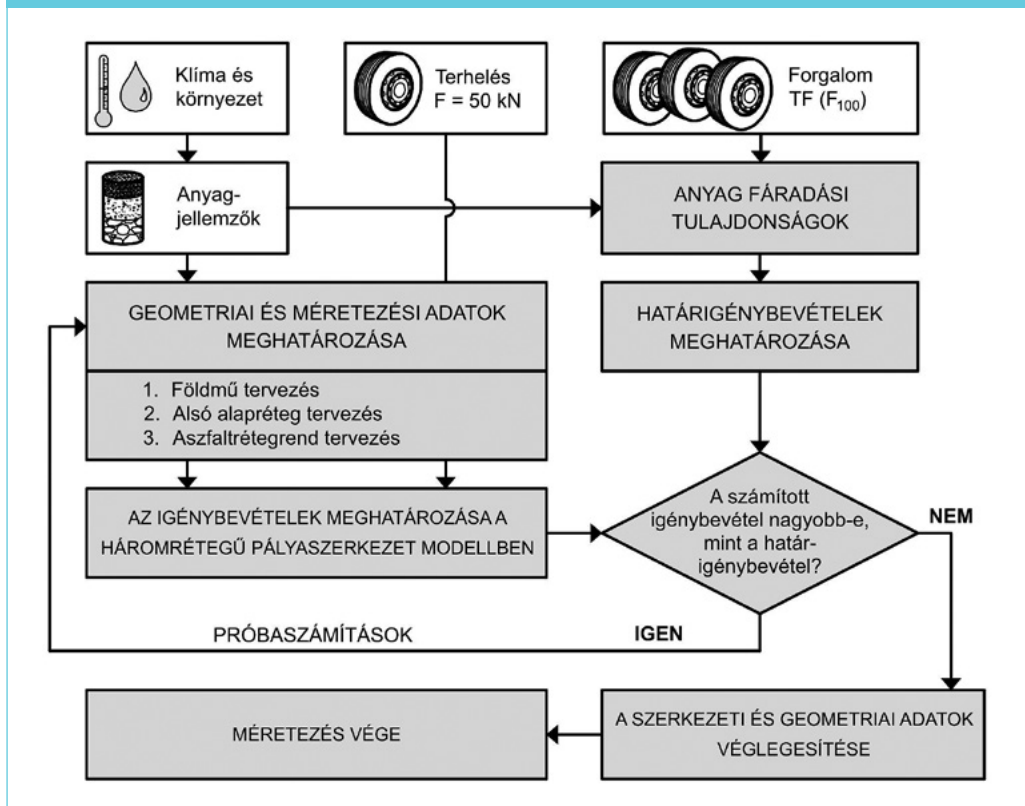
2.1. A méretezés végrehajtásának lépései

A 2. ábra a részletezett mechanikai méretezés folyamatát mutatja be. A méretezés kiinduló pontja az aszfaltburkolatú útpályaszerkezet háromrétegű modelljének megalkotása. A pályaszerkezeti rétegek háromrétegű modellre történő redukálását az ez a szükségessé, hogy az eljárás eredménye a meglévő típus-pályaszerkezet katalógusban szereplő típus-pályaszerkezetekkel közvetlenül összehasonlítható eredményt szolgáltatson. A számításokat a felparaméterezett, többrétegű mechanikai modell felhasználásával lehet elvégezni. A következő három rétegcsoportot különítjük el:

1. aszfalt rétegek,
2. alaprég(ek),
3. földmű (úttükör).

A méretezéskor a háromrétegű rendszer egyes rétegeihez anyagi jellemzőket (E , μ), illetve az aszfaltbeton és alsó alaprég(ek) esetén (h)

2. ábra: Az analitikus méretezési eljárás folyamatábrája



vastagságtérteket kell rendelni. A gazdaságos útpályaszerkezetek kialakításának érdekében javasolt, hogy a rétegmodulusok felülről lefele csökkenjenek, a vastagságok pedig növekedjenek.

2.2. Anyagjellemzők és rétegvastagságok felvétele

2.2.1. Földmű teherbírás tervezés

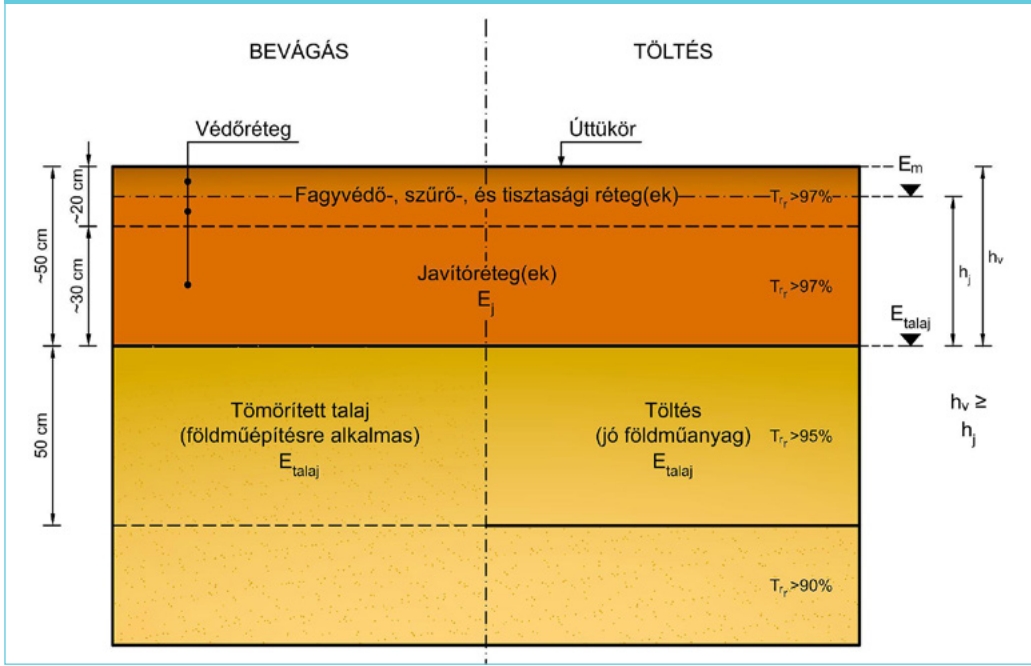
A jelenleg érvényes szabályozás az úttükör szintjén a földmű statikus méretezési teherbírasi modulusát $E_{2m} = 40$ MPa értékben rögzíti. Ezzel a megközelítéssel szemben, az új eljárás alkalmazásakor a tervező a legalacsonyabb ($E_{2m} = 40$ MPa) úttükör teherbírásnál magasabb (E_m) méretezési teherbírasi modulusot is választhat. Javasolt a helyi talaj és hidrológiai adottságokat kihasználva a lehető legjobb úttükör (E_m) teherbírás tudatosan megtervezni,

ezzel elkerülve, hogy a teljes pályaszerkezettel szemben elvárt teljesítményt csak az értéke-sebb pályaszerkezeti rétegek vastagságának növelésével lehessen biztosítani. A 3. ábra a földmű teherbírás tervezés általános modelljét mutatja be.

A bevezetett modellnek megfelelően a földmű teherbírás tervezés főbb lépései az alábbiak (4. ábra):

1. A tömörített talaj (E_{talaj}) teherbírasi modulusának meghatározása.
2. Az úttükör (E_m) méretezési teherbírasi modulusának kijelölése.
3. Abban az esetben, ha az E_{talaj} teherbírasi modulus alacsony, azaz $E_{talaj} \ll E_m$ és ez vastag pályaszerkezeti rétegek tervezését (és építését) követeli meg, javítórég tervezendő. Ellenkező esetben $E_m = E_{talaj}$ és a földmű teherbírás tervezésnek vége.

3. ábra: A földmű felső (2×50 cm-es) részének jellemző kialakítása a méretezőskor



4. A javítóréteg (E_j) teherbírasi modulusának meghatározása.
5. A tömörített talaj (E_{talaj}) és az úttükör (E_m) méretezési teherbírasi modulusának ismeretében a javítóréteg szükséges (h_j) vastagságának számítása.
6. A fagyvédő-, szűrő- és tisztasági réteg szükségességének ellenőrzése.

2.2.1.1. Az altalaj teherbírasi modulusának meghatározása

Az út tervezésekor készülő talajvizsgálati jelentés képezi a földműtervezés alapját. A talajvizsgálati jelentés az adott terület talaj- és talajvízviszonyait mutatja be helyszíni feltárások és laboratóriumi vizsgálatok alapján. A talajvizsgálati jelentés által feltárt és beazonosított talajok tartósan biztosítható (E_{talaj}) tervezési teherbírasi modulus értékeit laboratóriumi vizsgálatokkal kell meghatározni, figyelembe véve a földmű víztartalom változását és annak a teherbírásra gyakorolt hatását.

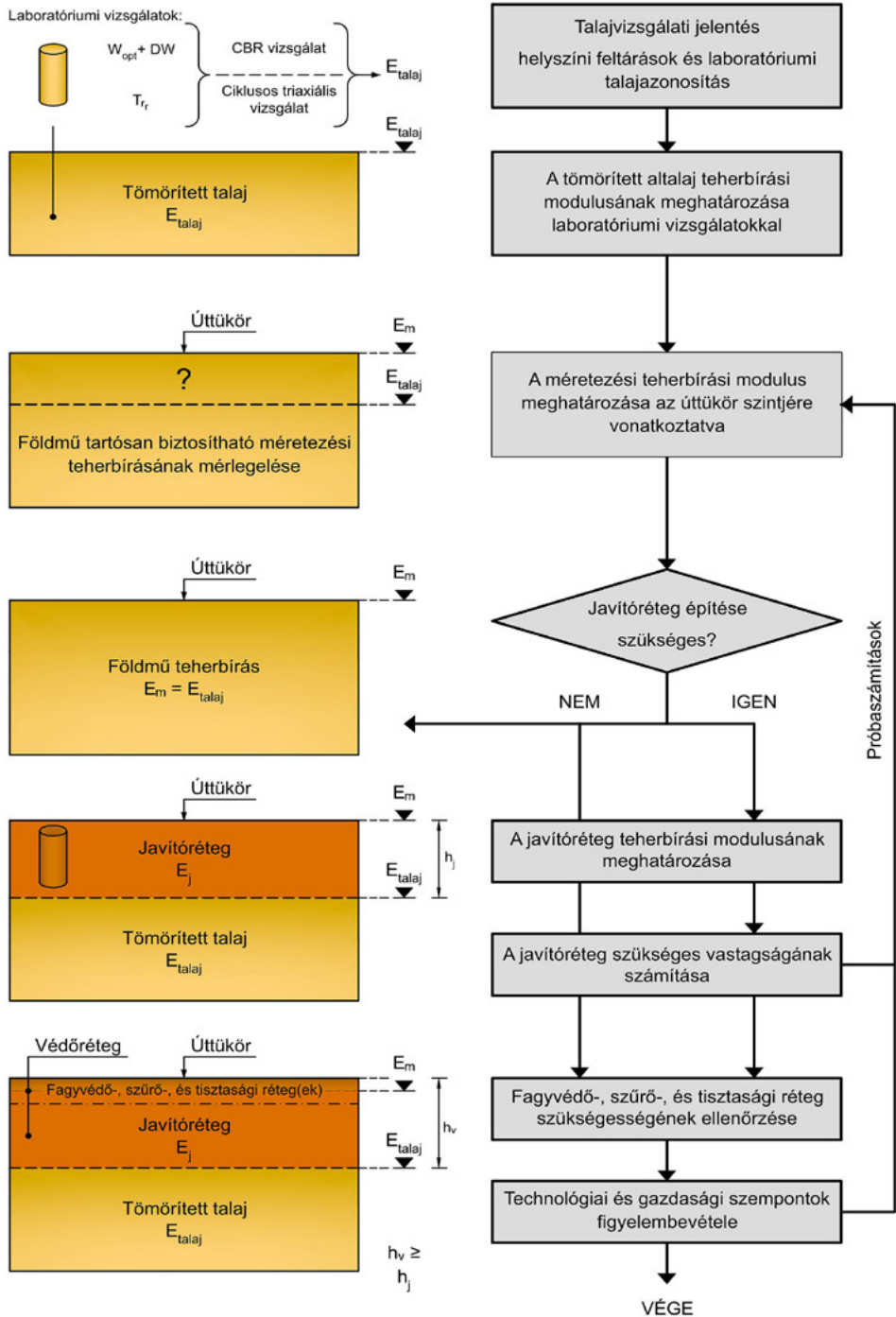
A laboratóriumi vizsgálatok számára előkészített talajminta tervezési (T_{rp}) tömörségi foka a

szemcsés talajoknál 95%, kötött talajoknál 90% legyen. A tényleges víztartalom a szabvány szerinti (w_{opt}) optimális víztartalomnál Δw értékkel legyen nagyobb. Ily módon a talaj teherbírasi modulusának laboratóriumi meghatározásakor egy jól tömörített, kissé elázott földmű építési körülményeit modellezzük. Az előzőeknek megfelelően előkészített talajminta tervezési teherbírasi modulusa (E_{talaj}) a talajok ciklusos terheléssel szembeni viselkedését leíró MSZ EN 13286-7:2004 szerinti triaxiális vizsgálat [12], vagy az MSZ EN 13286-47:2012 szerint CBR-vizsgálat [13] eredményéből becsült (M_r) reziliens modulus helyettesítendő ($E_{talaj} \approx M_r$). Az alternatív pályaszerkezet-méretezési eljárás altalajokra az (E_{talaj}) dinamikus teherbírasi modulus $E_{talaj} \leq 150$ MPa értékben maximalizálja, de a javítórétegek ennél magasabb értéket is felvehetnek.

2.2.1.2. A javítóréteg teherbírasi modulusának meghatározása

A javítóréteg különböző anyagok és eltérő technológiák alkalmazásával építhető meg. A földmű tervezésénél alkalmazható fő javítóréteg típusok:

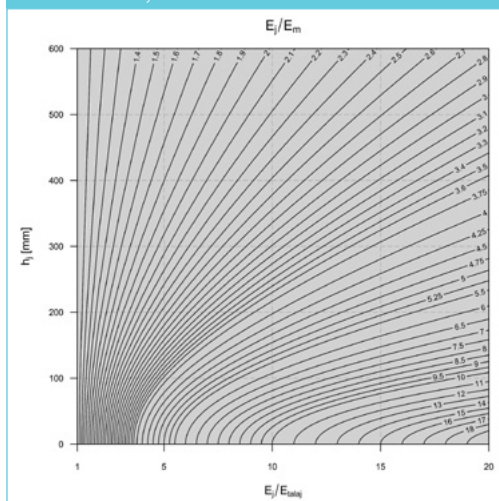
4. ábra: A földmű teherbírás tervezés folyamatábrája



1. kötőanyag nélküli szemcsés javítóréteg,
2. geoműanyaggal erősített szemcsés javítóréteg,
3. kötőanyaggal készülő talajstabilizációs javítóréteg.

A helyi viszonyok figyelembevételével meg kell vizsgálni a nagyobb teljesítményű javítóréteg alkalmazásának lehetőségét, hogy a pályaszerkezet műszaki-gazdasági optimalizálása elvégezhető legyen.

5. ábra: A földmű javítóréteg vastagságának meghatározása (E_{talaj} a javítandó talaj modulusa, E_j a javító réteg modulusa, E_m a javító réteg tetején elérendő teherbírési modulus, h_j a javítóréteg vastagsága)



A kötőanyag nélküli szemcsés javítóréteg készülhet az útépitési alapréteggént is használatos folytonos szemeloszlású zúzottkő vagy mechanikai stabilizáció felhasználásával. Egyéb szemcsés anyagú talajok is felhasználhatók javítóréteg építésre, de ez esetben a talajoknak kiváló vagy jó minőségű (M-1, M-2), jól tömöríthető (T-1) és fagyálló (X-1) osztályba kell tartozniuk. A szemcsés javítórétegek modulusa (E_j) laboratóriumban meghatározandó a talajoknál ismertett ciklusos triaxiális vagy CBR-vizsgálatok eredményéből.

A szemcsés anyagú javítóréteg vastagsága hatékonyan csökkenthető geoműanyag

réteg(ek) beépítésével. Geotextiliákat, georácsokat, geowebeket és különböző kompozit geoműanyagokat lehet erre a célra felhasználni [14]. A rendkívül nagy választékban elérhető, különböző típusú és szilárdságú geoműanyagot gyártók a saját termékeikre kifejlesztett méretező diagramokkal és szoftverekkel rendelkeznek, így az úttükör teherbírési modulusát (E_m) minden esetben a gyártóval egyeztetett módon javasolt meghatározni. A geoműanyaggal erősített szemcsés javítóréteg vastagságának (h_j) ismeretében a geoműanyaggal erősített szemcsés javítóréteg teherbírési modulusa (E_j) az 5. ábra felhasználásával visszaszámolható és a pályaszerkezet méretezéséhez felhasználható.

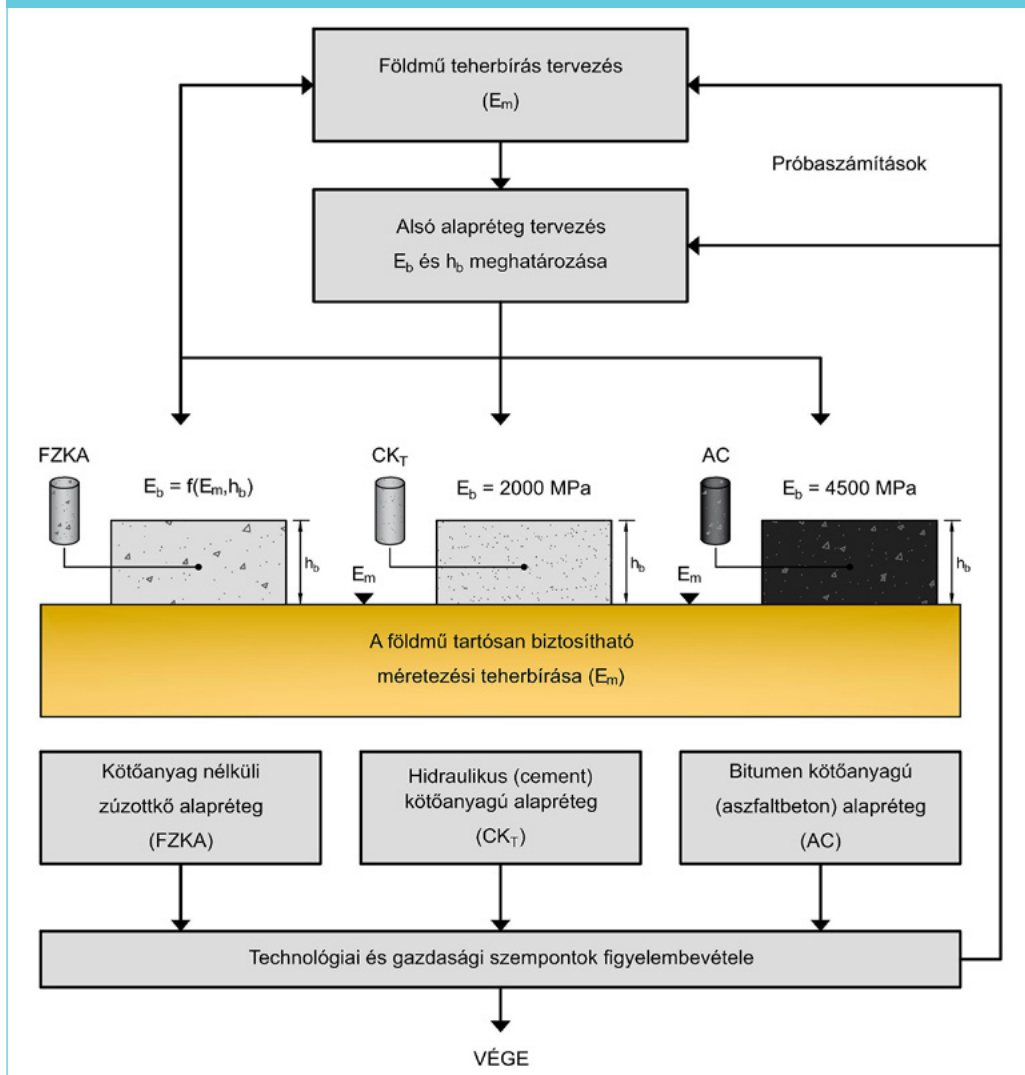
A kötőanyag hozzáadásával készülő talajstabilizációk legnagyobb előnye, hogy a helyben található talajok tulajdonságait úgy módosítja, hogy azok nedvességgel és fagyhatásokkal szemben ellenálló anyagokká válnak. A talaj tulajdonságaiban bekövetkező változásokat hosszú távon szükséges biztosítani, ezért tartóssági tesztet is tartalmazó laboratóriumi vizsgálatok elvégzése szükséges. Ezekkel igazolni kell, hogy a stabilizált réteg vízzel és faggal szemben tartósan ellenállóvá vált. Az eljárás ezekre a vizsgálatokra vonatkozóan nem ad előírásokat, azt az egyes kötőanyag típushoz vagy talajkezelési eljáráshoz tartozó műszaki előírás alapján szükséges elvégezni és kiértékelni.

A talajstabilizációs javítóréteg teherbírési modulusa (E_j) laboratóriumban meghatározandó a talajoknál ismertett ciklusos triaxiális vagy CBR-vizsgálatok eredményéből számítható.

2.2.1.3. A javítóréteg vastagságának meghatározása

A tervező által előírt földmű-teherbírési érték biztosításához szükséges javítóréteg vastagságát a Burmister-féle differenciálegyenletekkel vagy az Odemark-féle egyenérték-vastagság módszerével javasoljuk meghatározni. A javítóréteg vastagságának meghatározásakor ismerni kell a javítóréteg alatti tömörített talaj (E_{talaj}) és a javítóréteg (E_j) teherbírési modulusát. Az ismert rétegmódulusok alapján az úttükör tervezett (E_m) teherbírési értékének

6. ábra: Az alsó alapréteg tervezés folyamatábrája



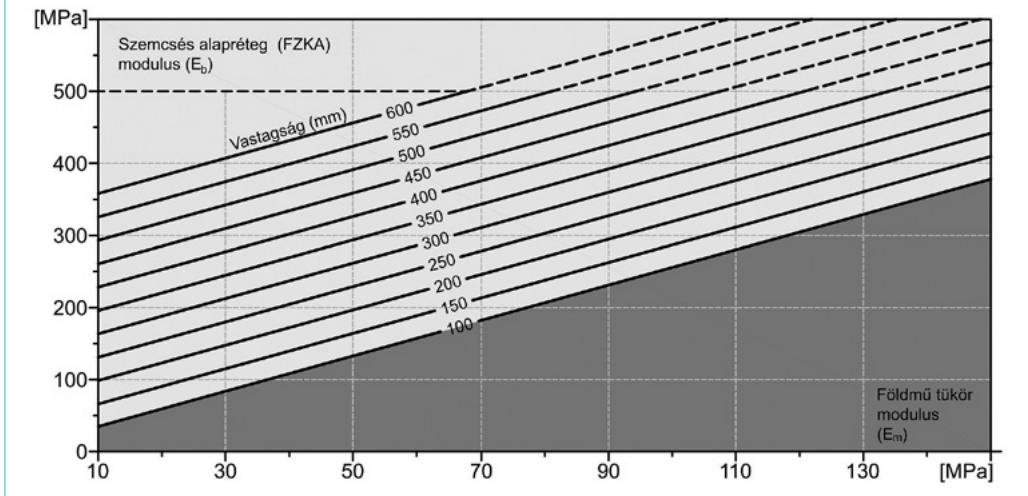
eléréséhez szükséges javítóréteg vastagság (h_j) az Odemark-féle egyenérték-vastagság alapján az 5. ábra segítségével határozható meg.

Az 5. ábra a javítóréteg modulusa (E_j) és vastagsága (h_j), a javítandó talaj (E_{talaj}) modulusa és a javítóréteg tetején (úttükör szintjén) elérhető modulus (E_m) közötti összefüggést tartalmazza. A számításhoz ismerni kell a javítóréteg modulusát, amit a tervezőnek célszerű laboratóriumban meghatározatni. A javítóré-

teg (h_j) tervezési vastagsága nem lehet kisebb a technológiai rétegvastagságnál. A javítóréteg vastagságába a fagyvédő réteg vastagsága, – ha eltérő anyagból épül – nem számítható be. Az egyenérték-vastagságon alapuló javítóréteg méretezést javasolja Adorjányi (2009) is, amit a következő számpéldával illusztrálunk:

A tömörített talaj $E_{talaj} = 20$ MPa értékű teherbírasi modulusát egy $E_j = 195$ MPa modulusú szemcsés anyaggal javítják az úttükör szint-

7. ábra: Az FZKA alsó alapréteg modulusának meghatározása



jén tervezett $E_m = 65$ MPa értékű teherbírási modulusra. A 5. ábra vízszintes tengelyéről az $E_j/E_{\text{talaj}} = 9,75$ értéket az $E_j/E_m = 3,0$ interpolált görbére vetítve, a metszéspontot az ordinátatengelyre kivetítve kapjuk a javítóréteg ($h_j = 300$ mm) vastagságát. Megjegyezzük, hogy $E_j/E_m \approx 1,0$ esetén az adott javítóanyag (és teherbírási modulus) nem alkalmazható hatékonyan a célteherbírás eléréséhez.

2.2.1.4. A fagyvédő réteg tervezése

A fagyvédő réteg építésének szükségességét és vastagságát a fagyvédelemre vonatkozó érvényes műszaki előírás alapján kell meghatározni. A javítóréteg vastagsága beszámítható a fagyvédő réteg vastagságába, ha a beépített anyag a fagyvédelemre vonatkozó előírásokat kielégíti, és ugyanabból az anyagból készül, mint a fagyvédőréteg.

2.2.1.5. A tisztasági réteg tervezése

Kötött talajú földmű esetében az FZKA pályaszerkezeti alapréteg alá legalább 100 mm vastag szemcsés (homokos kavics) védőréteget kell tisztasági réteggént építeni, vagy geotextiliát kell helyezni a földmű felületére. A tisztasági réteg vastagsága nem számítható be a javítóréteg vastagságába.

2.2.1.6. A szűrőréteg tervezése

A pályaszerkezetbe jutó vizek kivezetésére

vagy a kapillaris vízelmelkedés megszakítására alkalmazott szűrőréteget úgy kell megtervezni és elkészíteni, hogy a vízvezető, szűrő és megtámasztó funkcióját egyszerre el tudja látni. Ennek biztosítására a tervezői gyakorlat a Terzaghi-féle [15, 16] vagy a szigorúbb szűrési feltételeket kielégítő ún. svájci szűrőszabályt alkalmazza. A szűrőréteg minimális vastagsága 100 mm, gyakori értéke 150 mm. A szűrőréteg vastagsága nem számítható be a javítóréteg vastagságába.

2.2.2. Alap réteg(ek) tervezése

Az alternatív pályaszerkezet-méretezési eljárás esetén az alapréteg készülhet kötőanyag nélkül zúzottkőből vagy kötőanyaggal stabilizált keverékekből. A kötőanyag szerint megkülönböztetünk:

- hidraulikus (cement) kötőanyaggal, és
- bitumen kötőanyaggal szilárdított alaprétegeket.

Az alapréteg méretezésének folyamatát az 6. ábra foglalja össze.

2.2.2.1. Kötőanyag nélküli (szemcsés) alsó alapréteg

A kohézió nélküli szemcsés anyagok teherbírási modulusa nagymértékben a feszültségi állapotuk függvénye, ami azt jelenti, hogy saját modulusuk nincs. Ennek megfelelően elvi-

leg nem lehetséges egy konkrét modulusérték meghatározás a méretezési számítások elvégzéséhez. Különböző regressziós kiértékelések alapján van mód viszonylag megbízható méretezési paraméterértékek meghatározására. A kötőanyag nélküli szemcsés anyagok közül a folytonos szemeloszlású zúzottkövek (FZKA) használhatók pályaszerkezeti alsó alapréteg(ek) építésre, tekintettel a nagy forgalmi terhelésre ($TF > 1$ millió). Az FZKA réteg – pályaszerkezeten belüli – modulus becslése (E_b) a tervezett úttükör teherbírás (E_m) és az alsó alapréteg vastagságának (h_b) függvényében a 7. ábrán látható diagrammal vagy az alábbi egyenlet felhasználásával törtenhet:

$$E_b = 2,46 \cdot E_m + 0,64 \cdot h_b - 54,3 \quad (1)$$

ahol

E_b : az FZKA alsó alapréteg modulusa [MPa]

E_m : az úttükör tartósan biztosítható méretezési modulusa [MPa]

h_b : az FZKA alsó alapréteg vastagsága [mm]

Az (1) egyenlet $10 \text{ MPa} \leq E_m \leq 150 \text{ MPa}$ és $100 \text{ mm} \leq h_b \leq 800 \text{ mm}$ határok között, 25 mm-es lépésközökkel alkalmazható azzal a megszorítással, hogy az FZKA réteg modulusára teljesülni kell az $E_b \leq 500 \text{ MPa}$ feltételnek is. Az FZKA réteg tervezhető minimális (h_b) vastagsága 100 mm, maximális vastagsága 800 mm, a Poisson-tényező értéke $\mu=0,40$. A kidolgozott (1) egyenlet Barker és társai (1977) munkáján alapul. Az FZKA alsó alap gyakori (h_b) vastagsága 200-300 mm között van. A méretezésnél használt (h_b) vastagságot végül építési (v) vastagságokra kell felbontani, itt figyelembe kell venni, hogy a legnagyobb szemcseméret (D_{max}) a tömör rétegvastagság 1/3-ánál nem lehet nagyobb:

$$D_{max} \leq \frac{1}{3} \cdot v \quad (2)$$

ahol „ v ” az egy terítésben épített és tömörített réteg vastagsága, általában 100-200 mm. Az FZKA alaprétegek tervezésénél mindig meg kell vizsgálni, hogy fennáll-e az altalaj esetleges elnedvesedését követően a felnyomódás kockázata, ha igen, akkor azt a földmű teher-

bírás tervezésénél tisztasági réteg, geotextília vagy meszes-, cementes talajstabilizáció betervezésével meg kell akadályozni.

2.2.2.2. Hidraulikus (cement) kötőanyagú alsó alapréteg

A hidraulikus kötőanyagú alaprétegek a hazai útügyi kutatások mostohán kezelt területét képezik, hiszen itt az utóbbi évtizedben releváns eredmények nem születtek, noha mind a rétegek szilárdságával mind fáradási tulajdonságaival szemben merültek fel kételyek. Jelen kutatásban kénytelenek voltunk korábbi, irodalmi adatokra [8] támaszkodni. Hangsúlyozzuk azonban, hogy az alább megadott paraméterek mielőbbi pontosítása szükséges. A hidraulikus (cement) kötőanyagú alsó alapréteg méretezésekor figyelembe vehető mechanikai jellemzői:

Rétegmodulus: $E_b = 2000 \text{ MPa}$

Poisson-tényező: $\mu=0,20$

A tervezhető minimális (h_b) vastagsága 150 mm, maximális vastagság 250 mm, amely 25 mm-es lépésközökkel változtatható.

2.2.2.3. Bitumen kötőanyagú (aszfaltbeton) alsó alapréteg

A bitumen kötőanyagú (aszfaltbeton) alsó alapréteg előírt szemeloszlással rendelkező köanyag és útépitési bitumen meleg keverésével és betömörítésével előállított pályaszerkezeti alapréteg. Teljes aszfalt pályaszerkezet esetén az aszfaltbeton (AC) anyagú alsó alapréteg méretezésekor figyelembe vehető mechanikai jellemzői:

Rétegmodulus: $E_b = 4500 \text{ MPa}$ (20°C)

Poisson-tényező: $\mu=0,35$

A tervezhető minimális, illetve maximális (h_b) vastagságok megválasztásánál be kell tartani az építhető vastagságokra vonatkozó követelményeket. Teljes aszfalt pályaszerkezet esetén a mértékadó (ϵ) megnyúlást nem az aszfaltrétegek alján, hanem az alsó aszfaltbeton (AC) alapréteg alján kell meghatározni.

2.2.3. Aszfalt rétegrend tervezés

Az aszfaltrétegek modulusa erősen függ a pályaszerkezet pillanatnyi, de egész évben folyamatosan változó hőmérséklettől. A hő-

1. táblázat: A méretezéshez használható egyenértékű aszfaltmodulusok

Aszfalt réteg	Egyenértékű aszfalt modulus [MPa] 20°C	Az aszfalt keverék bitumen térfogata [%]	Poisson-tényező
Kopó	4 000	12,8	0,35
Kötő	5 800	11,4	0,35
Alap	4 500	11,0	0,35

mérsékletfüggés miatt a többrétegű pályaszerkezet modellekben a hátralévő élettartam meghatározása a különböző nagyságú aszfalt modulusok miatt hosszadalmas és bonyolult számolás sorozatot tenne szükségessé. Ehelyett jelen eljárás – felhasználva a Miner-féle fáradási összefüggést –, rétegenként olyan egyenértékű hőmérséklet és aszfaltmodulus értékeket használ, amelyek ha a teljes év alatt változatlanok lennének, akkor ugyanakkora fáradási kár keletkezne a pályaszerkezetben, mint a különböző hőmérsékletek eltérő aszfaltmodulusaival számolt igénybevételek összegzett hatása [18].

Az aszfalt kopó-, kötő- és alapréteg tervezési paramétereit az 1. táblázat foglalja össze. A méretezés szempontjából a normál és a polimerrel módifikált bitumennel (PmB) kevert aszfaltok modulusa megegyezik. A különböző modulusú aszfaltrétegeket egy réteggé kell összevonni a háromrétegű pályaszerkezeti modell felállításához [19, 20]. Két aszfaltréteg összevont modulusa egyenlő az alsó réteg modulusával $E_a = E_{a2}$, vastagsága (h_a) pedig a (3) egyenletben közölt súlyfüggvény segítségével számítandó:

$$h_a = \left[\frac{A^4 + 4 \cdot A^3 \cdot N + 6 \cdot A^2 \cdot N^2 + 4 \cdot A \cdot N^3 + N^4}{(A+1)^3 \cdot (A+N)} \right]^{\frac{1}{3}} \cdot (h_{a1} + h_{a2}) \quad (3)$$

ahol

$$A = \frac{h_{a2}}{h_{a1}} \quad \text{és} \quad N = \frac{E_{a1}}{E_{a2}}$$

E_a : az aszfaltrétegek egyenértékű modulusa [MPa]

E_{ai} : az i-ik aszfaltréteg modulusa (i=1...n) [MPa]

h_a : az aszfaltrétegek egyenértékű vastagsága [mm]

h_{ai} : az i-ik aszfaltréteg vastagsága (i=1...n) [mm]

Az aszfalt rétegeket felülről lefele számozva, E_{a1} ; E_{a2} és E_{a3} merevségű és h_{a1} ; h_{a2} és h_{a3} vastagságú aszfaltrétegek fekszenek az alsó alaprétegen vagy földművön. A felső két aszfaltréteg összevonása alapján a többrétegű rendszer az alábbi lépésekben alakítható át:

1. Felülről az első (E_{a1} , h_{a1}) és második (E_{a2} , h_{a2}) pályaszerkezeti rétegeket egyenértékű réteggé összevonva, az eredmény egy $E_a = E_{a2}$ és h_a paraméterekkel jellemzett réteg.
2. Az egyenértékű réteget (E_a , h_a) a sorban következő (E_{a3} , h_{a3}) réteggel összevonva állítható elő egy újabb $E_a = E_{a3}$ és h_a paraméterekkel jellemezhető réteg.
3. Az első két lépés egészen addig folytatható, amíg az alsó alap vagy a földmű feletti összes aszfaltréteg összevonása meg nem történik, az eredeti rétegrenddel egyenértékű réteggé (E_a , h_a).

Az aszfaltburkolati rétegek a modellszámítás alatt egy E_a és h_a paraméterekkel jellemzett ún. egyenértékű aszfalt réteggel kerülnek figyelembevételre.

2.3. Igénybevételek számítása a pályaszerkezetben

Az útpályaszerkezetek méretezésekor használt háromrétegű mechanikai modell egyes rétegeinek anyag jellemzőit:

- a. „E” rugalmassági modulusok [MPa],
 - b. „ μ ” Poisson-tényezők [-], illetve
 - c. „h” rétegvastagságok [mm]
- képviselik.

A terhelést a 100 kN nagyságú egység tengely egyik kerekének terhelő ereje (50 kN) jelenti

egy $r=150$ mm sugarú körtárcsa felületén meg-
szóló $p=0,7$ MPa nyomás alakjában.

Már egy valóságos útpályaszerkezet háromré-
tegű rendszerrel történő helyettesítése is jelen-
tős egyszerűsítés, azonban az igénybevételek
meghatározása még ebben az esetben is nagy
számítási munkát jelent és a gyakorlati alkalmazhatóság grafikonok és táblázatok nehézkes
vagy számítógépes programok egyszerűbb
használatát igényli. Erre tekintettel a jelen is-
mertetett eljárás támogatására a számítások
végrehajtásához elektronikusan elérhető szoft-
ver készült (ELZA). Ezen számítások elvégzé-
séhez számos arra alkalmas, – a kereskedelmi
forgalomban hozzáférhető – méretező szoftver
(pl. Bitumen Stress Analysis in Roads (BISAR),
WESLEA for Windows) használható.

A megfelelő számítástechnikai támogatással
a háromrétegű pályaszerkezetmodellben az
alábbi igénybevételek határozandók meg a ter-
helés tengelyében:

A. Az aszfaltréteg alsó szálában értelmezett
(ϵ_t) nyúlás microstrainben kifejezve:

$$\epsilon_t = \epsilon_{\text{mértekadó}}^{\text{aszfalt}} \quad (\mu\text{strain})$$

B. A földmű tetején értelmezett (ϵ_v) összenyo-
módás microstrainben kifejezve:

$$\epsilon_v = \epsilon_{\text{mértekadó}}^{\text{földmű}} \quad (\mu\text{strain})$$

2.3.1. Határigénybevételek meghatározása

2.3.1.1. A pályaszerkezet méretezési forgalom meghatározása

A tervezési forgalom (TF [F100]) meghatá-
rozása nem tér el a jelenleg érvényes magyar
gyakorlattól, azzal a megkötéssel, hogy jelen
eljárás alkalmazása csak 1 millió egységten-
gely áthaladási szám felett engedélyezett.

2.3.1.2. Az anyagokra jellemző fáradási tulaj- donságok meghatározása

Az analitikus méretezési eljárás egyik krité-
riuma, hogy az együttdolgozó aszfaltrétegek
alján ébredő húzási nyúlások ne legyenek na-
gyobbak, mint az illető terhelési szint fáradási
határigénybevétele az illető aszfaltanyag Wöh-

ler-görbéje alapján. Adott terhelési szinthez
tartozó megengedett egységtengety áthaladási
szám az alábbi (4) összefüggéssel határozható
meg [21]:

$$N_{eng} = \frac{F}{SF} \left[\frac{10^4 \cdot (0,856 \cdot V_b + 1,08)}{E_a^{0,36} \cdot \epsilon_t} \right]^5 \quad (4)$$

ahol

N_{eng} : a megengedett (F100) egységtengety át-
haladási szám [db]

V_b : a bitumen térfogata az 1. táblázat szerint
[%]

E_a : az aszfaltréteg modulusa az 1. táblázat sze-
rint [MPa]

ϵ_t : a számított vízszintes fajlagos megnyúlás
[μstrain]

SF : a shiftfaktor, értéke az alsó burkolatalap
típusának függvényében változik

F : a biztonsági tényező, értéke az alsó pálya-
szerkezeti aszfaltréteg típusának megfelelően
változik

Shift faktor (SF) értéke:

kötőanyag nélküli (szemcsés) alsó alapréteg
(FZKA): SF = 3,00

hidraulikus (cement) kötőanyagú alsó alapré-
teg (CKT): SF = 2,50

bitumen kötőanyagú (aszfaltbeton) alsó alap-
réteg (AC): SF = 5,00

A kutatásban megfogalmazott megrendelői
elvárás szerint megkülönböztettük a hagyó-
mányos és a modifikált kötőanyagú aszfaltke-
veréseket is. Tekintettel arra, hogy megbízható
hazai kutatási eredmények nem állnak rendelkezésre a különböző kötőanyagok közötti aszfaltmechanikai paraméterek vonatkozásban, így a modifikáció feltételezett hatását, indirekt módon egy ún. biztonsági tényező (F) bevezetésével vettük figyelembe:

hagyományos útépitési bitumen (normál): F = 1,00
polimerrel módosított bitumen (PmB): F = 1,50

A forgalom és a fáradási egyenes alkalmazása lehetővé teszi a megengedhető nyúlások vagy feszültségek meghatározását. A (4) összefüggést átalakítva, $N_{eng} = TF$ jelölést bevezetve, kapjuk a tervezési forgalomhoz tartozó megengedett vízszintes fajlagos megnyúlás értékét (5):

$$\varepsilon_{eng}^{aszfalt} = \left(\frac{F}{SF}\right)^{0,2} \cdot \frac{10^4 \cdot (0,856 \cdot V_b + 1,08)}{E_a^{0,36} \cdot TF^{0,2}} \quad (5)$$

ahol a változók a korábbiak szerint értelmezendők. A földmű összenyomódás kritériumra - mivel szintén nem állt rendelkezésre releváns hazai kutatási eredmény - a belga CRR útügyi kutatóintézet [22] módosított (szigorúbb) összefüggése alkalmazandó a következő összefüggés (6) szerint:

$$\varepsilon_{eng}^{földmü} = \frac{6000}{TF^{0,23}} \quad (6)$$

ahol

$\varepsilon_{eng}^{földmü}$: a megengedett függőleges fajlagos megnyúlás [μ strain]

TF : a tervezési forgalom (F100) egységtengely áthaladási számban [db]

2.3.2. A méretezés végrehajtása

Az analitikus méretezés elve szerint, a terhelésből adódó mértékadó igénybevételek a tervezési élettartam alatt várható egységtengely áthaladási szám alapján meghatározott megengedett igénybevételeket nem haladhatják meg. Ennek ellenőrzése az alábbiak szerint történik:

$$\varepsilon_t = \varepsilon_{mértékadó}^{aszfalt} \leq \varepsilon_{eng}^{aszfalt}$$

és

$$\varepsilon_v = \varepsilon_{mértékadó}^{földmü} \leq \varepsilon_{eng}^{földmü}$$

Ha a számított – mértékadó – igénybevétel nagyobb, mint a megengedett határigénybevétel, akkor a szerkezet NEM felel meg. Az anyagjellemzők és a rétegvastagságok újraszámítása szükséges. Ha a számított – mértékadó – igénybevétel kisebb, mint a megengedett

határigénybevétel, akkor a szerkezet mechanikai szempontból MEGFELEL, és a túlméretezés ellenőrzése után a rétegvastagságokat véglegesíteni kell az alkalmazott technológiának megfelelően.

Gondosan kell eljárni a vékony aszfalrétegek tervezésénél, különösképpen merev alsó alaprétegek esetén, mivel a pályaszerkezetben ébredő igénybevételek két vastagsági érték esetén is kielégíthetik az előző követelményt. A kétértelmű megoldások elkerülésének és a repedésszükröződés kockázatának minimalizálásának érdekében, a CK_1 alsó alaprétegre épített aszfalt pályaszerkezetek minimális aszfaltvastagság 150 mm-nél nem lehet kisebb.

2.3.3. Az útpályaszerkezet fagyvédelmének ellenőrzése

A méretezett útpályaszerkezetet a fagy- és az olvadási károk megelőzése érdekében ellenőrizni kell, illetve a fagyvédóréteg szükséges vastagságának méretezését és tervezését el kell végezni. Ha nem megfelelő, a rétegek vastagságát vagy anyagát szükséges megváltoztatni és a méretezést újra elvégezni.

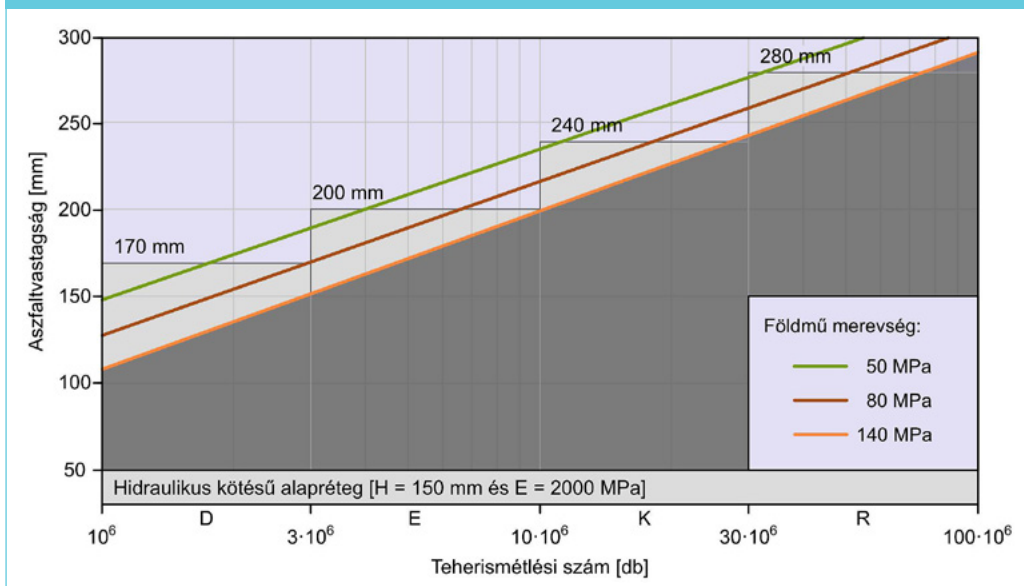
2.3.4. A pályaszerkezetek javasolt műszaki egyenértékűsége

Tekintettel arra, hogy az útpályaszerkezetek tervezett és megvalósult élettartama közötti különbség esetenként meglepően nagy lehet, az egyes pályaszerkezetek műszaki egyenértékűség tekintetében történő összevetésekor szélesebb igénybevételi határokat célszerű figyelembe venni. Így a méretezett útpályaszerkezetek műszaki egyenértékűségének vizsgálatakor azok közvetlen összevetése – például a megengedett tehermentelési számok diszkrét értékei alapján, tekintettel az útpályaszerkezet méretezési eljárásokban kimutatható nagy szórásra – félrevezető lehet, ezért az egyenértékű

2. táblázat: A műszaki egyenértékűség határértékei

Mértékadó aszfalt megnyúlás értékekhez rendelt egyenértékű tartományok (μ strain)						
> 220	200 - 220	175 - 200	140 - 175	110 - 140	100 - 110	< 100
A műszakilag egyenértékű tartomány jele						
I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.

8. ábra: Az alternatív eljárás és egy típus-pályaszerkezet aszfaltvastagsági követelményeinek összehasonlítása



küszöget – a teherviselő képességgel arányosan, de sávosan – határértékkel kijelölve célszerű rögzíteni a 2. táblázat alapján.

Az eljárás alkalmazásakor javasolt definíció szerint két útpályaszerkezet műszakilag egyenértékű, ha az alsó aszfaltszalában ébredő – számított – mértékadó megnyúlás értéke ugyanabba a megnyúlás tartományba esik.

2.3.5. A módszer eredményei a jelenlegi gyakorlat fényében

A szakmai közvéleményt leginkább foglalkoztató kérdés, hogy az alternatív módszer eredményei hogyan viszonyulnak a meglévő típus-útpályaszerkezetekhez. A kutatás alatt – elsősorban az eljáráshoz kifejlesztett ELZA, illetve a WESLEA programok segítségével – végzett futtatási eredmények alapján számos érzékenység vizsgálatot végeztünk, amelyeket a leadott kutatási jelentés [10] tartalmaz. A 8. ábra egy kiragadott mintaszámításhoz tartozó eredményssorozat feldolgozását szemlélteti.

A számítássorozat egy, a típus-pályaszerkezetek között is szereplő 15 cm vastag hidraulikus kötésű alaprétet esetén mu-

tatja a kapott eredményeket. A 8. ábrán látható lépcsős görbe a különböző forgalmi terhelési osztályokban alkalmazandó össz-aszfaltvastagság előírt értékét mutatja, 170-280 mm közötti tartományban. A 8. ábra további három gorbéje az analitikus méretezés nyomán javasolt aszfaltvastagság értékeket ábrázolja, különböző földmű merevségek esetére. Az 50 MPa merevség tulajdonképpen a jelenlegi gyakorlatnak feleltethető meg, és például „D” forgalmi terhelési osztályban a józan mérnöki elvárásoknak megfelelően a forgalom alsó határérték közelében mintegy 2 cm-rel kisebb, a felső határ közelében 2 cm-rel nagyobb vastagságot ír elő, összességében azonban – a „D” osztály teljes forgalmi spektrumát tekintve – a jelenlegi szabályozással közel azonos vastagsági igényt támaszt. Magasabb forgalmi terhelési osztályokban a méretezett aszfaltvastagsági követelmény azonban nő a jelenlegi előíráshoz képest. Ha azonban élünk az eljárás nyújtotta lehetőségekkel és növeljük a földmű teherbírást, pl. a másik két görbe által ábrázolt mértékben (80 MPa, illetve 140 MPa) látható hogy jelentős aszfaltvastagság megtakarítások is elérhetők.

A próbaszámítások elvégzésénél a korábbiakban megadott anyagparaméterekkel számoltunk, jellemzően elméleti modellek alapján vagy irodalmi adatok segítségével, lévén megbízható hazai mérési eredmények sajnos nem álltak rendelkezésre. Ezen hiányosságok mielőbbi pótlása alapvető fontosságú, mivel az általunk kapott eredményeket jelentősen befolyásolhatják későbbi, valós hazai kutatási eredményeken alapuló aktuális input paraméterek. Például a földműre vonatkozó függőleges összenyomódási kritérium megfogalmazása, a hidraulikus kötőanyagú alaprétegek időben változó merevségi és fáradási jellemzőinek megnyugtató rendezése vagy a modifikáló szerek hatása az aszfaltkeverékek aszfaltmechanikai jellemzőire mind mind olyan kulcskérdések, amelyek mielőbbi megválaszolása nemcsak a javasolt alternatív mértezési eljárás, hanem bármilyen hazai javaslat érdemi validálásához nélkülözhetetlen.

3. ÖSSZEGZÉS

Jelen cikk egy átfogó kutatási terv részeként, annak egyes eredményeit tekintette át. A kutatási munka fontos peremfeltétele, hogy az idő rövidsége miatt hazai mérések elvégzésére nem volt lehetőség, így kizárólag a már meglévő nemzetközi eredmények, ismert mechanikai eljárás(ok) hazai adaptálása történnhetett meg.

Alapvető elvárás volt továbbá, hogy a javasolt eljárás az átmeneti időszakig csak alternatív lehetőségként jelenjék meg a hazai műszaki szabályozásban. A fenti megközelítéssel megvalósítható, hogy egyrészt ugyan rövidebb időn belül megjelenjen az érvényes műszaki szabályozásban új elemként egy alternatív mértezési eljárás, ugyanakkor megmaradjon a lehetőség a jelenleg érvényes szabályozás szerinti új pályaszerkezet-tervezésnek is. A meglévő szakmai stabilitás mellett, ez a kettősség képes a mai magyar tervezői és kivitelezői gyakorlatban azt a fejlődési fokozatosságot nyújtani, ami garantálja, hogy a jövőbeni közbeszerzési eljárásoknál ne alakuljanak ki nem várt negatív következmények pl. vonatkozó szabályozó elemek összehangolatlansága, tervezői ismerethiány stb.

A javasolt analitikus eljárás ugyan jelentős egyszerűsítéseket tartalmaz, azonban reményeink szerint ez az első lépést jelenti annak érdekében, hogy a jövőben Magyarországon is megszülessen egy olyan korszerű, mechanikai alapú pályaszerkezet méretezési eljárás, amely a típus-pályaszerkezetekhez képest jelentősen megnöveli a tervező mozgásterét, és képes a lehetséges technológiai változatokat kezelni a jövőben, akár energiatakarékossági és környezetvédelmi szempontokra is tekintettel.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Adorjányi K. (2009): Bemenő paraméterek bővítése az aszfaltburkolatú pályaszerkezetek méretezésénél. Közlekedésépítési szemle 59. évf. 7. szám, pp. 11-17.
- [2] Gulyás A. (2009): Az elmúlt évek dinamikus tengelyterhelés-mérési eredményeinek vizsgálata. Közlekedésépítési szemle 59. évf. 5. szám.
- [3] Gáspár L., Karoliny M. (2014): Felújított útpályaszerkezetek ciklusidejének növelése korszerű tervezéssel. Közlekedéstudományi Szemle 64:(4) pp. 7-20
- [4] M. Karoliny, L. Gáspár (2015): Investigation and design of durable pavement structure rehabilitation. The International Journal of Pavement Engineering & Asphalt Technology 16:(2) pp. 30-54. DOI: <http://doi.org/ctcb>
- [5] Soós Z. (2016): A forgalomfejlődés becslésének módszertana a valós forgalom tükrében. Közlekedéstudományi Szemle 66:(5) pp. 28-40.
- [6] Gulyás A. (2017): A közúti forgalom változása és előrebecslésének lehetőségei. Útügyi Lapok: A Közlekedésépítési Szakterület Mérnöki és Tudományos Folyóirata (9) pp. 3-11
- [7] Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése. Útügyi Műszaki Előírás. e-UT e-UT06.03.13 (ÚT 2-1.202:2005)
- [8] Nemesdy E. (1992): Az új magyar típus-útpályaszerkezetek mechanikai méretezésének háttere. Közlekedés és mélyépítéstudományi szemle XLII évf. 8. sz.

- [9] MAÚT és az ÚTLAB Szövetség szakmai állásfoglalása, 2015
- [10] Primusz et al: (2016): Alternatív méretezési eljárásokra vonatkozó tanulmány és az alternatív módszerek bevezetését segítő irányelv. Kutatási jelentés. Megrendelő: Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ
- [11] Burmister, D. M. (1945): The general theory of stresses and displacements in layered systems. *Journal of Applied Physics* Vol. 16 No.1 January.
- [12] Kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú keverékek. 7. rész: Kötőanyag nélküli keverékek ciklusos terheléses, triaxiális vizsgálata. MSZ EN 13286-7:2004
- [13] Kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú keverékek. 47. rész: Vizsgálati módszer a kaliforniai teherbírási (CBR-) érték, a közvetlen teherbírási index és a lineáris duzzadás meghatározására. MSZ EN 13286-47:2012
- [14] Geotextíliák és rokon termékeik. Az utak és más közlekedési területek (a vasutak és az aszfalt beépítésének kivételével) szerkezetében való alkalmazás előírt jellemzői. (MSZ EN 13249:2014+A1:2015).
- [15] Terzaghi, K. (1922): Failure of dam foundations by piping and means for preventing it (in German), *Die Wasserkraft*, Special Forchheimer Issue 17, 445-449.
- [16] Terzaghi, K. és Peck, R. B. (1961): *Die Bodenmechanik in der Baupraxis* [Soil Mechanics in Building Construction]. Springer, Berlin
- [17] Útpályaszerkezetek teherbíró képességének vizsgálata. Tárcsás vizsgálat. (MSZ 2509-3:1989)
- [18] Pethő L. (2008): A hőmérséklet eloszlás alakulása az aszfalt burkolatú útpályaszerkezetekben és ennek hatása a pályaszerkezeti rétegek fátadási méretezésére, technológiai tervezésére. PhD értekezés
- [19] Pronk, A. C. (1994): Equivalent layer theories. State of the art report. 31p. Dienst Wegen Waterbouwkunde, The Netherlands
- [20] Pethő L., Tóth Cs. (2014): The development of pavement rehabilitation design guidelines for increasing the allowable axle load from 100 kN to 115 kN. In: *Asphalt Pavement: Proceedings of the 12th International Conference on Asphalt Pavements*, Raleigh, USA. Kim, Y. R. (Ed), pp. 1577-1586. CRC Press, DOI: <http://doi.org/ctcc>
- [21] Austroads 2012, Guide to Pavement Technology: Part 2 Pavement Structural Design, 3rd edn, AGPT02-12, Austroads, Sydney, NSW.
- [22] Verstraeten, J., Veverka, V. és Francken (1982): Rational and practical design of asphalt pavements to avoid cracking and rutting. *Proceedings Fifth International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements*, Vol. 1, pp. 45-58.
- [23] Barker, W. R., Brabston, W. N. and Chou, Y. T. (1977): A General System for the Structural Design of Flexible Pavements. 209-248. In: *Proceedings of the Fourth International Conference on the*

E számunk lektorai

Dr. Horvát Ferenc ■ Dr. Gáspár László ■ Dr. Gulyás András

Dr. Katona András ■ Dr. Koren Csaba ■ Dr. Nagy Vince



THE SIMPLIFIED ANALYTICAL DESIGN OF ASPHALT PAVEMENT TRUCTURES

Some elements of the currently used Hungarian pavement design process have been based on mechanical principles, however these basis are not evident for practicing civil engineers, and at the design of new roads the pavement is designed via choosing from the pavement catalogue.

The catalogue system is rather convenient to use, but there are several new aspects to assess, thus there is a growing need to develop a new design method which is capable to better take into account the material properties and instead of offering pre-defined solutions, provides a tool to develop and compare real technological alternatives.

The paper provides a follow-up on the partial results of an ongoing research with the goal of providing an alternative pavement design method for the design and construction of new pavements, that – compared to the catalogue system – enables the better assessment of the possibilities that lie in the properties of the subgrade and other structural layers, and in the local, climatic and geographical circumstances, as well as the innovative and technical capabilities of the contractors. It also prepares new pavement design regulations that can provide a more economical, scientifically based design.



DAS VEREINFACHTE ANALYTISCHE DIMENSIONIERUNG VON STRASSENSTRUKTUREN MIT ASPHALTBELAG

Einige Elemente des derzeit in Ungarn angewandten Dimensionierungsverfahren der Strassenstrukturen basieren sich auf Prinzipien der mechanischen Dimensionierung, jedoch sind diese Grundlagen nicht offensichtlich in der Praxis der Bauingenieure. Bei der Gestaltung neuer Straßenstrukturen gibt es nur die Möglichkeit, die Struktur aus dem Katalog auszuwählen.

Das Katalogsystem ist unbestritten relativ benutzerfreundlich, aber heutzutage es gibt mehrere neue Aspekte. Daher besteht ein wachsender Bedarf an der Entwicklung einer neuen Entwurfsmethode, die in der Lage ist, die Materialeigenschaften besser zu berücksichtigen und keine vordefinierte Lösungen anzubieten, aber stattdessen ein Werkzeug in die Hände der Bauingenieure gibt, die es ermöglicht, echte technologische Alternativen zu entwickeln und zu vergleichen.

Die Arbeit gibt einen Überblick über die Teilergebnisse einer schon laufenden Forschung mit dem Ziel, eine alternative Dimensionierungsmethode für den Entwurf und die Konstruktion neuer Strassen-Strukturen anzubieten, die – im Vergleich zum Katalogsystem – bessere Rahmenbedingungen für die Ausnutzung vom Potential hinsichtlich der besseren Ausnutzung der Eigenschaften des Untergrundes und der eingebauten anderen tragenden Schichten ermöglichen. Ausserdem sie ermöglicht es auch, die örtlichen, umweltbedingten, geographischen und anderen Gegebenheiten sowie die innovativen und technischen Möglichkeiten der Bauunternehmens besser zu berücksichtigen. Es werden ausserdem neue Vorschriften für die Gestaltung von Straßenstrukturen erarbeitet, die eine wirtschaftlichere und auf wissenschaftliche Grundlagen liegende Planung ermöglichen.

A magyar és balkáni fővárosok közúti elérhetőségének területi összefüggései

A vizsgálatok fókuszában a fővárosok közúti elérhetősége szerepelt. Az elemzések alapját a Hansen-féle gravitációs modell adta. A kutatás során a különböző elérhetőséggel rendelkező országok csoportokba rendezése történt meg az ország mérete és elhelyezkedése alapján. Így a következő csoportok alakultak ki: sajátos területű országok (Horvátország és Görögország), centrikus (Magyarország, Szerbia, Bosznia és Hercegovina és Albánia) és perifériális fővárosokkal rendelkező országok (Románia és Bulgária), valamint kis területtel rendelkező országok (Montenegró, Koszovó, Macedónia és Szlovénia). Az elérhetőségi és helyzetpotenciál elemzések eredményei alátámasztották azt a feltételezést, hogy a magyar főváros közúti elérhetősége a legjobb a felsorolt országok között.

DOI 10.24228/KTSZ.2018.5.3

Dr. Kovács Áron

Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar
Földtudományok Doktori Iskola
PhD hallgató
e-mail: aronkovac@gmail.com

1. BEVEZETÉS

A közlekedés területi, geopolitikai elemzését a multidiszciplináris tudományok területéhez sorolják, mert ötvözi a történelmi, a földrajzi, valamint a műszaki és a gazdaságtudomány forrásait és kutatási módszertanait. „A jó színvonalú, hatékony közlekedés olyan összetett rész- és alrendszerek összehangolt működését jelenti, amelyekben az emberek életminőségének biztosítása és a környezet védelme mellett folyamatosan érvényesül a társadalmi-gazdasági fejlődés és növekedés, valamint megvalósul a harmonikus területfejlesztés” [16]. A közlekedést a

„gazdaság érrendszerének” tekintik, így a telepítési elméletek, a regionális gazdaságtan egyik legfontosabb elemei, valamint a távolság legyőzése a gazdaság működésének alapfeltétele [18], ezt jól példázza a Thünen-féle [17] telephelyelmélet is, ahol a földjáradék a megművelt föld minőségétől és a piactól való távolságtól függ. A földjáradék annál nagyobb, minél kedvezőbb a föld piachoz viszonyított helyzete (távolsága). A termelőnek kisebb a haszna, ha távolabbról szállít, tehát alacsonyabb az ő földjének a járadéka. Míg Thünnennél a mezőgazdasági termelés és a közúti elérhetőség összefüggései jelennek meg, addig Webernél [22] a telephelyválasz-

táskor az ipari termelés és a vasút szerepének (nagy tömegű áru gyors mozgására képes) kölcsönhatása kerül értelmezésre. Weber úgy vélte, hogy telephelynek azt a területet kell választani (Launhardt-Weber féle háromszög¹), ahol a szállítási költségek a legalacsonyabbak.² A 18. században az ipar számára³ a gyengén kiépített úthálózat miatt a hajózható folyók és a csatornák voltak a fő közlekedési útvonalak. Jelentősen javult a helyzet a vasút megjelenésével, a közlekedési hálózat és az ipari létesítmények között szoros kapcsolat alakult ki. A 20. században a helyzet merőben megváltozott, mivel az úthálózatok sűrűbbé váltak, a közúti szállítóeszközök egyre nagyobb mennyiséget tudtak elszállítani, a motorizáció lehetővé tette a távolabbi helyek elérhetőségét, a szállítványozó vállalatok között kialakult a verseny, és így a szállítási költségek, végső soron az árak elkezdtek csökkenni. Wallerstein centrum-periféria [23] világszemlélet modelljében is megjelenik a közlekedési fejlettség kérdése, mint ellentét a fejlett, könnyen elérhető (kiemelkedő) és a fejletlen, nehezen elérhető (leszakadó) régiók között. Földrajzi értelemben „*a centrum⁴ az a pont, amely az adott halmaz (tér) többi pontjához összességében a legközelebb van (legjobban elérhető), míg a perifériák a legtávolabbi pontok helyei*” [9]. A versenyképesség modellekben is jelentős szerepet kapott a közlekedés, mint adottság. Bár Porter [13] szerint egy terület közlekedési adottságai nagyon fontos versenyképességi tényezők, de mégsem ez az elsődleges (fő)komponens, mivel a versenyképes közlekedési hálózattal rendelkező országok gazdasága még nem feltétlenül versenyképes. A közlekedést és kiemelten az

autópályákat a termelékenység növekedést befolyásoló tényezői közé sorolják. A városok versenyképességében a közlekedést, mint infrastruktúra⁵ adottságot, valamint főbb piacok közúti eléréseként [9] jelenítik meg. Tehát a közlekedésről elmondható, hogy a társadalmi munkamegosztás szükséges alapját képezi, míg a térbeli munkamegosztás csaknem kizárólagos eszközévé vált.

Általánosságban megállapítható, hogy a közlekedési hálózatok alapvetően hierarchikus rendszerek, vagyis vonalaik nemzetközi, országos és lokális jelentőségűekre oszthatók. A hálózat szerkezete is lehet centralizált, rácsos vagy párhuzamos vonalakkal álló [3].

A közlekedés szempontjából az országokon átívelő közlekedési hálózatok, mint a TEN⁶ vagy a TINA⁷ rendszerek rendelkeznek jelentősebb területbefolyásoló hatásokkal. Gyakran a gyorsforgalmi úthálózat fejlesztését tartják a területi egyenlőtlenség mérséklése fő eszközének [9], [10], [11], [12], [20], [21]. Azt is meg kell állapítani, hogy a gazdasági konjunktúra növeli a közlekedés iránti keresletet, míg a gazdasági recesszió csökkenti [14], valamint az autópályák csak felszálló ágban lévő gazdaságokban tudják területfejlesztő hatásukat érvényre juttatni [4].

A közlekedésre mindenképp a tér aktív struktúraelemeként kell tekinteni, mint a társadalmi-gazdasági területi adottságokra reagáló eszközrendszerre, valamint a gazdálkodó ember magatartását, a versenyképességet, a gazdasági és a társadalmi diverzifikációt befolyásoló elemre [5].

1 A termelést 3 fő komponens a nyersanyaglelőhely, az energiabázis és a fogyasztóipiac által bezárt térbeli háromszög súlypontjába kell elhelyezni.

2 Ezzel a feltevessel August Lösch „Maximális jövedelem modelljében” nem értett egyet, mivel a telephelyválasztáskor a megoldást nem a szállítási költség minimalizálása, hanem a profit maximalizálása jelenti.

3 Az ipari termelés szállítási igénye általában folyamatos, míg a mezőgazdaságé szezonalitást mutat [15].

4 „Hazánkban ma a főváros és agglomerációja képezi a központi magterületet, a dinamikus perem példája az osztrák határmenté, a külső perifériát a keleti határmenti régiók példázzák, belső perifériának tekinthető térségek mind a Dunántúl, mind az Alföld belső térségeiben megtalálhatók” [9].

5 Az infrastruktúra gyűjtőfogalom és a közlekedés csak kis szeletét képezi, mert az infrastruktúra olyan gazdasági feltételek (úthálózat, közlekedés, kikötők, közművek stb.) gyűjtőneve, amelyek nem vesznek részt közvetlenül a termelési folyamatban, de közvetve befolyásolják a termelés fejlesztésének lehetőségeit [1].

6 TEN-T (Trans-European Transport Networks) Transzeurópai Közlekedési Hálózatok.

7 TINA (Transport Infrastructure Needs Assessment) Közlekedési Infrastruktúra Igényeinek Felmérése folyamat zárójelentése 1999-ben elkészült el, amely összefoglalóan tartalmazta az akkor 11 csatlakozni kívánó ország közlekedési hálózatának azon kiegészített elemét, melyek részei a Transzeurópai Közlekedési Hálózatnak.

2. A KUTATÁS MÓDSZERTANA, CÉLKITŰZÉSE

A kutatás földrajzi lehatárolása kiterjedt Magyarországra és a balkáni országokra, úgymint Szlovénia, Horvátország, Bosznia és Hercegovina, Szerbia, Koszovó, Albánia, Montenegró, Macedónia, Bulgária, Románia és Görögország. A vizsgálatok szintje az ingyen letölthető vektortérképek⁸ legalacsonyabb területi beosztása. Ezek a NUTS⁹ (megyék, županiják, oblastik) és LAU¹⁰ (commune, körzet, község) területi egységek.

A vizsgálatok fókuszában a fővárosok közötti elérhetősége szerepelt, mert az országoknak a főváros egy kitüntetett pontja. Általában a fővárosokban található az ország legfelső döntési szervei, a legfontosabb intézményei, oktatási-, kulturális központjai. A külföldi beruházások kiindulópontjai is a fővárosokhoz köthetők, hisz a nemzetközi kapcsolatok legmagasabb szintjei itt jelennek meg, ahogy a multinacionális cégek képviselője is. A fővárosok általában az ország legfejlettebb pontjai, ezért az adott ország lakosságának az elérhetőség nagyon fontos. Ma már a személy- és áruforgalom legnagyobb része a közúton valósul meg, így a kutatás is a közúti elérhetőséget elemzi.

A kutatás arra kereste a választ, hogy vajon egy ország, amelynek a természeti adottságai hátrányosak (sok folyóval, hegységgel, szigetel rendelkezik), képes-e kialakítani jól működő, kiterjedt közlekedési hálózatot? Továbbá milyen a vizsgált országok fővárosainak közúti elérhetősége? Vannak-e közös vonásai az országoknak? Mennyiben és miben térnek el az adott országok egymástól? A vizsgált fővárosok vonzáskörzetei mekkora területre és népességre terjednek ki? Vajon Magyarország ebben az adottságban hol szerepel? Magyarországnak milyen szerepe lehet a balkáni és a távol-keleti országokból jövő (áru- és sze-

mély-) forgalom irányításában? A közlekedés a határon túli magyar kisebbségre milyen hatást gyakorol?

A felmerülő kutatási kérdések megválaszolására elsősorban elérhetőségi vizsgálattal kerestem a választ. A fővárosok országon belüli elérhetőségét (több mint 12 ezer adatot) a Google útvonaltervező¹¹ felhasználásával gyűjtöttem össze. A Google útvonaltervező bárki számára elérhető, az adatok pontosak és tükrözik a közlekedési adottságokat, mert figyelembe veszik az adott szakaszon engedélyezett legmagasabb közlekedési sebességet és ez alapján számolják ki az elérhetőséget, valamint mérlegelik a legjobb idő/távolság összefüggését. Az elérhetőség adatait az autópályák és díjfizető utak használatával számoltam ki.

A vizsgált területegységek népességadatait a Nemzeti Statisztikai Hivatalok (2011-2016) évkönyvei, kimutatásai szolgáltatták.

A fővárosok vonzáskörnyezetének megállapításához ún. Hansen-féle gravitáció helyzetpotenciál [7] összefüggést használtam, amely a newtoni bolygók közötti gravitáción alapul.

Az eredmények térképi megjelenítéséhez a QGIS¹² szabadon felhasználható térképszerkesztő program nyújtott segítséget.

3. A FŐVÁROSOK ELÉRHETŐSÉG-VIZSGÁLATÁNAK BEMUTATÁSA

A kutatás során a különböző elérhetőséggel rendelkező országokat csoportokba rendeztem az ország mérete és elhelyezkedése alapján. Így a következő csoportok alakultak ki: *sajátságos területű országok* (Horvátország és Görögország), *centrikus* (Magyarország, Szerbia, Bosznia és Hercegovina és Albánia) és *perifériális fővárosokkal rendelkező országok* (Románia és Bulgária), valamint *kis területtel rendelkező országok* (Montenegró, Koszovó, Macedónia és Szlovénia). A vizsgálat eredményei az 1. ábrán olvashatók le.

8 A vektoralapú közigazgatási térképek, elérhető: www.gadm.org/ (Global Administrative Areas)

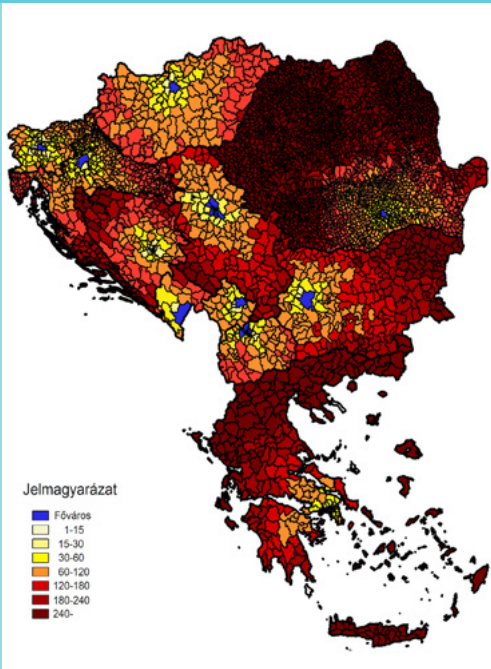
9 NUTS - Nomenclature of Territorial Units for Statistics (Statisztikai Célú Területi Egységek Nomenklatúrája) a 3. szintű felosztása legalacsonyabb.

10 LAU-Local Administrative Units (Helyi Közigazgatási Egység)

11 Google útvonaltervező elérhető: www.google.hu/maps

12 QGIS térképszerkesztő program elérhető: <http://www.qgis.org/hu/site>

1. ábra: A magyar és balkáni fővárosok közúti megközelíthetősége gépjárművel (perc)
 Forrás: a szerző saját szerkesztése, a Google útvonaltervező segítségével a világhálón 2017.05.02-10. közötti időszakban elérhető adatok alapján

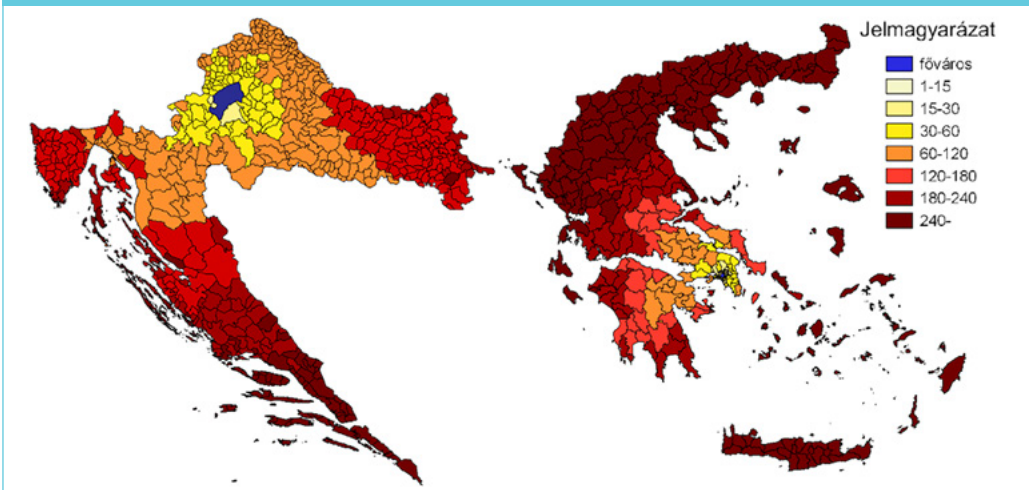


A sajtáságos területtel rendelkező országok fővárosainak elérhetősége kedvezőtlen, illetve hátrányos. Hátrányos vagy periférikus területeknek a két órán túli elérhetőséggel rendelkező régiókat tekintem. Sok esetben az egyes területek nem is a saját fővárosukkal állnak szorosabb kapcsolatban, hanem a szomszédos államéval. Erre kiváló példát nyújtanak Horvátország esetében a dalmát területek (kiemelten Dubrovnik), amellyel Montenegró (Herceg Novi) és Bosznia és Hercegovina déli vidékei (Mostar) állnak szoros közúti kapcsolatban. Hasonlóképp Görögországban az északi területek nevezhetők hátrányos helyzetűeknek, mivel azok inkább Thesszaloniki elérésében érdekeltek, mint Athénében (2. ábra).

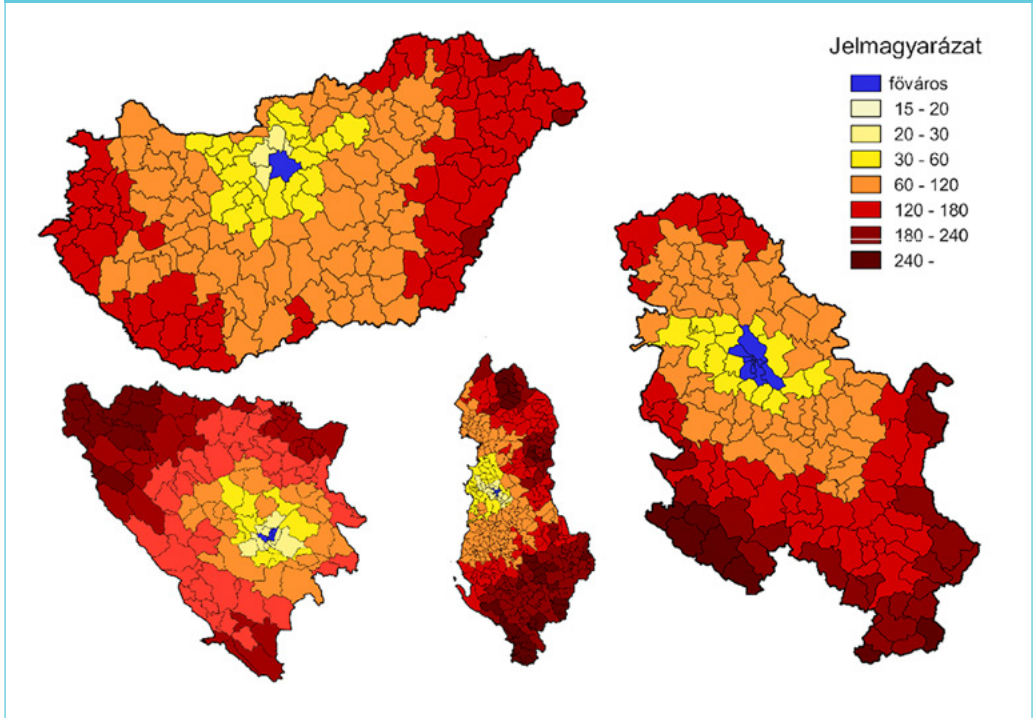
A centrikus fővárosok közlekedésszervezése örvend a legideálisabb körülményeknek. Ezek közül is Magyarország és Szerbia emelkedik ki. Magyarországot öt páneurópai¹³ közlekedési folyosó szeli keresztül, és ezek biztosítják Budapest főváros centrikus

13 A páneurópai közlekedési folyosókat (más néven: Helsinki-folyosókat) az 1994-es és 1997-es európai közlekedési miniszteri konferenciákon jelölték ki. A tíz kijelölt folyosó a transzeurópai közlekedési hálózat (TEN-T) kiterjesztése Kelet-Európa (az akkori Európai Unió szomszédos államai) irányában. A folyosók kijelölésének célja jó közlekedési kapcsolatok kiépítése volt az EU és szomszédjai között.

2. ábra: Sajtáságos területű országok fővárosainak közúti elérhetősége (percben) (balról Horvátország, jobbról Görögország) Forrás: a szerző saját szerkesztése, a Google útvonaltervező segítségével a világhálóról 2017.05.02-10. közötti időszakban elérhető adatok alapján



3. ábra: Centrikus közúti elérhetőséggel rendelkező országok fővárosainak közúti elérhetősége (percben) (balról felül Magyarország, balról alul Bosznia és Hercegovina, középen Albánia és jobbról Szerbia) Forrás: a szerző saját szerkesztése, a Google útvonaltervező segítségével a világhálóról 2017.05.02-10. közötti időszakban elérhető adatok alapján



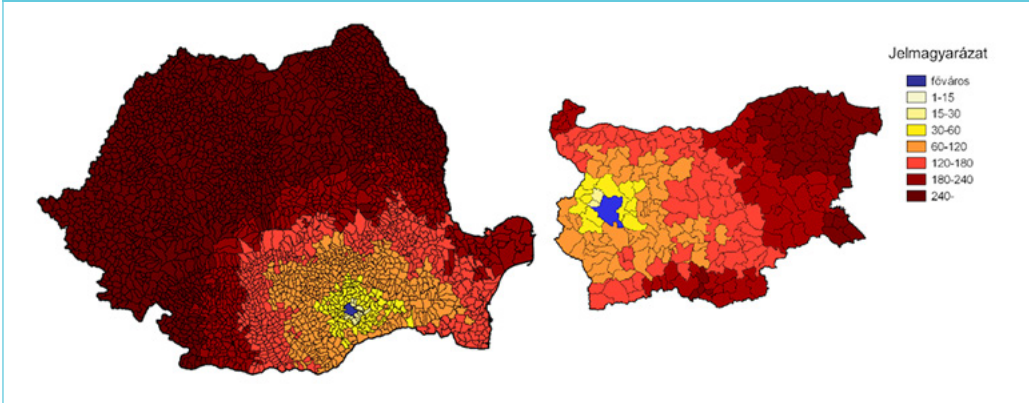
helyzetét. A 1. ábráról is jól látszik, hogy a vizsgált országok között (ha eltekintünk a kis területű államoktól) Magyarországon kiemelkedően jó az elérhetőség, mivel itt kevés a két órán túli elérhetőségű (sötét színnel jelölt) terület. Magyarország fővároscentrikus közlekedésének köszönhetően az ország majdnem minden pontjából (Csenger, Bodrogi és Sarkadi kistérség kivételével) három órán belül elérhető. Szerbia közúti szervezetsége valamivel rosszabb, mint Magyarországé, még annak ellenére is, hogy az országon keresztül halad a 10-es közúti folyosó, amely kapcsolatot teremt a fejlett nyugati országok és a Közel-Kelet között. Bosznia és Hercegovina fejletlen közúthálózat miatt vidéki területeiről Szarajevót két órán belül csak korlátozottan lehet elérni. Albánia valamivel kedvezőbb helyzetben van, azonban csak a tengerparti sávban található 200

méter tengerszint feletti magasságnál alacsonyabban fekvő területek, és ennek az adottságnak is szerepe van Tirana közúti elérhetőségének alakulásában.

A centrikus helyzet és elérhetőség ellenpéldája a periférikus helyzet és elérhetőség, amikor a főváros csak az ország egyik részének nyújt kedvező elérhetőséget, míg a másik része nehezen elérhető. Gyakran a hátrányos helyzet természetföldrajzi adottságok is befolyásolják: így pl. Romániában a Kárpátok hegyvonulata. Pont a hegységtől nem messze északra lévő területek azok, amelyekről kiindulva csak négy órán túl lehetséges elérni a fővárost. A távolabbi települések egy közelebbi nagyváros (Kolozsvár vagy Temesvár) közúti elérhetőségében érdekeltek, így a főváros kevésbé gyakorol vonzást rájuk (4. ábra). A szomszédos Bulgáriának például a Fekete-tenger partmenti vi-

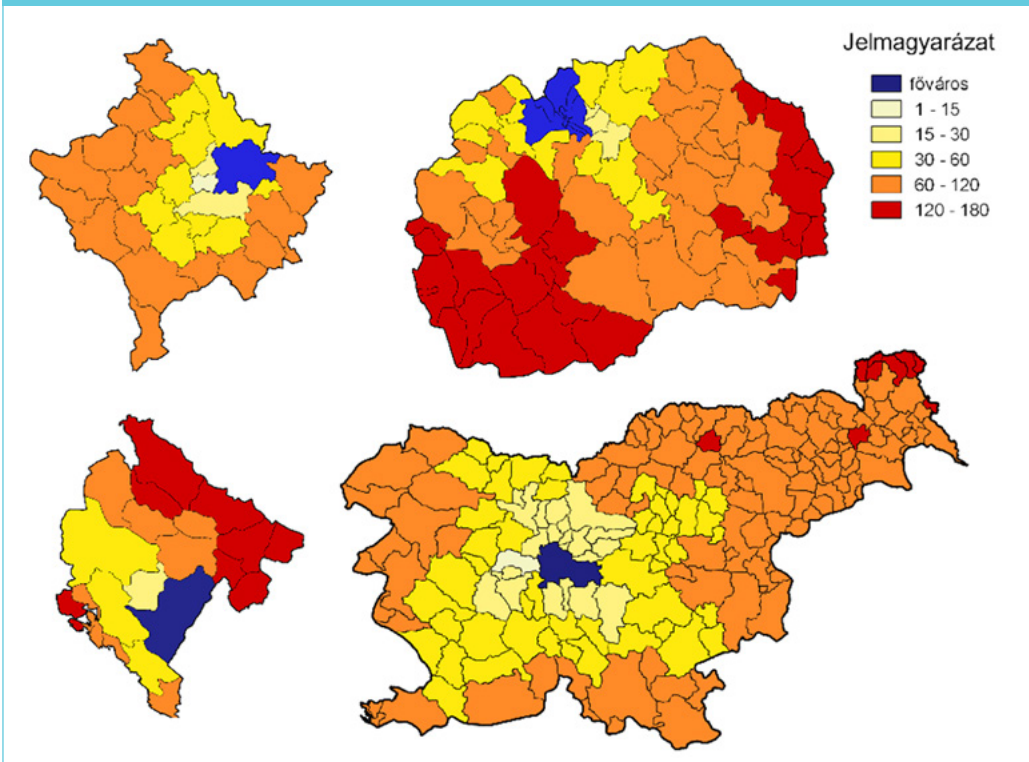
4. ábra: Periférikus közúti elérhetőséggel rendelkező fővárosok közötti elérhetősége (perc) (balról Románia és jobbról Bulgária)

Forrás: a szerző saját szerkesztése, a Google útvonaltervező segítségével a világhálóról 2017.05.02-10. közötti időszakban elérhető adatok alapján



5. ábra: Kis területű országok fővárosainak közötti elérhetősége (perc) (balról felül Koszovó, balról alul Montenegró, jobbról fent Macedónia és jobbról alul Szlovénia)

Forrás: a szerző saját szerkesztése, a Google útvonaltervező segítségével a világhálóról 2017.05.02-10. közötti időszakban elérhető adatok alapján



dékei nevezhetők a főváros elérhetőség szempontjából perifériának, miközben a gazdasági fejlettségük tekintetében egyáltalán nem azok. Az itt élők inkább az északon lévő Várna és délen Burgasz városok megközelítését preferálják a főváros helyett.

A kis országoktól azt várnánk, hogy a méretükből adódóan nincsenek közlekedési periférikus területeik, de az élet és a vizsgálat eredménye erre rácsófol, kivéve Koszovó, amelynek teljes területéről két órán belül el lehet érni a fővárost. Szlovénia fejlett közúti hálózatának ellenére néhány területről nem képes a kétórás elérhetőséget teljesíteni. Macedóniában az ország területének közel a fele¹⁴ (a délkeleti Ohridi- és a Preszpa-tó környéke és a nyugati területei) tekinthető a vizsgálat szerint kedvezőtlennek, hátrányosnak (5. ábra).

Nemcsak a terület nagysága és elhelyezkedése fontos a főváros elérhetőségének vizsgálatakor, hanem azt is célszerű megállapítani, hogy mekkora számú népesség képes a fővárosát elfogadható időben egy-két órán belül elérni. A vizsgálat eredményeit szemlélteti a 1. táblázat.

A kisebb országoknak jellemzően kevesebb a népessége, mint a nagyobb területűekének. A nagyobb országok fővárosai nagyobb néptömeget képesek magukhoz vonzani. A lakosság számára fontos, hogy a főváros környékén a közlekedés jól funkcionáljon, minél gyorsabban eljussanak a munkahelyekre. A cégek abban érdekeltek, minél több ember megismerje és megvegye a szolgáltatásukat és termékeiket. Ez egy öngerjesztő hatás (agglomerációs externália¹⁵), amelyben a közlekedésnek jelentős szerepe van. A táblázat elejére nem véletlenül a kisebb országok kerültek (Montenegró, Koszovó, Albánia, Szlovénia). A középső sorokban kaptak helyet azok az országok, ahol a hátrányos természeti vagy társadalmi adott-

ságok miatt a főváros csak részben tölti be a centrum funkcióját (Horvátország, Bulgária, Szerbia). A vezető pozíció alkalmassá teszi Magyarországot fővárosát, hogy a környező balkáni fővárosok közül kiemelkedjen, és ne csak a saját országának „motorját” képezze, de a nemzetközi személy- és áruforgalomban is jelentős szerepet töltsön be (1. táblázat).

1. táblázat: A fővárosokból egy és két órán belül közúton elérhető népesség nagysága (fő)
Forrás: a szerző saját számítása az elérhetőség és a Nemzeti Statisztikai Hivatalok (2011-2016) népesség adatai alapján

	egy óra	kettő óra
Montenegró	228749	274476
Koszovó	823708	1797629
Macedónia	946294	1529481
Bosznia és Hercegovina	991761	1451091
Albánia	1020318	1953975
Szlovénia	1049465	1972588
Horvátország	1373689	2509993
Bulgária	1540230	3025103
Szerbia	2125959	4413325
Románia	2539005	5577692
Görögország	3300649	3807930
Magyarország	3378149	6909118

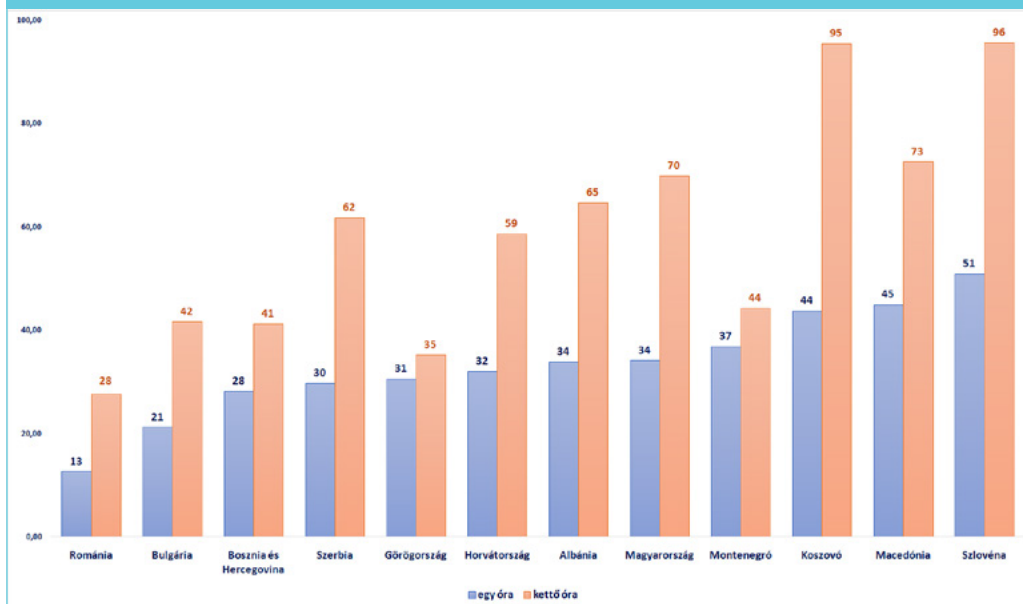
Ha azt is megnézzük, hogy az elérhetőségi vizsgálat által kapott népességi adatok hogyan aránylanak az ország teljes lakosságának számához, akkor megállapítható, hogy míg a 20 milliós Románia lakosainak csak 13%-a képes két órán belül elérni a fővárost, addig a kisebb országokban, – mint Montenegró (a lakosság 37%-a), Koszovó (44%-a), Macedónia (45%-a) vagy Szlovénia (51%-a) – a lakosok többsége ezen időn belül érheti el a fővárosát. Így ezeknek az országoknak a fővárosai, ha nem is kizárólagosan, de jelentős szerepet játszanak az egész ország más területeinek, városainak a fejlődésében. Míg Koszovóban 95%-ban, Szlovéniában 96%-ban a főváros szinte az egész ország területéről két órán belül elérhető. Mi-

14 A Vardar völgye az európai észak-déli közlekedési folyosó fontos része. Macedónia ettől távol eső pontjai nevezhetők közlekedés szempontjából perifériának.

15 Agglomerációs externáliák - a gazdaság szereplői a térben koncentrálnak (agglomerálódnak), ami pozitívan hat a gazdasági szereplőkre.

6. ábra: A főváros elérhetősége és az adott ország népességének aránya (%-ban)

Forrás: a szerző sajátelérhetőség számítása és a nemzeti statisztikai hivatalok (2011-2016) népesség adatai alapján



nél magasabb a népesség elérési lehetőségének az aránya, annál inkább a főváros az egyetlen olyan pontja az országnak, amely egyedülálló centrumként jelenik meg a térben. Magyarországon a legelőnyösebb a főváros centrikus-ság, mivel a teljes lakosság (9,8 millió) 70%-a közúton két órán belül képes elérni Budapestet (6. ábra). Ez az adottság rávilágít arra, hogy miért éppen Budapest tágabb térségében találjuk az országos szintű beruházásokat (Audi, Mercedes-Benz, Paks stb.) és a nemzetközi logisztikai bázisokat.

Gazdasági szempontból nem az a fontos, hogy a fővárost az ország összlakosságához képest milyen arányban lehet elérni, hanem hogy minél nagyobb embertömeget tudjon kiszolgálni. Így az országoknak arra kell törekedni, hogy a fővárosok mellett legyenek alternatívák, azaz más fejlett városok is, amelyek ellenpólusszerűen helyezkednek el. Ez azonban csak ritkán valósul meg. Leggyakrabban a fővárosok továbbra is megmaradnak a tér ki-tüntetett pontjai, és uralják az országon belül a városhálózati rendszereket, kihasználva a méretkülönbségüket.

4. A FŐVÁROSOK HELYZETPOTENCIÁL VIZSGÁLATÁNAK BEMUTATÁSA

Az egyszerűsített elérhetőségi vizsgálat rámutatott a régiók szélsőséges pontjaira, de területi potenciált (vonzáskörzeteket) nem tükrözött. Az ún. gravitációs modelleket több területen is alkalmazzák, mint például az Egyesült Államokban a nagyvárosok légi közlekedése vonzáskörzetének meghatározásánál [4]. A Hansen-féle gravitációs modell [7] „helyzetpotenciál mutatóját” az ismert newtoni fizika alapján a regionális kutatások is átvették. Mégpedig olyan megfontolásból, hogy két terület között fennáll egyfajta vonzási hatás, amelynek erőssége függ a két terület között lévő földrajzi távolságtól és a kibocsátás nagyságától (népesség, GDP, jövedelem stb.).

A kapcsolatot a következő képlettel lehet leírni:

$$P_i = \sum \frac{B_j}{d_{ij}^2}$$

ahol:

P_i az adott település helyzetpotenciálja;

B_j az elérhető célok tömegei, munkavállalók száma stb.

d_{ij} az i és j települések közötti távolság percben.

A vizsgálat eredményeit a 7. ábra jeleníti meg, ahol jól látszik, hogy Magyarország fővárosának a legnagyobb vonzáskörzete, mivel a legnagyobb népességet képes magához vonzani (az 1. táblázat alapján is erre a következtetésre jutottam). Egy másik centrikus ország Szerbia, amelynek a főváros körüli vonzásterülete a budapestinél gyengébb, de a többi vizsgált fővároshoz képest erőteljesebb. A kis területű országok közül Koszovó az, ahol Pristinának az egész országra kiterjedő hatása érvényesül, míg a többi ország fővárosának viszonylag közepes a vonzáskörzete. Kivétel még Románia és Albánia, amely országoknak a területükhöz viszonyítva is nagyon gyenge a főváros helyzetpotenciálja. Bár Románia esetében megjelennek nagyobb városok (Arad, Nagyvárad, Temesvár, Kolozsvár vagy Jászvásár), amelyek a főváros (társadalmi és gazdasági) egyes funkcióit (oktatás, kultúra, egyes specifikus gazdasági ágak) átvehetik, de a főváros centrális szerepe nem nélkülözhető.

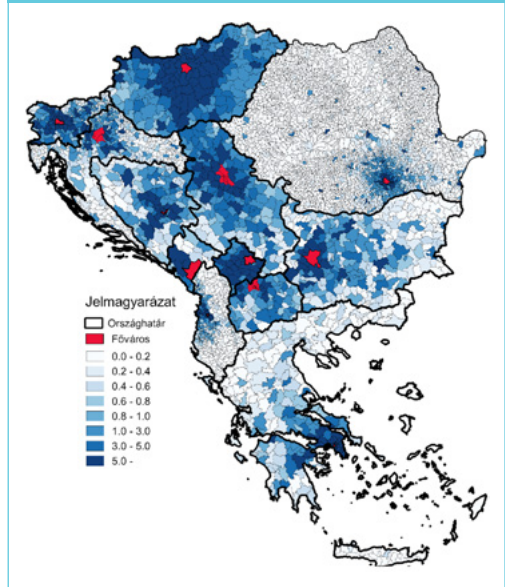
A vizsgált területek közül Szlovéniának, Horvátországnak és Romániának a fővárosai a magyar határ közelében lévő területekre is gyenge vonzási erőt gyakorolnak, így jó eséllyel az ezeken a területeken élő határon túli magyarok Budapest közlekedési vonzását élvezik. Szerbia estében valamivel erősebb a Belgrád közúti elérhetőségből származó vonzási erő, mint az előzőekben felsorolt országokban, ezért a Budapest-Belgrád vasútvonal fejlesztése a térség összekötő erejét (keleti nyitottság kormányprogramot) erősítené, valamint a vajdasági magyar közösségre is jótékonyan hatna.

5. ÖSSZEZÉS

Ha a természeti és társadalmi adottságok előnyösek, akkor az országok képesek kialakítani korszerű, jól működő közúti közlekedési alágazatot. Budapest ebből a szempontból az

7. ábra: A magyar és balkáni fővárosok közúti helyzetpotenciálja a Hansen-féle gravitációs modell alapján (vonzási erősség értéke 0-10 terjed)

Forrás: a szerző saját szerkesztése, QGIS térképszerkesztő program segítségével



élen jár a vizsgált nagytérség fővárosainak elérhetőségi adataihoz viszonyítva. A kisméretű országoktól eltekintve a sajátos területű országok fővárosainak és a periférikusan elhelyezkedő fővárosoknak az elérhetősége jóval rosszabb, mint a centrikus és kisméretű országok fővárosai.

Hátrányos (kedvezőtlen) természeti adottság származhat hegységek (például a Dinári-hegység, Kárpátok vonulatából), folyók (Duna) vagy nagyobb tavak (Ohridi-tó, Preszpa-tó) közlekedési vonalakon való fekvéséből. A társadalmi adottságok akkor hátrányosak, ha a fővárost és környékét alacsony gazdasági aktivitás, csekély külföldi beruházás, gyenge infrastruktúrális ellátottság jellemzik. A feltétel az, hogy mindkét (természeti és társadalmi) adottság előnyös legyen, ha az nem teljesül, akkor a főváros, mint az ország legfejlettebb pontja, kevésbé jól megközelíthető, kisebb népességet vonz maga köré.

Vizsgálataim eredményei alátámasztották azt a feltevést, hogy a magyar főváros közúti elérhetősége a legjobb a vizsgált országok közül. Budapest rendelkezik a legnagyobb kiterjedésű vonzaskörzettel, a legtöbb lakost tudja kiszolgálni, így Magyarországot a közlekedési adottságai kiemelik a balkáni országok környezetéből. Ezzel az adottsággal érdemes élni, ezért Magyarország, azon belül Budapest és környéke kiválóan alkalmas a közel-keleti országokból jövő áru fogadására és továbbítására a nyugati országok felé. Ezt a pozíciót erősítené a Budapest-Belgrád vasútvonal fejlesztése, mert így a két jelentős kiterjedésű vonzaskörzettel rendelkező főváros egyaránt kama- toztatni tudná térbeli pozícióját az országon belül és nemzetközi kapcsolati rendszerében.

A vizsgált helyzetpotenciál és az elérhetőségi adatok alapján Budapest képes a határon túli magyar közösségeket magához vonzani annak ellenére, hogy Szlovénia, Horvátország, Románia és részben Szerbia fővárosainak is van kapcsolata a magyar határ közelében lévő területekkel.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Abonyiné Palotás Jolán 2007. *Infrastruktúra*. Dialóg Campus. Budapest-Pécs. 184 o.
- [2] Banister, David; Berechman, Joseph 2001. Transport investment and the promotion of economic growth. In: *Journal of Transport Geography* No. 9. pp. 209-218. DOI: <http://doi.org/c8hmsv>
- [3] Bernát Tivadar et al. 1978. *Általános gazdasági földrajz*. Tankönyvkiadó. Budapest.
- [4] Erdősi Ferenc 2000a. *A kommunikáció szerepe a terület- és településfejlesztésben*. Budapest, VÁTI.
- [5] Erdősi Ferenc 2000b. *Európa közlekedése és a regionális fejlődés*. Budapest-Pécs, Dialógus Campus Kiadó.
- [6] Fleischer Tamás 2001. Régiók, határok, hálózatok. *Tér és Társadalom* (15. évf.), 3-4 sz. pp 55-68.
- [7] Hansen, Walter. G. 1959: How accessibility shapes land use. *Journal of the American Institute of Planners*, May.
- [8] Huovari, Janne; Kangasharju, Aki; Alanen, Aku 2001. Constructing an Index Regional Competitiveness. *Modern Economy* 10, Helsinki.
- [9] Nemes Nagy József 2009. *Terek, helyek, régiók*. Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 206-214.
- [10] Nemes Nagy József, Németh Nándor 2005. *Az átmenet és az új térszerkezet tagoló tényezői*. In.: A hely és a fej. Munkapiac és regionalitás Magyarországon (Szerk.: Fazekas K.). MTA Közgazdaságtudományi Intézet. Budapest. pp. 175-137.
- [11] Németh Nándor 2005. *Az autópálya-hálózat térszerkezet alakító hatásai - Magyarország esete*. A hely és a fej. Budapest, Munkapiac és regionalitás Magyarországon. Szerk.: Fazekas K. MTA Közgazdaságtudományi Intézet, pp. 139-179.
- [12] Németh Nándor 2006. Az M3-as autópálya hatása a térség társadalmi-gazdasági folyamataira. III. Magyar Földrajzi Konferencia. MTA FKI. Budapest.
- [13] Porter, Michael Eugene 1994. The Role of Location in Competition. *Journal of Economics of Business*. 1. 35-39. DOI: <http://doi.org/fg84z3>
- [14] Ruppert László 2000. Az átalakuló kelet-közép-európai közlekedés és a magyar közlekedés várható fejlődése. In: Magyarország az ezredfordulón - Közlekedési rendszerek és infrastruktúrák. (Szerk: Glatz F). Magyar Tudományos Akadémia. Budapest. pp. 33-54.
- [15] Szabó Szabolcs 2008. A közlekedés földrajza, A közúti közlekedés, A vízi közlekedés, A légi közlekedés, A nagyvárosi közlekedés. In.: *Fejezetek az ipar- és közlekedéstudományokból* (szerk.: Vidéki I.). ELTE Eötvös Kiadó. Budapest.
- [16] Tánccos Lászlóné 1995. A közlekedési externáliák költségeinek internalizálása. *Közlekedéstudományi Szemle*, 1994. november. pp. 281-289.
- [17] Thünen, Johann Heinrich 1826. *Der Isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie*, Hamburg, Perthes. English translation by C.M. Wartenberg: *The Isolated State*, Oxford, Pergamon Press (1966).

- [18] Tiner Tibor 2008. Egy gazdasági kulcságazat, az infrastruktúra területi fejlesztésének fő sajátosságai. In: *Területfejlesztés, településfejlesztés*. Selye János Egyetem Gazdaságtudományi Kar, Komárno, Egyetemi jegyzet. pp. 141-171.
- [19] Tóth Géza, Kincses Áron 2007. Közúti elérhetőségi vizsgálatok Európában. *Statistikai Szemle*, 85. évf. 5. sz. pp. 432-463.
- [20] Tóth László 2004. Fenntartható fejlődés - fenntartható mobilitás. *Közlekedéstudományi Szemle*. (54.évf.), 12. sz. pp. 442-448.
- [21] Vörös Attila, Polányiné Csányi Ágnes 2001. Az M8 autópálya várható terület- és gazdaságfejlesztő hatásai. *Közlekedéstudományi Szemle*. 12. pp. 449-464.
- [22] Weber, Alfred 1909. Ueber den Standort der Industrien, Tübingen J. C. B. Mohr. English translation: *The Theory of the Location of Industries*, Chicago, Chicago University Press, 1929.
- [23] Wallerstein, Immanuel 1983. „*A modern világgazdasági rendszer kialakulása*”, Gondolat Könyvkiadó, Budapest.



TERRITORIAL CONNECTIONS OF THE ROAD ACCESS OF HUNGARIAN AND BALKAN CAPITALS

The focus of the research introduced in the paper was the road accessibility of capital cities. The basis for the analysis was served by Hansen's gravity model. During the research, countries with different access levels were grouped into groups based on the size and location of the country. Thus, the following groups have been created: countries of special territories (Croatia and Greece), centric countries (Hungary, Serbia, Bosnia and Herzegovina and Albania), countries with a peripheral capital (Romania and Bulgaria), and small territories (Montenegro, Kosovo, Macedonia and Slovenia). The results of the accessibility and situation potential analysis supported the assumption that among the Balkan countries, the Hungarian capital's road accessibility is the best. Budapest has the largest area of agglomeration, it can serve most inhabitants, so Hungary stands out in regards to traffic conditions in the Balkans region. Another feature of the Hungarian capital is the ability to attract Hungarian communities from beyond the borders, as the capitals of Slovenia, Croatia, Romania and partly Serbia have weak links with the areas near the Hungarian border.



TERRITORIALE BEZIEHUNGEN DER ERREICHBARKEIT VON DEN UNGARISCHEN UND BALKANISCHEN HAUPTSTÄDTEN AUF DER STRASSE

Es stand die Zugänglichkeit der Hauptstädte auf der Strasse stand im Mittelpunkt der hier beschriebenen Untersuchungen. Die Grundlage für die Analysen lieferte Hansens Gravitationsmodell. Bei der Untersuchung wurden die Länder mit unterschiedlichen Zugangsniveaus nach Größe und Standort des Landes in Gruppen eingeteilt. So wurden die folgenden Gruppen gegründet: Länder mit speziellen Gebieten (Kroatien und Griechenland), zentrische Länder (Ungarn, Serbien, Bosnien und Herzegowina und Albanien), Länder mit einer peripheren Hauptstadt (Rumänien und Bulgarien) und Länder mit kleiner Fläche (Montenegro, Kosovo, Mazedonien und Slowenien). Die Ergebnisse der Analyse der Erreichbarkeit und des lagenspezifischen Potentials unterstützten die Annahme, dass unter den Balkanländern die Straßenzugänglichkeit der ungarischen Hauptstadt am besten ist. Budapest hat das größte Gebiet der Agglomeration, es kann die meisten Einwohnern bedienen, deshalb hebt sich Ungarn in Bezug auf die Verkehrsbedingungen von der Region der balkanischen Ländern hervor. Ein weiteres Merkmal der ungarischen Hauptstadt ist die Fähigkeit, ungarische Gemeinden von außerhalb der Grenzen anzuziehen, da die Hauptstädte von Slowenien, Kroatien, Rumänien und teilweise Serbien schwache Verbindungen mit den Gebieten in der Nähe der ungarischen Grenze haben.

Vágánygeometriai irány- és fekszinthibák valós nagyságának értékelése húrmérési eredmények alapján

A vasúti pálya méreteltéréseinek vizsgálata és a hibák megfelelő időben történő elhárítása a biztonságos közlekedés feltétele. E cikk a vágánygeometria ellenőrzése során alkalmazott eljárásokat tekinti át, és a húrmérések torzító hatásának kiküszöbölésével foglalkozik, illetve a lokális hosszfekszint- és irányhibák értékelési problémáira keres megoldást.

DOI 10.24228/KTSZ.2018.5.4

Ágh Csaba

PhD-hallgató, Széchenyi István Egyetem
e-mail: csagh@mavkfv.hu

1. BEVEZETÉS

A vasúti pályák biztonságos és gazdaságos fenntartása össztársadalmi érdek. A biztonságos közlekedés szavatolásához a szakemberek felmérik a vágányban kifejlődő geometriai méreteltéréseket, és megakadályozzák a hibák balesetveszélyes mértékűvé növekedését. A gazdaságos üzemeltetés érdekében törekedni kell a pálya-jármű rendszerben zajló romlási folyamatok megértésére, ezek alapján a pálya aktuális vágánygeometriai állapotának helyes értékelésére és a pályasebességek szinten tartására. Az említett célok eléréséhez elengedhetetlen a vasúti pálya mindenkori, méreteltérésekkel és hibákkal terhelt valós alakjának pontos felvétele. A korszerű pályafenntartásban a rendszerdinamikai aspektusokat nélkülöző szemlélet elavultnak tekinthető [1], ezért a jövőben célszerű olyan módon is felhasználni a pálya geometriailag meghatározott paramétereit, hogy azok segítségével az egyes járművek, ill. a pálya-jármű rendszer dinamikai viselkedését modellezzük. Ahhoz, hogy a különböző

járművek kisiklással szembeni biztonságát szimuláljuk egy adott vonalszakaszon, elengedhetetlen a valósnak tekinthető, terhelés alatt létrejövő és torzításmentes pályaalak ismerete. Az utóbbi évtizedekben a számítástechnika, illetve a numerikus módszerek fejlődésével lehetővé vált a folyamatosan változó viszonyítási rendszerben (húrelven működő mérőkocsival) felvett irány- és hosszfekszint-adatok gyors átszámítása abszolút viszonyítási rendszerbe, vagyis a torzításmentessé tétel. Mindamellet a hazai vasútvonalak nagy részén ma a hagyományos, torzításmentesítés nélküli húrmérési regisztrátum alapján zajlik a pályaállapot értékelése, illetve a pályafenntartási munka.

2. A VÁGÁNYGEOMETRIA JELENTŐSÉGE

A vasúti vágány pályatervezők által meghatározott milliméter pontosságú geometriáját a kivitelezők a hatályos előírásokban szereplő, számukra megengedett építési mérhetőárokon belül néhány milliméteres hibákkal valósítják

meg. A vágányok függőleges és oldalirányú megtámasztását biztosító szerkezeti elemekben (ágyazat, kiegészítő rétegek, alépítmény) is elkerülhetetlen inhomogenitások lépnek fel. E kezdeti eltérések, illetve a közlekedő vonatokról pályára átadódó – maradó alakváltozást, illetve a szerkezeti anyagok fáradását okozó – erők, továbbá hőmérsékleti és egyéb hatások következtében a vágány terheletlen alakja tovább torzul, illetve a támasztó rétegek tömörségi viszonyai is szabálytalanabbá válnak. A vágány rugalmas deformációi (a sínszalakat leíró térgörbék időleges változásai) függenek a rajtuk éppen áthaladó járműről átadódó erőktől is, amelyeket a járművek tömege, kialakítása, sebessége és parazita mozgásai (kigyózás, bólintás, támolygás, szitálás, rázás, rángatás) befolyásolnak. Ez utóbbiak létrejöttében éppen a vágány szabálytalanságai játszanak nagy szerepet. Ha a pálya–jármű rendszernek pusztán a pálya alrendszerét vizsgáljuk, akkor időben változó és matematikailag nehezen kezelhető térgörbékkel írhatjuk le a sínek vonatáthaladás közben felvett terhelés alatti alakját. Ez a nagyon rövid időre kialakuló alak azért fontos, mert kedvezőtlen esetben a vágánygeometriai eltérésekből adódóan kisiklás – vagy a pálya súlyos károsodása – következhet be. Minthogy a balesetveszély, illetve a vágánygeometria romlásának sebessége erősen függ az áthaladó vonatok sebességétől, a rossz vágánygeometriai minőségű szakaszokon sebességkorlátozásokat vezetnek be, amelyek versenyhátrányt okoznak más közlekedési alágazatokkal szemben, illetve az adott vasút kapacitását is csökkenthetik.

3. A VÁGÁNYGEOMETRIA MÉRÉSI MÓDSZEREI

A cikk fő céljának a terhelt pályaalak felvételét, vagyis a sínszalak – mint szabálytalan térgörbék – helyzetének mérését, leírását tekintti az átgördülő jármű által keltett deformációs viszonyok között egy olyan derékszögű koordináta-rendszerben, ahol az x koordináta-tengely (pálya menti úthossz) párhuzamos az elméleti vágánytengellyel, y koordináta-tengely a vízszintes (irány) és z koordináta-tengely a függőleges (fekszint) síkban helyezkedik el. A gyakorlatban általában x függvényében ke-

ressük az egyes sínszalak y és z koordinátáit. A mindenkori vágánygeometriai hibák felkutatására irányuló vizsgálatok főbb módszerei a következők:

- a. szemrevételezés;
 - b. geodéziai felmérés;
 - c. vonalbeutazás;
 - d. járműdinamikai mérés;
 - e. inerciális elvű mérés;
 - f. húrelvű mérés.
- a. A szemrevételezéses vizsgálat szerepét nem szabad lebecsülni, a vasúti diagnosztika sok területén a legfontosabb módszerek közé tartozik. Az emberi ítélőképesség bonyolultabb összefüggések felismerésére képes, mint bármely korszerű mérőrendszer vagy számítógép. Azonban a vágánygeometriai vizsgálat tárgyát képező, jellemzően milliméteres-centiméteres nagyságrendű, gyakran csak a vonatáthaladás alatti deformációk észlelése emberi szemmel nem lehetséges.
- b. A geodéziai felmérés kifejezetten alkalmas ugyan a sínszalak (mint időben állandó térgörbék) nagy pontosságú felvételére, ám a módszer nem termelékeny, és nehézségeket okoz a terhelt pályaalak bemérése. Ezért elsősorban a vágányépítés során és a vágány-szabályozás előkészítésére alkalmazzák.
- c. A vonalbeutazás alatt a pályafenntartási szakemberek azon tevékenységét értjük, amikor a vasúti járművön utazva annak szabálytalan mozgásairól – amelyeket veszélyesnek ítélnék – feljegyzéseket készítenek. Ilyen vonalbeutazások az érvényes előírások szerint rendszeresen megtörténnek.
- d. A járműdinamikai mérések során a vágánygeometriai hibákon áthaladó mérőkocsiban mérhető gyorsulásokból és erőkiből következtethetünk a vágány állapotára. A vonalbeutazásban és járműdinamikai vizsgálatban közös, hogy indirekt módon, a pálya–jármű rendszer jármű alrendszerében történő megfigyelések és mérések útján adnak képet a vágánygeometriáról. Magyarországon járműdinamikai mérőrendszernek tekinthető pl. a MÁV Központi

Felépítményvizsgáló Kft. (MÁV KfV Kft.) 007. sz. felépítményi mérőkocsiján elhelyezett dinamikai mérőrendszer. E diagnosztikai módszer jelentős, mert – bár a vágánygeometriát indirekt módon vizsgálja – közvetlenül meghatározható vele a tényleges veszély, mégpedig a kisiklást (valamint a pálya maradó alakváltozását) előidéző erőrendszer mindenkori állapota. Meg kell említeni azonban, hogy a vonalbeutazások és járműdinamikai mérések csak az adott, vizsgálathoz használt járműnek az aktuális mérési sebességnél mutatott viselkedéséről adnak képet, tehát nem használhatók általánosan a kisiklási kockázat megítélésére. Figyelemre méltó kísérletek történtek a járműdinamikai mérési eredményeket és a vágánygeometriáját összekapcsoló matematikai modellek megadására [2]. Azonban a vasúti pálya-jármű rendszer viselkedésének korrekt leírása annak bonyolultsága miatt szinte lehetetlen, ezért ilyen módon a pontos vágánygeometria nem vehető fel. Kijelenthető, hogy a járműdinamikai mérés és a vágánygeometria direkt mérése (pl. inerciális vagy húrelven) egymást kiegészítő tevékenységek, és az együttes alkalmazásuk indokolt.

e. Az inerciális elven mérő rendszerek a hosszfekszint- és irányparamétert a jármű haladása során fellépő gyorsulások mérésével határozzák meg. Amennyiben a gyorsulásmérők a kocsiszekrényen helyezkednek el, további szenzorok szükségesek a sínek és a gyorsulásmérő mindenkori relatív helyzetének meghatározásához. A mért gyorsulási adatsorokból a terhelt pályaalak, tehát a sínek térgörbéi kétszeres integrálással elvileg egyértelműen (azaz a választott hullámhossztartományon belül torzításmentesen) meghatározhatók. A MÁV is alkalmazott korábban ilyen jellegű mérőrendszert. A módszer hátránya, hogy a mérés csak akkor értékelhető, ha a mérőkocsi egy adott sebességnél, általában 20–30 km/h-nál gyorsabban halad. Ennél kisebb sebesség esetén az értékelendő gyorsulások mértéke annyira kicsivé válik, hogy hasonló nagyságrendű lesz a mérés hibájának nagyságrendjével. Korszerű inerciális mérőrendszerek sem képesek mérési eredményt produkálni annak

a pályarésznek a környezetében, ahol a vizsgálat során a mérőkocsi például egy vörös jelző előtt megáll. Gyorsulásmérők nem csak mérővonatokra szerelhetők fel: nagy mennyiségű hasznos diagnosztikai információ nyerhető a pályafenntartás számára, ha személy- és tehervonatokat továbbító mozdonyok forgóvázára helyezik fel [3]. Inerciális egységeknek tekinthetők a keresztfekszint (túlelemelés) mérésére használt giroszkópok, dőlésmérők is, amelyek az alapvetően húrelvű mérőrendszerrel felszerelt járműveknek is általában elengedhetetlen tartozékai (pl. a MÁV KfV Kft. FMK-004-es és FMK-007-es sz. felépítményi mérőkocsijai). A giroszkópok a mérővonat haladási sebességétől függetlenül alkalmazhatók

f. Azért választottam a cikk alaptémájául a hárompontos húrmérés témakörét, mert ezzel a módszerrel történik a hosszfekszint (süppedés) és irány paraméterek mérése a MÁV, a GYSEV és a HÉV vágányain, és ezzel a módszerrel jött létre az a nagy és rendszerezett adathalmaz, amelyre alapozva a kutatási munkám folyik. A módszer hátránya, hogy a mért értékek viszonyítási rendszere a mérőjármű haladása során a jármű elfordulásai és elmozdulásai miatt folyamatosan változik, vagyis például a hosszfekszint mérési grafikonja – további számítások elvégzése nélkül – nem adja meg a pályának a valós (elvi vágánytengelelyhez viszonyított) alakját, hanem annak egy jelentősen torzított képét mutatja meg. A torzítás miatt elvileg a periodikusan ismétlődő hibaegyüttesek – hullámhosszuktól és a mérőkocsi húrelrendeződésétől függően – szélsőséges esetekben eltűnhetnek a mérési eredményből, illetve kétszeres amplitúdóval jelenhetnek meg. A különböző húrelrendezésű mérőkocsik mérései nem vethetők össze, mert a pálya képét különbözőképp torzítják. Bár a húrelvű mérések önmagukban nem adják meg a pálya valós alakját, az elmúlt évszázadokban sikerrel alkalmazták őket pályafenntartási célokra, és – Magyarországon statisztikai elven – mérethatárokat határoztak meg a torzított mérési eredmények értékeléséhez. A húrelvű mérési adatsorok – a számítógépek

teljesítményének növekedésével és a későbbiekben részletezett torzításmentesítési technikák felfedezésének köszönhetően – az utóbbi évtizedekben alkalmasak lettek a terhelt valós pályaalak meghatározására is. Ösztönzi a valós pályaalak kiszámítását az Európai Unió tagállamaiban és tagjelölt országaiban az EN 13848-as szabványsorozat [4], illetve az ide vonatkozó átjárhatósági műszaki előírás [5]. A MÁV KfV Kft. által üzemeltetett mérési rendszerek a kor igényeinek megfelelően torzításmentes hosszfekszint- és iránymérési grafikonok szolgáltatására is képesek az említett szabvány szerinti D1 ($3\text{ m} < \lambda \leq 25\text{ m}$) és D2 ($25\text{ m} < \lambda \leq 70\text{ m}$) hullámhossztartományon. Az átszámítás néhány másodperces időeltolódással megvalósul, és a torzításmentes mérési grafikonokat a mérővonaton tartózkodó pályafenntartási szakember azonnal megkapja.

A hűrmérési eredményből az e cikkben bemutatott módon meghatározhatunk egy olyan pályaalakot, amelyen a hűrmérést elvégezve éppen ugyanazt az eredményt kapjuk. A D1 vagy D2 hullámhossz-tartományt reprezentáló adatsor előállításához használt digitális sáváteresztő szűrés azonban eltérést okoz a valós pályaalakhoz képest. Ilyen probléma merül fel például akkor, ha a végtelenül hosszú, hibamentes pályában egyetlen – koszinusz hullámmal reprezentált – lokális hibát veszünk fel [6]. A következőkben a hűrelvű mérés matematikai modelljét, majd a torzításmentessé tétel általánosan használt módszerét mutatom be, különös tekintettel a hibamentes pályán jelentkező izolált, koszinusz alakú pályahiba méréssel történő rekonstruálhatóságára.

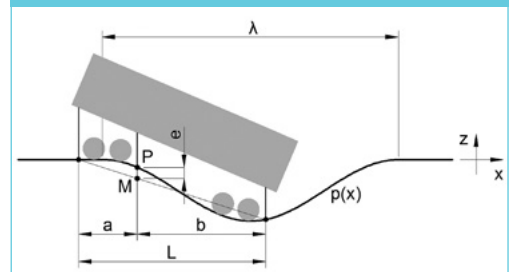
4. A HŰRMÉRÉSI GRAFIKON ÉS ANNAK TORZÍTÁSMENTESSÉ TÉTELE

A magyarországi vágánymérő kocsikon a hárompontos hűrmérés elvén történik a pálya torzított alakjának felvétele. A mérővonat a $p(x)$ pályafüggvény ($x_M - a$) és ($x_M + b$) abszciszszájú pontjai között minden pillanatban L hosszúságú virtuális hűrt feszít ki (1. ábra), amelynek tényleges hossza és vízszintes vetü-

leti hossza azonosnak tekinthető. Az M mérési pont a virtuális hűrt a és b hosszúságú részre osztja. A mérés mindenkor eredménye a pálya P pontjának és a húr M pontjának e -vel jelölt pillanatnyi távolsága. A mérési eredményekből álló $e(x)$ függvény (a torzított mérési regisztrátum) a következőképp írható fel:

$$e(x_p) = p(x_p) - \frac{b}{L} p(x_p - a) - \frac{a}{L} p(x_p + b) \quad (1)$$

1. ábra: Hárompontos hűrmérés elve

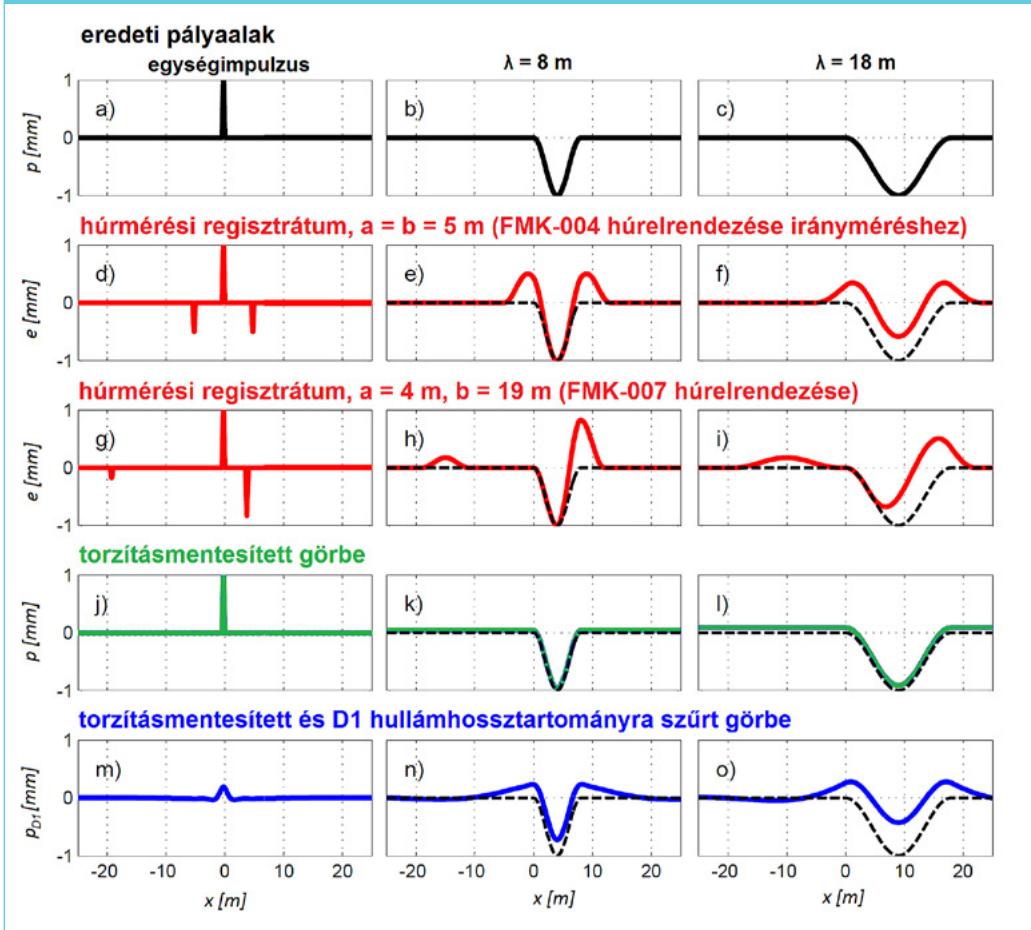


Cél a mérés torzításmentessé tétele, vagyis az $e(x)$ torzított mérési regisztrátumból $p(x)$ valós pályaalakot szeretnénk megkapni. Megjegyzendő, hogy a torzításmentesítésre több matematikai megoldás kínálkozik, például a nagy méretű, (1) típusú egyenletekből álló, határozatlan lineáris egyenletrendszerek optimális megoldásával operáló eljárás [7], azonban ezt nem tárgyalom, hanem a gyakorlatban általánosan elterjedt módszert mutatom be.

A fent definiált (1) vágánymérési tevékenységet lineáris időinvariáns (LTI) rendszernek tekinthetjük, amelyben a $p(x)$ bemeneti jelre érkező válaszjel $e(x)$. Ismert, hogy az ilyen rendszerek egyértelműen jellemezhetők az egységimpulzusra adott válaszukkal, amit a továbbiakban h -val jelölök.

Amennyiben a h függvényt fel tudjuk írni, a rendszer teljes működése ismertté válik, vagyis lehetséges lesz a kimenet (torzított mérési regisztrátum) alapján a bemenet (valós pályaalak) rekonstruálása [8]. Az egységimpulzus jelen esetben egy képzeletbeli, egységnyi magasságú és zéró hosszúságú, túske alakú vágánygeometriai hiba (2a ábra), a rendszer válasza pedig az e hibán áthaladó mérőkocsi által felrajzolandó

2. ábra: Lokális hibák és torzított, ill. torzításmentesített képük



mérési regisztrátum, amelyben értelem szerűen két további, ellentétes irányú túske is megjelenik. Ez a h válaszjel csak a húr tulajdonságaitól függ, ezért (1) segítségével könnyen előállítható például az FMK-004 mérőkocsi (irány paraméter felvételéhez használt) $a = 5\text{ m}$, $b = 5\text{ m}$ húrelrendezésére (2d ábra), valamint az FMK-007 mérőkocsi $a = 4\text{ m}$, $b = 19\text{ m}$ húrelrendezésére (2g ábra). A h függvény segítségével a rendszer könnyen modellezhető. A húrmérés során képződő torzított regisztrátum nem más, mint a p pályafüggvény és a mérőhúr méreteitől függő h függvény konvolúciója:

$$e(x) = (p * h)(x) = \int_{\xi=-\infty}^{+\infty} p(\xi) h(x - \xi) d\xi. \quad (2)$$

A gyakorlatban kihasználjuk azt a tulajdonságot, hogy két függvény konvolúciója megegyezik Fourier-transzformáltjaik szorzatával. A Fourier-transzformáció a függvényt vagy jelsorozatot esetünkben x „úttartományból” „út menti frekvenciatartományba”, illetve a λ „hullámhosszak tartományába”, viszi át. Vagyis a vágánymérőkocsin zajló húrmérés az alábbi egyszerű módon is leírható:

$$\hat{e}(\lambda) = \hat{p}(\lambda) \hat{h}(\lambda), \quad (3)$$

amely egyenértékű az (1) egyenlettel, és ahol \hat{e} , \hat{p} és \hat{h} jelölik rendre e , p és h Fourier-transzformáltjait. Felmerülhet a kérdés, hogy a (2)

szerinti egyszerű konvolúció végrehajtásával szemben miért előnyösebb a Fourier-transzformáltak számítása és (3) szerinti művelet elvégzése. A válasz a számítógépes műveletigényben keresendő: az utóbbi eljárás jelentősen gyorsabb [9].

A \hat{h} komplex értékű függvény, amit a hazai szakirodalomban átviteli karakterisztikának neveznek. Szemléletessé tehetjük, ha abszolútértékét, illetve irányszögét ábrázoljuk a hullámhossz függvényében, ezek ugyanis éppen a szakmai körökben közismert amplitúdó-karakterisztika-függvényt és fáziskarakterisztika-függvényt adják meg. Az átviteli karakterisztika zárt képlettel is megadható [10]. A fentiek alapján a pályafüggvény dekonvolúcióval (a konvolúció ellentett műveletével) nyerhető, ami a Fourier-transzformáltakon \hat{h} -val való osztást jelent, vagyis

$$\hat{p}(\lambda) = \frac{\hat{e}(\lambda)}{\hat{h}(\lambda)} \quad (4)$$

A $p(x)$ függvényt $\hat{p}(\lambda)$ függvényből inverz-Fourier-transzformációval kaphatjuk meg. Az ilyen módon meghatározott p alkalmas arra, hogy kiszámítsuk a pálya torzított képét tetszőleges hűrelrendezés feltételezésével, ehhez (1)–(3) összefüggések valamelyikét lehet alkalmazni. Ez azt jelenti, hogy adott hűrelrendezéssel felvett torzított mérési eredmény könnyen átszámítható egy másik, adott hűrelrendezésnek megfelelő mérési eredménnyé.

Adott pályaszakasz húrmérése (3) egyértelmű eredményt ad, azonban ez fordítva nem igaz: adott húrmérési eredményből általános esetben nem állítható elő egyértelműen az azt létrehozó pályaalak, vagyis csak feltételezett pályaalakot határozhatunk meg: egy adott húrmérési eredményt elvileg többféle pályaalak generálhatja. Ennek matematikai reprezentációja, hogy zérussal nem lehet osztani, így (4) függvény $\hat{h}(\lambda)=0$ esetén nem értelmezett. Fontos megemlíteni, hogy az amplitúdó-karakterisztika-függvénynek a és b közös osztóinál zérushelyei vannak, amelyek számításai nehézségeket okoznak a további műveletek során, azonban gyakorlati problémát nem jelentenek. Egyes hazai szakirodalmakban tévesen szere-

pel, hogy kizárólag szimmetrikus hűrelrendezés esetén léteznek ilyen zérushelyek: 4+19 méteres húr esetén például a λ_0 zérushelyek 4 és 19 közös osztóinál vannak: $\lambda_0 = 1 \text{ m}; 0,5 \text{ m}; 0,333 \text{ m}; 0,25 \text{ m} \dots$ (5. ábra két görbéje).

A (4) képlet alapján számított grafikon önmagában több okból sem használatos a gyakorlatban. Egyrészt az íves, átmenetiíves vagy magassági lekerekítésben fekvő pályaszakaszok esetén nem az eredeti pályaalakot adná. Ennek magyarázata, hogy ilyen esetekben a torzításmentesített képben lehetetlen elválasztani a tervezett vonalvezetési elemeket (ívek, magassági lekerekítések) a vágánygeometriai hibáktól, ezért azok nagy amplitúdójú és nagy hullámhosszú vágánygeometriai hibákként jelentkeznek. Másfelől megközelítve a problémát: egy térképre berajzolható, íveket tartalmazó nyomvonal nem ábrázolható alakhelyesen egy derékszögű koordináta-rendszerben egy függvényként. További probléma a torzításmentes, de szűretlen képpel, hogy az igen kis hullámhosszú összetevők és az igen nagy hullámhosszú összetevők a húrmérés során bizonytalanul érzékelhetők, és ezekben a hullámhossz-tartományokban a mérési pontatlanság a torzításmentesített képben felerősödve jelentkezik. Hozzáteszem, hogy az eredeti húrmérési grafikon ábrázolása és feldolgozása esetén is szokás az irány paraméter esetén a helyszínrajzi ívek és átmenetiívek zavaró hatásának eltávolítása: az FMK-004 és FMK-007 mérőkocsik esetében erre egy 40 méteres bázisú mozgóátlagoló eljárás szolgál.

A fentiek miatt a vágány geometriájának diagnosztikai célú, közvetlenül alkalmazható, torzításmentes leírása során a tervezett helyszínrajzi és magassági vonalvezetési elemek alacsony frekvenciás hatását, illetve a diszkrét mintavételezés miatt már nem értékelhető nagy frekvenciájú jeleket el kell távolítani. Ez a jelenlegi európai gyakorlatban sáváteresztő szűrővel valósul meg. Megjegyzendő, hogy a hárompontos húrral mérő rendszerek esetén a hűrelrendezést úgy célszerű megválasztani, hogy a leszűrt hullámhossztartományba ne essen zérushely, vagyis a és b húrméretek legnagyobb közös osztója kisebb legyen a

vizsgálendő legkisebb pályahullámhossznál. A szűrést is célszerű a Fourier-transzformált segítségével elvégezni. Az alábbi képlettel a torzításmentessé tett és sávszűrt pályafüggvény (p_D) Fourier-transzformáltját adjuk meg:

$$\hat{p}_D(\lambda) = \frac{\hat{e}(\lambda)}{\hat{h}(\lambda)} W_D(\lambda), \quad (5)$$

ahol W_D az előírt hullámhossztartományra történő sávszűréshez szükséges függvény, amely minden λ hullámhossz-összetevőhöz megadja, hogy milyen mértékben kerüljön be a végső regisztrátumba. A p_D függvényt \hat{p}_D függvényből inverz-Fourier-transzformációval kaphatjuk meg.

A valóságban a mérési eredményeket diszkrét pontokban vesszük fel: a mai magyar gyakorlatban $\Delta x = 0,25$ m felbontású ekvidisztáns mintavételezés történik a mérendő pályaszakaszon. A torzításmentessé tételhez a teljes mérőmenet során meghatározott e diszkrét értékeit tartalmazó hosszú jelsorozatból alkalmas elemszámú, részben átfedő jelsorozatokat veszünk ki, amelyekből a vizsgálendő $D1$ vagy $D2$ jelű hullámhossztartomány leszűrhető. Ehhez a hullámhossztartományt reprezentáló legnagyobb hullámhossz többszörösének megfelelő hosszúságú jelsorozat alkalmazása szükséges. A kivett jelsorozatokon a mérővonatok szoftverei elvégzik a diszkrét Fourier-transzformációt (gyors Fourier-transzformációval), illetve végrehajtják az (5)-nek megfelelő diszkrét műveletet. Közben gondoskodnak az így létrejövő átszámított jelsorozatok összeillesztéséről a teljes mérési fájlban a megfelelő átlapolási megoldással.

5. ELSZIGETELT LOKÁLIS HIBÁK VISELKEDÉSE A TORZÍTÁSMENTESSÉ TÉTEL ÉS SÁVSZÜRÉS HATÁSÁRA

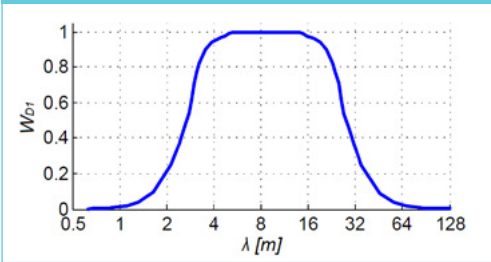
Amint arról korábban szó volt, bár a torzításmentessé tétel elvileg önmagában képes megadni a valós pályaalakot, azonban az előzőekben részletezett $D1$ vagy $D2$ hullámhossztartományra történő szűrés hatására más jellegű torzulások lépnek fel. Tegyük fel, hogy a pálya valós p alakja a következőképp írható le:

$$p(x) = \begin{cases} 0 & , \text{ ha } x < 0 \\ \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right) - 1 & , \text{ ha } 0 \leq x \leq \lambda \\ 0 & , \text{ ha } \lambda < x \end{cases} \quad (6)$$

E pályaalak megfelel a hézag nélküli pályák kivetődésbiztonsága szempontjából fontos „A” típusú izolált irányhibának (vizsgálataimban mindegy, hogy irány vagy hosszfekszint paraméterről van szó). Két, különböző pályahibán keresztül szemléltetem az Octave, ill. Matlab programokban végzett számításaim eredményét. Az alkalmazott ablakhossz 100 m, ami 400 mérési pontot jelent. Az első koszinusz alakú hiba λ hullámhossza 8 m (*2b ábra*), a másodiké 18 m (*2c ábra*). Elvégezve rajtuk az (1) vagy (2) vagy (3) szerinti húrmérést az FMK-004 és FMK-007 mérővonatok húrelrendezésének megfelelően, a *2e*, *2f*, *2h* és *2i* ábrákon látható regisztrátumokat kaptam. A torzításmentessé tevő eljárással (4) az előbb említett, piros színnel jelölt függvényekből számított p pályafüggvényeket a *2k* és *2l* ábrák mutatják be. Az eredmény – a Fourier-transzformáció ablakhosszától függő kis eltolódással – megfelel az eredeti pályaalaknak, függetlenül a húrelrendezéstől. A torzításmentessé tevő eljárás után a $D1$ hullámhossztartományra történő szűrést is megvalósítottam (5) mindkét húrelrendezés esetében, és a *2n* és *2o* ábrákon látható függvényeket kaptam. A W_{D1} alkalmazott értékeit a *prEN 13848-1:2016* számú előzetes szabvány *C.1* táblázatának megfelelően választottam meg (*3. ábra*). Ilyen esetben tehát a valós pályaalaktól jelentősen eltérő eredmény jöhet létre, ami félreértést okozhat a kiértékelés során, pedig a vizsgált pályahiba hullámhossza belesik a vizsgált 3...25 m közötti tartományba. „Alapvonalról csúcsig” típusú kiértékelés esetén a valódi hibaamplitúdónak $\lambda = 8$ m esetén a 72 %-át (*2n ábra*), $\lambda = 18$ m esetén a 43 %-át (*2o ábra*) kaptam. Megvizsgáltam, hogy „csúcstól csúcsig” kiértékelés mennyiben tükrözné a valódi hibaméretet. A tapasztalatom az, hogy $3 \text{ m} \leq \lambda \leq 11 \text{ m}$ hullámhosszúságú hibák esetén p_{D1} grafikon minimuma és maximuma közti különbség meghaladja a valós hibanagyság 90%-át, azonban $\lambda = 18 \text{ m}$ esetén (*2o ábra*) ez az érték már csak 71%. Érdemes megfigyelni az egységimpulzus-

függvény tökéletesen torzításmentessé tehető tulajdonságát (2j ábra). A szűrő működése megfigyelhető a 2m ábrán: mivel az egységimpulzus-függvény hullámhossza zéró (kívül esik a D1-es hullámtartományon), a szűrés igyekszik elnyomni a jel amplitúdóját.

3. ábra: Sáváteresztő szűrő a D1 hullámtartományhoz



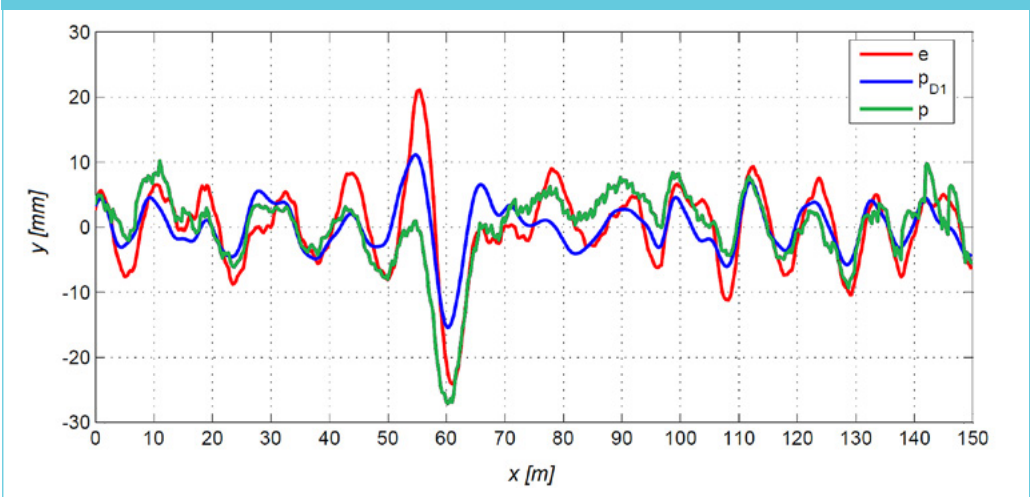
A 4. ábrán az FMK-007 jelű mérővonat eredeti hűrelrendezésével felvett iránymérési grafikonjának egy 150 méteres darabját vörös színnel jelenítettem meg. A bemutatott szakasz 90 km/h sebességgel járható hézag nélküli vágányban, 500 m sugarú tiszta ívben található. A pályáívből származó konstans húrmagasságértéket nem vettem figyelembe az ábrázolásnál. A bemutatott pályarészen a méréskor egy kb. 12 m hosszú, „A” típusú kritikus irányhiba volt, ami

az azt követő napokban jelentősen súlyosbodott és balesetveszélyessé vált. A sávszűrés nélkül számított torzításmentes pályaalakot zöld színnel rajzoltam fel. Feltételezhető, hogy a vágány irányviszonyait ez a görbe alakhűen mutatja be. (A felhasznált ablakhossz 150 m volt.) A torzításmentés után D1 hullámtartományra szűrt adatsort kék színű görbe reprezentálja. Látható, hogy ez utóbbi adatsor „alapvontól csúcsig” típusú kiértékelése esetén a valóságosnál kisebb értéket kapunk. A fentiek alapján azt javaslom, hogy olyan határértékeket célszerű alkalmazni Magyarországon a D1-es adatsorokra, amelyek garantálják, hogy a példában szereplőhöz hasonló kritikus irányhibáknál azonnali beavatkozás történjen.

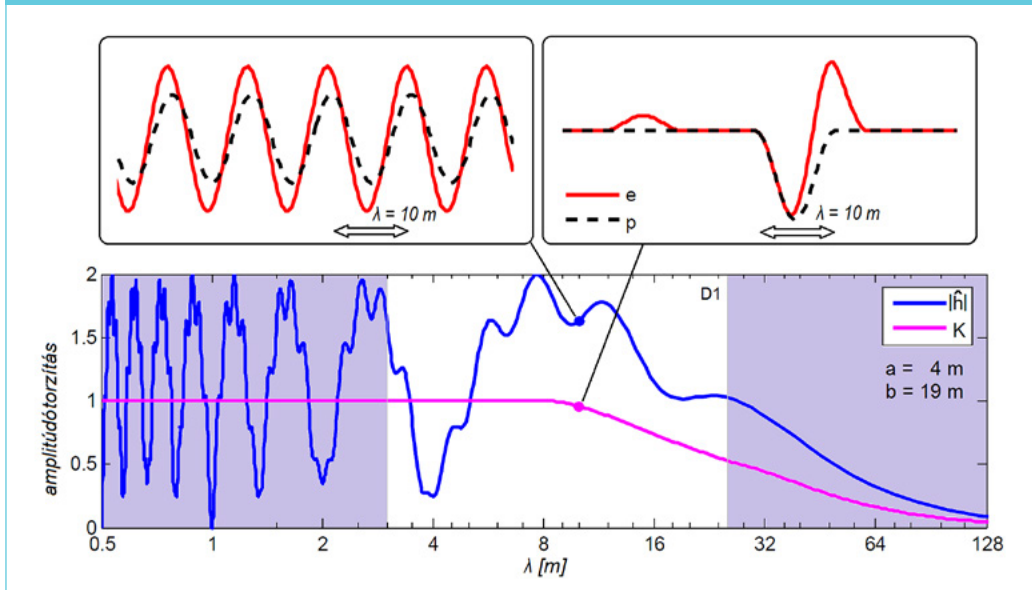
6. LOKÁLIS HIBA TORZÍTOTTSA-GÁNAK MÉRTEKE A HŰRMÉRÉSI REGISZTRÁTUMBAN

A vázolt probléma megoldása felé vezető utakat keresve részletesen megvizsgáltam a $p(x)$ alakú pályarészek húrmérési képének matematikai leírási lehetőségeit. A (6) pályafüggvényt (1) egyenletbe helyettesítve analitikus úton levezettem a mindenkor torzított pályaalakot megadó függvényeket. Arra jutottam, hogy a torzított $e(x)$ mérési grafikon ebben az esetben hétféle $f(p(x))$ hozzárendelési szabállyal

4. ábra: Vágánykivetődéssel fenyegető irányhiba és mérési grafikonjai



5. ábra: Periodikus és izolált lokális hibák torzításának mértéke a húrmérési regisztrátumban „alapvonalról csúcsig” típusú kiértékelés esetén



írható le. Az egyes hozzárendelési szabályok alkalmazhatósága attól függ, hogy a húrvégeket és a mérési keresztmetszetet meghatározó három pont közül éppen melyek tartózkodnak a koszinusz hullámon, illetve előtte és utána. A hosszadalmas levezetés közlésére terjedelmi korlátok miatt nem kerül sor. Meghatároztam az ilyen (6) alakú elszigetelt pályahibákra vonatkozó amplitúdótorzítási függvényeket, amelyek megadják, hogy a húrmérés során felvett torzított mérési regisztrátum szélsőértéke hányszorosa a valós pályafüggvény szélsőértékének. Meghatároztam tehát a $2e$, $2f$, $2h$ és $2i$ ábrákon felrajzolt piros és fekete görbék minimumértékének K arányát λ hibahullámhossz függvényében analitikus úton.

Legyen $a \leq b$. A három intervallumon három hozzárendelési szabály érvényes:

- I. ha $\lambda \leq 2a$, akkor a torzított kép negatív szélsőértéke megegyezik a valós pályahibanagysággal (lásd: $2e$ és $2h$ ábrák):

$$K=1, \quad (7)$$
- II. ha $2a \leq \lambda \leq \lambda_c$ (ahol λ_c az a és b függvénye):

$$K = \frac{\sqrt{1 + \frac{b^2}{L^2} - \frac{2b}{L} \cos\left(\frac{2\pi a}{\lambda}\right)} + 1 - \frac{b}{L}}{2}, \quad (8)$$

III. ha $\lambda_c \leq \lambda$:

$$K = \frac{\sqrt{Q^2 + R^2}}{2}, \quad (9)$$

ahol

$$Q = 1 - \frac{a}{L} \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} b\right) - \frac{b}{L} \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} a\right), \quad (9a)$$

$$R = \frac{b}{L} \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} a\right) - \frac{a}{L} \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} b\right). \quad (9b)$$

A három függvénydarab differenciálható módon csatlakozik egymáshoz. A $K(\lambda)$ függvényt $a = 4 \text{ m}$, $b = 19 \text{ m}$ behelyettesítésével ($\lambda_c = 29,28 \text{ m}$) az 5. ábrán bíbor színű vonallal jelöltem. K értéke $\lambda=8 \text{ m}$ esetén 1, ez a $2h$ ábrán látható állapotnak felel meg, vagyis a húrmérési grafikon negatív minimuma egybeesik a pályával. K értéke az 5. ábrán jelölt $\lambda=10 \text{ m}$ esetén 0,96, vagyis a húrmérési függvény minimuma majdnem a valós pályafüggvény minimumánál van. $\lambda=18 \text{ m}$ esetén $K = 0,68$; ez a $2i$ ábrán látható állapotnak felel meg, vagyis a húrmérési

grafikon a pályahiba nagyságát kb. 2/3-ára torzította. Az összehasonlítás kedvéért az 5. ábrán $K(\lambda)$ függvénnyel együtt $|h'(\lambda)|$ függvény is látható, amely a harmonikus (periodikus szinuszos) pályahibák esetén adja meg az amplitúdótorzítás mértékét. A D1 hullámhossztartományt a diagramon eltérő háttérszín emeli ki. Láthatjuk, hogy periodikus hibasorozat esetén a hűrmérési grafikon nagyobb kitéréseket tartalmazhat ($\lambda=10$ m esetén 164%), mint a valós amplitúdó, ám elszigetelt lokális hiba esetén a hűrmérési grafikon sosem mutat nagyobb amplitúdót a valóságosnál.

7. ÖSSZEZÉS

Az európai előírások szerint a vágánygeometriai mérésnek az irányra és hosszfekszintre vonatkozó grafikonjait torzításmentesen és adott hullámhossz-tartományra szűrve kell szolgáltatni. Ezáltal különböző hűrelrendezésű mérővonalatok mérési eredményei összevethetővé válnak egymással, valamint inerciális mérőrendszer segítségével felvett eredményekkel. Amennyiben a torzításmentesítési eljárás bemenő adata, a hűrmérési regisztrátum stacionárius jelnek tekinthető (irány esetében például helyszínrajzi egyenesről vagy tiszta ívről van szó), akkor a torzításmentesített, teljes hullámhosszspektrumot tartalmazó grafikon a pálya alakhú, terhelés alatti képét ábrázolja. Ez a grafikon önmagában nemhasználatos, mivel íves pályarészek esetén nem az eredeti pályalakot adja vissza, illetve a bizonytalanul mérhető igen kicsi és igen nagy hullámhossz-összetevők hatását kedvezőtlenül felerősítheti. A torzításmentes grafikon adott hullámtartományra történő szűrésével a pályának ismét egyfajta torzított képe áll elő. A magyarországi gyakorlatra lefordítva mindez azt jelenti, hogy bár az FMK-004 és FMK-007 mérőkocsik hűrelrendezése eltérő, a torzításmentesített és D1 hullámtartományra szűrt mérési eredményük elvileg azonos, és összevethető bármely más, EN 13848 szabvány szerint működő európai mérőkocsi eredményével. Az eltérések az egyes mérőkocsik terhelési viszonyaitól függnak, vagyis hogy a mérőjármű áthaladásának hatására a pálya milyen mértékben deformálódik. A szakmai szóhasználatban egyszerűen D1-esnek nevezett grafikonok a hagyományos hűrmérésre jellemző torzítást tehát nem tartalmazzák, viszont nem tekinthetők a

pálya alakhú képeknek. Kivetődésbiztonság szempontjából kritikus koszinusz alakú izolált pályahibákat vizsgáltam meg, és arra jutottam, hogy a geometriai eltérés milliméterben vett maximumértéke 3–11 m közti hullámhosszknál a D1-es grafikon szomszédos lokális szélsőértékeinek különbségével („csúcstól csúcsig” típusú kiértékelés) becsülhető. Ezért a D1-es iránymérési grafikon kiértékelésénél fokozott figyelmet kell fordítani a „csúcstól csúcsig” típusú kiértékelésre.

A torzításmentesítési eljárás a hűrelrendezésre jellemző átviteli karakterisztikán alapszik. Szimmetrikus és aszimmetrikus hűrelrendezés esetén is megjelennek zérusok az amplitúdó-karakterisztikában, amelyek numerikus problémákat okoznak a dekonvolúció során. A szakirodalomban megtalálható hagyományos amplitúdó-karakterisztika-függvény csak periodikusan hullámzó hosszfekszint vagy irány esetén adja meg a hűrmérési regisztrátum elvi torzítását. Az ilyen amplitúdó-karakterisztika nem alkalmas a koszinusz alakú izolált pályahibák „alapvonalaltól csúcsig” eljárással figyelembe vett torzításának jellemzésére. Erre a bemutatott (7) – (9) függvények kombinációja alkalmas. Az előbbieken említett izolált koszinusz alakú irányhiba esetén a hűrmérési regisztrátum lokális szélsőértéke és a nullvonal különbsége – egy hűrelrendezéstől függő határhullámhossz alatt – pontosan megegyezik a kinyomódás nagyságával. Ha a hiba hullámhossza ennél nagyobb, a hűrmérési grafikon a valósnál kisebb kitérést mutat. Torzításos hűrmérési grafikon esetében tehát az „alapvonalaltól csúcsig” típusú kiértékelésnek kell előtérbe kerülnie az alacsonyabb hibahullámhosszknál. Ez a hazai mérőkocsik példáján értelmezve azt jelenti, hogy a FMK-004 esetében 5 méternél, FMK-007 esetén 4 méternél kisebb hosszúságú izolált geometriai hiba nagysága a hűrmérési grafikonról közvetlenül leolvasható.

Megemlítem, hogy egy adott hűrelrendezésű mérőkocsival felvett mérési eredmény átszámítható bármely másik hűrelrendezésnek megfelelő mérési eredménnyé. Ez a módszer elvi lehetőséget ad például arra, hogy az ívszabályozások előkészítése során végzendő kézi hűrmérést valamely mérőkocsi eredményeinek átszámításával helyettesítsük.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Zobory I.: A vasúti pálya-jármű rendszer dinamikája – mérése – minősítése. Közlekedéstudományi Szemle, 2015:1 (2015) pp. 6–18.
- [2] Zhai, W., Wang, K., Cai, C. Fundamentals of vehicle-track coupled dynamics. Vehicle System Dynamics, 47:11 (2009) pp. 1349–1376 DOI: <http://doi.org/fgp7wr>
- [3] Linder, C., Schenkendorf, R., Lackhove, C.: Prognoseverfahren zur Gleislageabweichung bei Einzelfehlern. Der Eisenbahningenieur, 02/14 (2014), pp. 17-20
- [4] MSZ EN 13848 szabványcsalád (Vasúti alkalmazások. Vágány. A vágánygeometria minősége.)
- [5] Európai Bizottság 1299/2014/EU rendelete az Európai Unió vasúti rendszerének infrastruktúra alrendszerére vonatkozó átjárhatósági műszaki előírásokról
- [6] Haigermoser, A., Luber, B., Rauh, J., Gräfe, G.: Road and track irregularities: measurement, assessment and simulation. Vehicle System Dynamics, 53:7 (2015) pp. 878-957 DOI: <http://doi.org/gdngxzh>
- [7] Wang, P., Wang, Y., Tang, H., Gao, M., Xu, J.: Error theory of chord-based measurement system regarding track geometry and improvement by high frequency sampling. Measurement, 115 (2018), pp. 204-216 DOI: <http://doi.org/ctb5>
- [8] Mauer, L.: Determination of Track Irregularities and Stiffness Parameters with Inverse Transfer Functions of Track Recording Vehicles. Vehicle System Dynamics, 24:sup1 (1995), pp. 117–132 DOI: <http://doi.org/c2nqzd>
- [9] Smith, S. W.: The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing. Second Edition. California Technical Publishing, San Diego (1999) pp. 169
- [10] Lichtberger, B.: Track compendium. EurailPress, Hamburg (2005) pp. 400–405



Evaluation of the real amplitude of longitudinal level and alignment defects based on the results of the chord measurement of track geometry

Regular monitoring measurements of track geometry guarantee traffic safety. The main methods of measuring track geometry have been reviewed. The paper discusses in detail the principle of the three-point chord survey and its distorted measurement results as well as the generally applied decolouring procedure and the amplitude reduction due to band-pass filtering on the D1 waveband. The functions describing the degree of distortion of the cosine-shaped isolated track defect occurring in the registered data of chord survey were determined by mathematical deduction. It has been found that in the case of isolated local faults, the registered data of the chord survey should not contain any higher amplitude than the real value in the course of the "baseline to peak" evaluation.



Bewertung der realen Amplituden de Längshöhen- und Richtungsfehler in der Gleisgeometrie aufgrund von Ergebnissen der Sehnenmessung

Regelmäßige Überwachungsmessungen der Gleisgeometrie garantieren die Verkehrssicherheit. Es wurde ein Überblick der wichtigsten Methoden zur Vermessung der Gleisgeometrie gegeben. Der Artikel diskutiert detailliert das Prinzip der Dreipunkte-Sehnenmessverfahren und seine verzerrten Messergebnisse sowie das allgemein angewandte Verfahren für die Befreiung von Verzerrungen und die Amplitudenreduzierung in Folge der Bandbreitenfilterung im D1-Wellenband. Die Funktionen, die den Grad der Verzerrung des sinusförmigen isolierten Spurfehlers beschreiben, der in den registrierten Daten der Sehnenmessung auftritt, wurden durch mathematische Folgerungen bestimmt. Es hat sich gezeigt, dass bei vereinzelt lokalen Fehlern die registrierten Daten der Sehnenmessung im Verlauf der Auswertung "von Grundlinie zum Spitzenwert" keine Amplitude enthalten dürfen, die grösser ist als der reale Wert.

150 éves a hatvani MÁV fűtőház

A fűtőházak (később vontatási telepek) mindig meghatározó szerepet játszottak a vasutak szakmai életében, hiszen a vontató járművek karbantartása, a megbízható üzemeltetés biztosítása a vasúti forgalom egyik alappillére. A 150 éves magyar vasúttörténet kiemelkedő szervezete, létesítménye volt a hatvani MÁV fűtőház.

DOI 10.24228/KTSZ.2018.5.5

Varga Károly

nyugalmazott MÁV főtanácsos
e-mail: vargakaroly1936@gmail.com

Hatvanban a vasúti vontatás gyökerei a hatvan-salgótarjáni vonalszakasz forgalomba állításának időpontjához (1867. május 19.) vezetnek. A Magyar Északi Vasút Társaság pest-salgótarjáni vasútvonalának forgalmát a pesti, hatvani és salgótarjáni fűtőházak szolgálták ki. A gőzmozdonyok Pesten, Hatvanban és Salgótarjában vehettek vizet. A vonalon a forgalom 6 db személy- és 4 db tehervonati mozdonnyal, valamint 10 db személykocsival és 249 db teherkocsival indult. Naponta egy pár személy- és egy pár tehervonat közlekedett a kezdetekben.

A személyforgalmat az 1867-ben, a bécsi Sigl cég gyártotta Losonc-típusú gőzmozdonyokkal bonyolították le. A tehervonatokat pedig az ugyancsak 1867-ben a Sigl cég bécsújhelyi gyárában készült Hatvan-típusú gőzmozdonyok továbbították.

Az 1868. június 30-án a magyar kormány és az anyagi nehézségekkel küzdő északi vasút között létrejött szerződés alapján az Északi Vasút 1868. július 1-jén az állam tulajdonába és üzemébe ment át. Ezen a napon születtek a Magyar Kir. Államvasutak (MÁV), és a Salgótarjáni Kőszénbánya Rt., valamint a hatvani fűtőház is a MÁV tulajdonába került.

A MÁV-nak megalakulásakor a következő helyeken voltak fűtőházai: Pesten a véglegesen felépített, 12-állásos fűtőház, két kis szobából álló irodával és egy nagyobb kézraktárral; a hatvani és a salgótarjáni fűtőházak ideiglenes fafészerek voltak. Sem műhely, sem anyagszertár nem létezett, a kisebb javításokat a fűtőházban végezték el, amit e célból egy táborig tűzhellyel szereltek fel. „Ha a javítás itt már nem volt lehetséges, úgy a javításra szoruló tárgyat át kellett küldenünk az osztrák államvasút műhelyébe. Az anyagot szükség esetén rövid úton a városi kereskedésekből szereztük be.”

A hatvani fűtőház jelentősége ugrásszerűen megnövekedett a hatvan-miskolci vasútvonal megnyitásától (1870. január 9.). A Pest-Hatvan-Miskolc közötti vasútvonal forgalmát ebben az időben a pestre állomásított 6 db személy- és 16 db tehervonati, a Hatvanba állomásított 4 db személy- és 6 db tehervonati, valamint a Gyöngyöstre állomásított 2 db másodrangú gőzmozdonyal bonyolították le. A segédmozdonyok állomásítására Hatvan, Gyöngyös és Miskolc volt kijelölve.

A MÁV budapesti első Üzletigazgatósága megalakulásáig (1880. január 1-jéig) Hatvanban és

Losoncon MÁV Közlekedési Főnökség is működött, és 1880 augusztusában Hatvanban egy központi kocsintézősége is létrehoztak.

Hatvanban 1895-ben az első, ideiglenes fűtőház helyett 12 mozdonyállásos, két fordítókorongos fűtőház épült. Ekkor készült a fűtőházi laktanya is. Ez a hatvani fűtőház a mai kocsijavítóműhely helyén állt.

Az 1900-as évek elején Hatvanban – a mostani vasúti sporttelep helyén – „Nemzetközi kocsikölcsönző és teherkocsi-javító műhely” működött. A kétfordítókorongos fűtőház az 1930-as évekre elavult, és helyette építették meg az ugyancsak fordítókorongos fűtőházat, amelyet 1944. szeptember 20-án lebombázott az amerikai légierő. Ekkor súlyos károkat szenvedett a személypályaudvar, a szomszédos vasúti kolónia (lakótelep) legtöbb lakóháza, az elemi iskola épülete, leégett a vontatási laktanya teteje is. A légítámadásnak 500 fő vasutas és polgári áldozata volt.

A 12x15 m-es alapterületű első laktanya a ma-ira merőlegesen helyezkedett el. A jelenlegi laktanyaépületet a mai formájában az 1930-as években alakították ki a hatvani fűtőház átépítésével egy időben.

A 36,32 m hosszú és 10,82 m széles laktanyaépület rekonstrukciójára az 1980-as évek közepén került sor. Ekkor az első emeleten helyezték el a vontatási főnökség irodáit.

Az 1945 után épített jelenlegi – téglalap alakú, mozdonyszín, amelyet az 1980-as évek közepén újítottak fel – a Budapest–Miskolc vasútvonal Újhatvan felőli oldalán helyezkedik el. A fűtőház ötvágányos, vágányonként 2 db 424-es gőzmozdony számára volt hely.

A hatvani fűtőház felügyelete – a MÁV Üzletigazgatóság és a MÁV Igazgatóság tekintetében – az idők során többször változott, így tartozott Miskolchoz, Budapesthez, majd ismét Miskolchoz.

1981-ben a hatvani fűtőház állományában 10 db M62-es dízelmozdony volt, amelyek a hatvan-salgótarjáni szerelvényeket továbbították,

és 8 db M43-as, valamint 9 db M40-es sorozatú dízelmozdony. Az utóbbiak főleg személy-és gyorsvonatokat továbbítottak Hatvan és Somoskőújfalu között. Az 1980-as évek elején még 15 db V43-as villamos mozdony is a Hatvani Vontatási Főnökség állományába tartozott. A korszerű mozdonyok elterjedésével 1981-ben Hatvanban megszűnt a gőzvontatás.

A salgótarjáni fűtőház 1962-től, a kisterenyei fűtőház 1981-től, az összevont salgótarján-kisterenyei kirendeltség a hatvani Vontatási Főnökség kirendeltsége volt, később salgótarján Hatvan külső szolgálati helyeként működött.

A MÁV szervezeteinél és a járműállományában történt változások következtében – a 2000-es évek első évtizedében – a fűtőházak többsége, így a hatvani is, elvesztette önállóságát. Ennek eredményeként a fűtőházak üzemeltetési és/vagy járműfenntartási telephelyek lettek.

Egy újabb szervezeti változás következtében a fűtőház 2015. január 1-jén a Budapesti Járműbiztosítási Igazgatóság (JBI) hatvani telephelye lett, ahol vasúti teherkocsik javítását végzik.

A hatvani fűtőháznak, illetve a hatvani Vontatási Főnökségnek sokáig országosan elismert, jó hírű tanműhelye és tanoncképzése volt. Az 1920-as adatok alapján akkor már a fűtőháznál 20-25 tanoncot képeztek. Később a hatvani Damjanich János Ipari Szakképzési Intézetben 1993-ig vasúti járműszereleket is képeztek.

A „Hatvani Mozdonyvezetők Otthona” – Háy Gyula fűtőház főnök támogatásával – 1913. július 3-án kezdte meg működését. Az újhatvani helyiségben működő egyesület 1945-ig 90-94 mozdonyvezetőből és 130-140 fűtőből álló vasutas (vontatási) közösségnek adott „otthon”. Sötér Gyula fűtőházfőnök vezetésével és támogatásával 1919-ben kezdte meg munkáját Hatvanban a „MÁV Alkalmazottak Dal, Zene és Önképző Egyesülete”, amelyben tevékenyen részt vettek a fűtőház dolgozói is.

A helyiek által „Dali”-nak nevezett egyesület ma Liszt Ferenc Művelődési Ház néven szol-

gálja a hatvani vasutasok szórakoztatását.

A Hatvani Vasutas Sport Egylet (HVSE) – Vankó István fűtőházi főmérnök kezdeményezésére – 1920-ban kezdte meg működését. Az egyesület első sportolói a fűtőház tanoncjai voltak. A sportegyesület neve egyesülés és a politikai divat következtében többször módosult és a rendszerváltozás környékén meg is szűnt. 1991-től máig a Hatvani Lokomotív Sportegyesület jogutódként működik. Az egyesület labdarúgói a háború után az 1960-as évek elejéig – kis megszakítással – a magyar Nemzeti Bajnokság második osztályában (az NB II-ben) játszottak és sok sikert értek el.

A következőkben Sötér Gyula fűtőházmérnök és Brázai Géza mozdonyvezető rövid életrajza kerül ismertetésre az 1932-es adatok alapján, akik sok éven át szolgálták Hatvanban a MÁV-ot.

„**Sepsi Sötér Gyula** gépészmérnök, MÁV fűtőházi főnök Kassán született 1875-ben. Középiskoláit Kassán, a műegyetemet Budapesten végezte. Vasúti szolgálatát az Északi Főműhelyben kezdte. 1898-ban került a nyugati fűtőházhoz, amelynek 1911-ben helyettes főnöke lett. E minőségben öt évig dolgozott. 1916-ban a hatvani fűtőházhoz helyezték, s azt azóta megszakitás nélkül vezeti főnöki minőségben.”

„**Brázai Géza** MÁV mozdonyvezető Budapesten született 1895-ben. Hatvanban elvégezvén négy középiskolát, 1909-ben Budapesten a felső fémipariskola egy évfolyamát hallgatta. Ezután a MÁV Északi Főműhelyében kitanulta a géplakatosipart. 1915-ben a hatvani fűtőházhoz kerül, és egy év múlva leteszi a mozdonyvezetői vizsgát. 1921-ben nevezték ki mozdonyvezetőnek. A helybeli szakcsoport alelnöke, a központi szakcsoport helyi megbízottja. A HAC. számvizsgálója, a Hatvani MÁV Dalkör pártoló tagja.”

A fűtőház főnökei voltak –1878-tól 1948-ig időrendi sorrendben – többek között: Dax Adolf főmérnök 1878-ban, Fenster Alajos 1897-ben, Papp Jenő 1914-ben, Sötér Gyula gépészmérnök, felügyelő 1916-1932, Mészáros Mihály mérnök 1936-ban, Vasvári Rezső főmérnök

1943-ban. 1948-ban fűtőházfőnök Dér Aladár műszaki tanácsos, míg a további vezetők és a létszámadatok ebben az évben:

Fűtőházfőnök-helyettes Sümegi Jenő műszaki főintéző; Botos László főmérnök; Tábor Bertalan és Földesy Benedek műszaki főtisztek; *mozdonyfelügyelők*: Illés József, Vigh János, Békési Mihály, Felföldi Ferenc, Hódi Gyula, Kelényi Ferenc, Vörös István; *művezetők*: Kocsis Illés, Szénási Mihály; *irodasegéd-tisztek*: Abonyi Tivadar, Regős Gyula, Bérces Mihály, Gódor József, Komáromi Károly intéző, Donkó József ideigl. főtiszt, Nagy Józsefné kezelőnő; *villamos felügyelők*: Dobos István, Cserhádi Dénes; 63 fő főmozdonyvezető, 5 fő mozdonyvezető, 11 fő mozdonyvezető tanonc, 13 fő főkocsivizsgáló, 7 fő kocsivizsgáló.

A rendszerváltozás előtt Hanthy Tamás közlekedésmérnök (a kiváló labdarúgó), utána pedig Bartha László mérnök volt a fűtőház vezetője.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Kovács János István, Soós Ádám (2001): Elfelejtett évtizedek – Pálhidy Mihály emlékkönyv, Hatvan, pp. 118-130
2. Forcher Adolf (1918): Visszaemlékezés mi volt és hogyan volt 50 évvel ezelőtt. Az ötvenesztendőös államvasutak (1868-1918). Vasutas újság, pp.52-55.
3. Bakos Jenő (1932): Magyar Mozdonyvezetők Almanachja, Budapest p.133.
4. Mozdonyvezetők évkönyve, Mozdonyvezetők segélyező egyesület, Budapest, 1948. pp.241-242.

Recenzió Franz Dosch: „*Bilder der Schifffahrt – 180 Jahre Donau Dampfschiffahrts-Gesellschaft*” („*Képek a hajózásról – 180 éves az első Dunagőzhajózási Társaság*”, ISBN 978-3-86680-522-4, Sutton Verlag, Erfurt, 2009.) című kötetéről

Franz Dosch¹ 2009-ben, az erfurti Sutton Verlag gondozásában, Ausztriában és Németországban megjelent jubileumi kötete a 180 éves, 1829 és 1945 között osztrák-magyar, majd 1945 után 2003-ig kizárólag osztrák tulajdonban működő, egykori folyami hajózási vállalatnak, az Első Dunagőzhajózási Társaságnak (a továbbiakban: DGT/DDSG) a történetéről szól.

A könyv osztrák és német nyelvterületen a Libro könyvesboltokban, valamint a DGT/DDSG osztrák (bécsi) levéltárában vásárolható meg. Magyarországon, számos magyar vonatkozása ellenére, eddig nem jelent meg, így csak és kizárólag német nyelven olvasható. Angol nyelvű fordítása nem ismert.

A kiadványhoz Ausztriában 18 euró 90 centért, Németországban kicsit olcsóbban, 18 euró 40 centért juthatunk hozzá. Mivel a kötet korábban, majdnem egy évtizede jelent meg, ezért nagyobb esélyünk van rá, hogy az interneten szerezzük be. Így Magyarországról is sokkal könnyebben megrendelhető és megvásárolható, mivel az Amazon.com (19 euró, 99 centes áron)², valamint az Ebay³ (ugyancsak 19 euró 99 cent, itt azonban magyar valutában is fizethetünk: 6340 forint) mellett, az egyik hazai internetes könyvportál kínálatában is megtalálható (bookline.hu) 6940 forintért.⁴

A szerző a cég egykori, ma már nyugalmazott alkalmazottja, aki már az 1970-es évektől végzett kutatómunkát munkaadójának történetéről, és több, a témával foglalkozó (de csak Ausztriában megjelent) kötet szerzőjeként, társszerzőjeként, szerkesztőjeként vállalt szerepet a korábbiakban. Mostani, a magyar ipar és a pécsi helytörténet kutatásába is szervesen

illeszkedő, gazdagon illusztrált kötete négy nagy fejezetből áll, amelyet egy rövid történeti összefoglalóval nyit meg.⁵

Az első egység „A gőzhajózás évszázada” címet viseli, amely a DGT/DDSG 1829 és 1938 közti történetét taglalja. A fejezetben bemutatja az alapítás körülményeit (köztük olyan magyar történelmi személyiségek szerepét, mint gróf Széchenyi István vagy az osztrákok közül Metternich államkancellár), továbbá az V. Ferdinánd (1836-1848) osztrák császár és magyar király által adott, majd utódja, Ferenc József (1848-1916) osztrák császár által 1856-ban visszavont dunai gőzhajózásban lévő monopólium időszakát is, amely a nagyvállalattá válást és a világhírt eredményezte a cég számára.

A fejezet második fele a vesztes első világháborút lezáró 1919-es, Ausztriával kötött Saint Germain-i, és a Magyarországgal 1920. június 4-én kötött trianoni békeszerződés gazdasági részének következményeit és hosszú távú hatásait részletezi az 1930-as évek elejéig. Az olvasó választ kaphat azokra a kérdésekre, hogy az Osztrák-Magyar Monarchia szétesése milyen hatásokkal járt a vállalat életében, hogyan volt képes felvenni a konkurenciaharcot az utódállamok megerősödött hajózási társaságaival szemben. Az első fejezet utolsó egysége a DGT/DDSG szerepét mutatja be Ausztriának, illetve Magyarországnak az Adolf Hitler vezette náci Németországgal folytatott kereskedelmében, egészen az Anschlussig, amelynek eredményeképpen az osztrák részvények, majd a náciaktól való félelmükben a magyar igazgatóság döntése nyomán, a DGT/DDSG részvények a németek, vagyis a „Reichswerke Hermann Göring” (Hermann Göring Művek) tulajdonába kerültek.⁶

1 http://www.suttonverlag.at/autor/franz_dosch.html

2 <https://goo.gl/616zT>

3 <https://goo.gl/bQkHaq>

4 <https://goo.gl/t64Cq1>

5 Dosch, Franz: *Bilder der Schifffahrt- 180 Jahre Donau Dampfschiffahrts-Gesellschaft* ISBN 978-3-86680-522-4, Sutton Verlag, Erfurt, 2009. S. 7-9.

6 S.11.

A fejezetben a vállalat magyarországi történetének taglalásánál nagy hangsúlyt kapnak az Ausztriában, illetve hazánkban előállított hajók rövid ismertetései és fényképes bemutatásai,⁷ továbbá a cégnek Pécs fejlődéstörténetében játszott szerepe is. A városban megnyitott legnagyobb szénbányák (Pécsbányatelep: Andreas-Schacht/András-akna – 1854, Schroll-akna – 1867, gróf Széchenyi István-akna – 1926, Mecsekszabolcs: Ferenc József-akna- 1865, György-akna – 1865, I. (Szent) István-akna-1925) ismertetése mellett az 1857-ben megnyitott Mohács-Pécsi Vasút (MPV), valamint a mellékvágányait képező, de önálló vasúti hálózatként működő Pécsi Bányavasutak vonalai is nagy hangsúlyt kapnak a munkában. Helytörténeti és magyar közlekedéstörténeti szempontból is kiemelt fontosságú, hogy az aknatornyokról készült fotók mellett,⁸ a szerző az országban elsőként, 1914-ben villamosított Pécsi Bányavasutak Schroll-aknai (1926-tól: gróf Széchenyi István-aknai) pályaudvarán, a széntároló siló alatt álló villanyvonatról is közöl fényképet, ami valószínűleg a villamosítás évében készülhetett, mivel a pályaudvar mellékvágányain még hiányzik a felsővezeték.⁹

A második fejezet röviden ismerteti a DGT/ DDSG technikai-technológiai irányváltását és annak okait a hajógyártásban, amelynek legfontosabb újítása a gőzről motorhajtású vízi járművekre való fokozatos áttérés volt. Számos érdekességre fény derül, a szerző pontos adatokat közöl az első motorhajó, az 1937-ben épített „Wachau” paramétereiről, nagyságáról, sebességéről.¹⁰ Az első részrel ellentétben ez az egység sajnos már jóval kevesebb információt tartalmaz, és a hangsúly egyre inkább az ábrákra helyeződik át. Lényegében innentől kezdve már a fényképek „mesélik” el a DDSG 1938 és 1968 közötti történetét.¹¹

A fejezetben szereplő ábrák közül kiemelném a DDSG alapításának 100. évfordulójára kiadott három emlékbélyeget. Rajtuk a „Maria Anna”, a „Jupiter”, valamint az „Österreich” gőzhajók képei láthatók, amelyek a cég első, Ausztriá-

ban használt járművei.¹² A második világháború pusztításai is fellelhetők a fényképeken. Az Óbudán gyártott és egy bombatámadásban szétroncsolt „Isper” hajó mellett a Wiener Neustadt-i igazgatóság lebombázott épülete látható.¹³ Történeti forrásként kiemelendő az 1952-es Passau-Linz-Wien (Bécs) közötti menetrend közlése, amelyből információkat lehet szerezni a jegyárak mellett a menetidőről, valamint a DDSG által nyújtott szolgáltatásokról.¹⁴

A harmadik fejezet az „Élet a fedélzeten” címet viseli, és az alkalmazotti kör bemutatása mellett képet ad a hajókon szolgáló személyzet képzéséről.¹⁵ A szöveg ebben a részben is csekély mértékű, de a mellékelt ábrák és a képaláírások¹⁶ jól ellensúlyozzák a hiányosságot.

A negyedik, záró fejezet a DDSG 1968 és 2003 közötti történetét mutatja be a fokozatos felszámolásig.¹⁷ Az ekkor épített hajók bemutatása¹⁸ mellett a cég alapításának 150-ik évfordulójára kiadott jubileumi emlékbélyegek (rajta az „I. Ferenc”, „Linz”, és a „Theodor Körner” gőzhajókkal),¹⁹ továbbá az utolsó menetrendi tájékoztató is bemutatásra kerül az ábrák között, amelyet a cég 1991-es átalakítása előtt adtak ki.²⁰ A szerző ezt az évet tekinti a „klasszikus” DDSG megszűnésének, a nagyobb állami beavatkozás miatt. Maga a társaság azonban még egy évtizedig, megváltozott tulajdonosi struktúrával, de működött.²¹

Összességében a kötetről elmondható, hogy a csekély szöveg ellenére átfogó, jól felépített munka, és számos új információt tartalmaz az osztrák-magyar vegyesvállalat ausztriai ágáról, amelynek (főleg 1945 utáni) története hazánkban kevésbé ismert.

Bércesi Richárd

7 S.12-32, 34-58.

8 S. 33.

9 S. 34.

10 S. 59.

11 S. 60-92.

12 S. 62.

13 S.70.

14 S. 75.

15 S. 93.

16 S. 94-108.

17 S. 109.

18 S. 110-125.

19 S. 110.

20 S. 126-127.

21 S. 109.

Melléklet

Közlekedésbiztonság - Közlekedési környezetvédelem

A torlódó sorok speciális tulajdonságai és ezek szerepe a forgalmi tervezésben

A torlódó járműsor több, nagyon fontos tulajdonságában jelentősen különbözik mind a szabad sebességgel haladó járműfolyamtól mind pedig a korlátozott sebességgel, de folyamatosan haladó járműfolyamtól. A különbségek széles körűek és nagy volumenűek, alapvető forgalmi működési tulajdonságok változnak meg, így ezek a jelenségek meghatározók a forgalmi tervezésben és hatással lehetnek a közlekedésbiztonságra is.

DOI 10.24228/KTSZ.2018.5.6

Szele András – Kisgyörgy Lajos

KTI Közlekedéstudományi Intézet

e-mail: szele@kti.hu – kisgyorgy.lajos@epito.bme.hu

1. BEVEZETÉS

A torlódások természetes következményei a prosperáló térségekben élő, jómódú lakosság autóhasználatának, és világszerte a városi élet legkritikusabb negatív tényezői közé tartoznak. Többfajta torlódás létezik, ezek közül a mindennapi életünkre a legnagyobb hatást a rendszeres torlódások gyakorolják. A rendszeresen torlódó hálózatokat alapvetően a városi-elővárosi területeken találjuk, ahol egyrészt nagy a forgalom, másrészt elég sűrű az úthálózat ahhoz, hogy hálózati szintű torlódásokról beszéljünk. A rendszeres torlódások kapcsán elvégzett kutatásunk legfontosabb tanulsága, hogy e torlódások forgalmi működése alapvetően más törvényszerűségeket követ, mint a nem torlódó hálózatok működése. Eredményeink szerint e torlódásokban megváltozik az utak hierarchiája, a járművek útvonalai, sőt olyan alapvető, szilárdnak hitt tényezőkben is felfedezhetők meglepő mértékű változások, mint az elsőbbségadás.

A téma kutatása során elvégzett nagyszámú mérés egyik általános tapasztalata az volt, hogy a torlódó hálózatok mellett a torlódó sorok is sok szempontból jelentősen különböző módon működnek, mint a nem torlódó sorok. A mérések és elemzések ráirányították a figyelmet e jelenségre és mivel a forgalmi tervezés szempontjából ennek komoly jelentősége lehet, ezért a kutatás utolsó fázisában külön figyelmet szenteltünk e jelenségek részletes megismerésének. A következőkben azokat az érdeklődésre számot tartó, egyben a forgalmi tervezést is befolyásoló forgalmi jelenségeket ismertetjük, amelyek speciálisan a torlódó sorok esetében fordulnak elő.

2. SZAKMAI KERETEK

A legfontosabb tudnivalókat a torlódásokról az OECD egy 2007-es kiadványában összegezte [1]. A kisszámú átfogó munka mellett a torlódásokkal két nagyon különböző módon találkozhatunk a közlekedési kutatásokban.

Az egyik a forgalom lefolyását vizsgáló elméleti, különösen modellezési munkák, amelyekben általában hálózatokat vizsgálnak. A másik jellemző kutatási terület a forgalmi menedzsment, ami jellemzően egy-egy útszakasz vizsgálatát öleli fel. Jelentős problémának tűnik, hogy az elméleti munkákból csak nagyon ritkán következnek gyakorlatban is felhasználható eszközök (az egyik jó példa éppen a torlódási díj), illetve hogy a gyakorlatban használt menedzsment eszközök kisszámú, régóta ismert megoldást variálnak, nem túl nagy sikerrel.

Az elméleti és modellezési kutatások tekintetében a torlódó forgalom lefolyása régóta az érdeklődés homlokterében van [2,3]. A forgalmat leíró legfontosabb elméletek közé tartoznak a hidrodinamikai és kinematikai modellek, a járműkövetési modellek, a queueing modellek [pl. 4] és a hullámelmélet [5]. Ez utóbbi az egyik olyan módszer, ami a forgalmi tervezésnél is aránylag egyszerűen használható volna [6]. Az egyik viszonylag új vizsgálati terület szerint a városi területek egyenletesen torlódó forgalmát városi szinten a makroszkopikus fundamentális diagrammal lehet modellezni, ahol a járművek akkumulációja és sebessége játssza a főszerepet [7]. Az elmélet széles körben tárgyalt, amit továbbfejlesztettek speciális körülményekre is [8]. Komoly hagyományai vannak a 70-es évek óta a torlódások kétfázisú rendszerként való leírásának [9,10,11]. Ez a modell alapvetően álló és mozgó járművekre egyszerűsíti le a forgalmat. A használatos modellek kritikáját és a 3-fázisú rendszer előnyeit hangsúlyozza viszont Kerner [12]. Más szerzőknél is felmerül az elméleti modellek kritikája [4, 12], többek között a modellek és a megfigyelt forgalom között tapasztalt gyenge korreláció miatt, ami a tervezőket inkább az empirikus modellek felé orientálja.

A most bemutatott eredmények egy átfogó kutatási munkába illeszkednek, ami a rendszeresen torlódó közúthálózatok forgalmi működését vizsgálja azzal a céllal, hogy az ilyen hálózatok forgalmi tervezése megalapozott legyen. A kutatás során számos érdekes jelenségre derült fény. Eredményeink alapján a jelenségek egy átfogó rendszert alkotnak, ame-

lyet röviden a következőképpen lehet leírni: A rendszeresen torlódó közúthálózatok forgalmi működésének alapja, hogy a járművezetők jelentős része kerüli a torlódó főirányt, és alternatív útvonalakon közelíti meg a torlódást okozó keresztmetszetet, amelynek közelében meglepően könnyen csatlakozik vissza a torlódó sor elejére. A jelenség tömeges voltából következik, hogy ezek a járművezetők összességében jelentős időelőnyre tesznek szert a főirány torlódását végigálló járművezetők kárára. A tömegesen használt alternatív útvonalak gyakran csendes kertvárosi utcákon vagy a nem ilyen forgalomra kiépített csomópontokon keresztül vezetnek, ami jelentős – közlekedésbiztonsági – problémák forrása. Az ilyen módon működő közúthálózat nemcsak hogy nem igazságos, de sajátos dinamikája miatt önmagában is az egyre hosszabb sorok kialakulását segíti elő, mert a sor elejére beálló járművezetők miatt a sor vége egyre lassabban halad. Ezért egyre többen döntenek úgy, hogy alternatív útvonalat használnak. Korábbi – e témakörben publikált – munkáinkban bemutattuk a rendszeresen torlódó hálózatok forgalmi működését [13], ami gyökeresen különbözik a nem torlódó hálózatok működésétől. Igazoltuk, hogy az ilyen hálózatokon meglepően nagymértékű az alternatív útvonalak használata [13]. Bevezettük a forgalmi irányok életképességének fogalmát [14], ami azt a jelenséget hivatott leírni, hogy a torlódásban a mellékirányok forgalma jelentősen megerősödik, mégpedig a főirány fogalmának kárára. A kutatás megállapításai egyenesen az autonóm járművek torlódásokban való várható szerepéig terjednek.

3. MÓDSZERTAN

A kutatás során végrehajtott rendszeres és széles körű forgalmi mérések során feltűnt speciális forgalmi jelenségek egy részét önmagukban is meg kívántuk vizsgálni. A legnagyobb érdeklődést a torlódó sorokba való meglepően könnyű becsatlakozás váltotta ki. Ennek vizsgálatához olyan helyszínt kellett találnunk, ahol a kisebb forgalmú és a torlódó állapot is jól megfigyelhető, mindkét esetben jelentős a főirányba becsatlakozó forgalom, és a nem torlódó állapotban nem alakulnak ki lassú sorok.

1. ábra: Torlódás a küszöb miatt a Balatoni út XI. kerületi szakaszán 2017 májusában



Ez utóbbi ellentmondásnak tűnhet, de a mérések jelentős része jelzőlámpás csomópontok közelében történt, ahol kisebb-nagyobb sorok a nap bármely részében kialakulhatnak. Végül a szerencse sietett a segítségünkre. A Balatoni út 1-es vasútvonal felett átívelő hídján 2017 májusában javítási munkálatok folytak, amelyekhez egy vezetékot vezettek át az úton. A vezetékot védő küszöb miatt a járműveknek le kellett lassítaniuk a hídra felhajtáskor, emiatt az egyébként forgalmas, de nem torlódó útszakaszon torlódások alakultak ki (1. ábra).

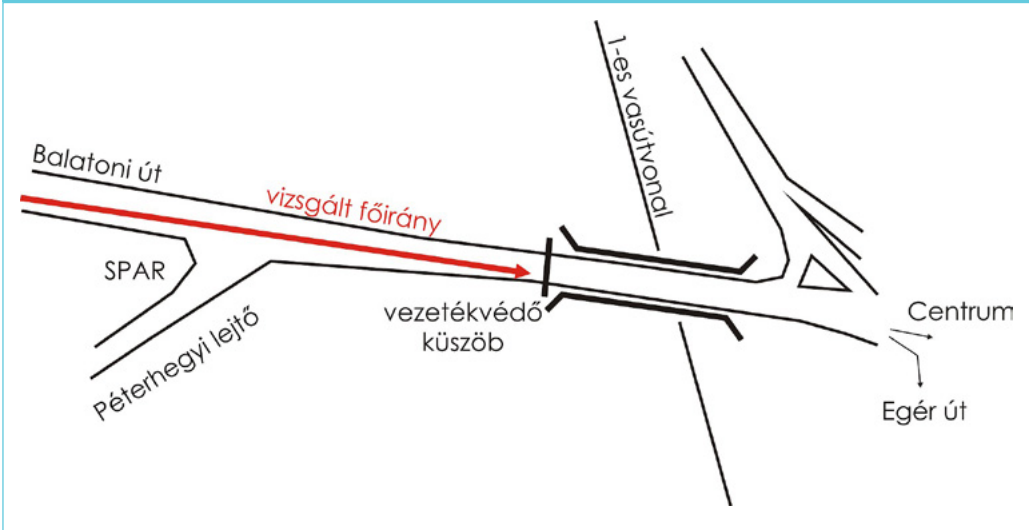
Ebben a forgalmi állapotban módunk volt megfigyelni és rögzíteni a forgalmi jellemzőket, illetve a munkálatok végeztével regisztráltuk a forgalmat nem torlódó állapotban is. Ez a helyszín egyébként korábban részese volt vizsgálatainknak, mivel több forgalmas alternatív útvonal is húzódik a közelében. A mérés helyszíne (2. ábra) egy T-csomópont, ahol a T szára a Péterhegyi lejtő, a T teteje pedig a Balatoni út. A Balatoni út nagyon forgalmas ezen a szakaszon is, de a torlódások nem jellemzőek. Fontos, hogy a csomópontban minden lehetséges kanyarodási igény jelen van. A mérések a reggeli csúcsidőszakban

történtek, amikor a legnagyobb forgalmat a Balatoni út Budapest centruma felé tartó irányba szállítja.

A korábban lefolytatott mérések és azok elemzése nyilvánvalóvá tették, hogy a torlódó sorba könnyebb becsatlakozni, mint a nem torlódó sorba. Az is egyértelmű volt, hogy a főirányt keresztező mozgások végrehajtása is sokkal egyszerűbb a torlódó sor esetében. Végül az is jól látszott, hogy e mozgások végrehajthatóságában jelentős szerepe van a főirányú forgalom járművezetőinek, akik beengedő vagy elutasító viselkedésükkel meghatározták, hogy a keresztező vagy becsatlakozó mozgások megvalósulhatnak-e egyáltalán. Az eredményeken alapuló sejtések igazolására végül a torlódó és a nem torlódó forgalmi helyzetekben a következő kérdésekre kerestük a választ:

- Mennyivel könnyebb keresztezni a torlódó sort, mint a nem torlódó forgalmat?
- Mennyivel könnyebb becsatlakozni a torlódó sorba, mint a nem torlódó forgalomba?
- Mekkora szerepe van e mozgások megvalósulásában a főirányú forgalom járművezetőinek?

2. ábra: A mérés helyszíne, a Balatoni út – Péterhegyi lejtő csomópont környezete



A mérések és az elemzések lefolytatásához szükséges volt néhány definíciót tisztázni. Ennek megfelelően akkor tekintettük a sort torlódó sornak, amikor a járművek sebessége a szabadon kifejthető sebességhez képest jelentősen csökkent, a mozgó járművek közötti távolság általánosan 4-5 méternél nem volt nagyobb, és a járműsorban a legkisebb zavar hatása is tovább gyűrűző megtorpanással jár. Ezzel szemben a nem torlódó sorban a sebességek viszonylag nagyok, a járművek közötti távolság jellemzően meghaladja a 4-5 métert, és az esetleges zavarok nem okoznak továbbgyűrűző megtorpanásokat.

A vizsgálatunkban a főirányt keresztező és a főirányba becsatlakozó mozgásokat vizsgáltuk (3. ábra).

A főirány járművezetőinek szerepét az egyes csomóponti mozgások végrehajthatóságában a beengedések/átengedések/betolakodások (a továbbiakban: beengedések) számán keresztül vettük figyelembe. Így amikor egy főirányban közlekedő jármű vezetője lassított, hogy egy keresztező vagy besoroló jármű végrehajthassa a kívánt mozgást, akkor ezt beengedésnek tekintettük. A torlódó és nem torlódó állapot közötti különbséget a jármű-

3. ábra: A vizsgált forgalmi irányok

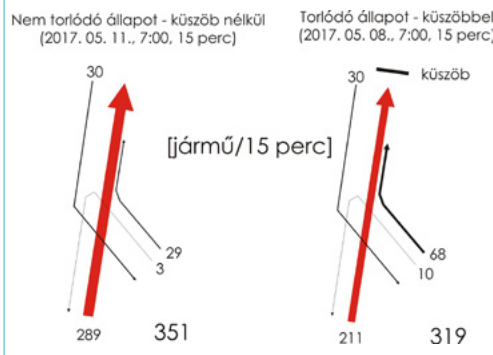


vek késedelmein keresztül is számszerűsítettük. A torlódó és a nem torlódó forgalomról egyaránt 15 perces videófelvétel készült. A felvételekről megszámláltuk az egyes irányok forgalmát, megmértük a tapasztalható késedelmeket, és végül megszámláltuk a beengedéseket.

4. A MÉRÉSEK EREDMÉNYEI

A forgalomszámlálások eredménye szerint a torlódó és a nem torlódó forgalmi állapot forgalmi viszonyaiban nincs jelentős eltérés (4. ábra). A nem torlódó (küszöb nélküli) esetben az összes számlált forgalom 351 jármű/15 perc volt, a torlódó (küszöbvel) esetben pedig

4. ábra:
A forgalomszámlálások eredményei

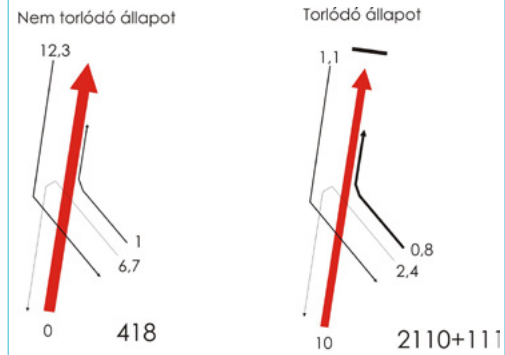


319 jármű/15 perc. A keresztező forgalmakban alig volt különbség. Az egyetlen lényeges változás az volt, hogy a főirány forgalma 78 jármű/15perc értékkel csökkent, miközben a főirányba becsatlakozó forgalom 39 jármű/15 perc értékkel megnőtt. Nem igazolható, de nem is kizárható, hogy ebben az esetben a járművezetők egy része alternatív útvonalon közelítette meg a torlódást okozó kereszttmetszetet, és a két változás együttesen egy alternatív útvonal használatát jelzi.

Jelentős különbség volt tapasztalható viszont a forgalom sebességében. A főirány a nem torlódó állapotban ~59 km/ó sebességgel haladt végig a vizsgált útszakaszon. A küszöb felszerelésével és a torlódások kialakulásával ez a sebesség mintegy 26 km/órára csökkent.

A késedelmek mért változása is érdekes képet mutat a két forgalmi állapot között (5. ábra). A nem torlódó állapotban a főirányban nincsenek idővesztések, szinte minden jármű egyenletes sebességgel haladt végig a vizsgált útszakaszon. A torlódó állapotban ezzel szemben csak a sebességméréssel is érintett mintegy 100 méteres szakaszon átlagosan 10 s késedelmet szenved el minden jármű a torlódás miatt, ami összesen 2110 másodpercet jelent 15 perc alatt. A teljes torlódó sorban több perces késedelmekkel számolhatunk járművenként. Ennél érdekesebb, hogy a keresztező és becsatlakozó mellékirányok járműveinek vesztesége összességében 418 másodpercről 111 másodpercre csökken, azaz a vizsgált keresztező és becsatlakozó mellékirányok

5. ábra:
A várakozási idő mérések eredményei

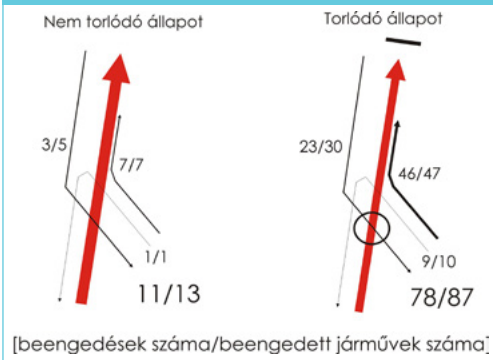


nyok lényegesen kevesebbet várokoztak a torlódó állapotban, mint a nem torlódó állapotban. A nem torlódó állapot esetében a balra, nagy ívben keresztező irányokban átlagosan 12,3, illetve 6,7 másodperc várakozási időt mértünk. A valóságban az átlagérték ez esetben kissé csalóka, mivel ezek az értékek jellemzően néhány nagyon hosszú várakozásból és viszonylag nagyszámú rövid idejű várakozásból adódtak. A torlódó állapotban nemcsak a várakozási idők átlaga sokkal alacsonyabb (1,1, illetve 2,4 másodperc), de elmaradtak a hosszú várakozások is, a legtöbb jármű ténylegesen is meglehetősen rövid ideig várokozott. A keresztező irányok esetében egy átlagos jármű várakozási ideje 11,79 másodpercről 1,42 másodpercre, azaz közel 1/8-ára csökkent a nem torlódó és a torlódó állapot között!

Kissé meglepő módon a jobbra, kis ívben a főirányba becsatlakozó forgalom várakozási ideje alig különbözik. Ugyanakkor valójában nagy különbség van a becsatlakozás módjában: a nem torlódó esetben a járművezetők a kialakított gyorsítószáv segítségével felgyorsulnak és be tudnak csatlakozni a járművek közötti helyekre. Ezzel szemben a torlódó állapotban szinte kivétel nélkül beengedik őket a főirány járművezetői, igaz, egy torlódó sorba máshogy nem is nagyon lehet bejutni.

Az utolsó mért tényező a beengedések száma volt (6. ábra). A nem torlódó esetben összesen 11 db beengedést számoltunk meg, amelyek összesen 13 db jármű mozgását segítették.

**6. ábra:
 A beengedések száma**



A beengedések és a beengedett járművek száma közötti eltérést magyarázza az a gyakori jelenség, hogy a főirányban közlekedő járművezető beengedő gesztusát több jármű is kihasználta egyidejűleg. A torlódó sor esetében ehhez képest sokkal jelentősebb volt a beengedések darabszáma, elérte a 78-at, az összes kedvezményezett jármű száma pedig 87 db volt, ami nagyságrendileg összevethető az összes mért mellékirány forgalmának 108 jármű/15 perc értékével, sőt, a keresztező irányok esetében a forgalomnagyság és a beengedett járművek száma megegyezik. A főirányba becsatlakozó forgalom esetében van csak különbség a két érték között, itt sok járművezető használta ki a keresztező irányok átengedése miatt létrejövő hézagokat a torlódó sorban.

5. EREDMÉNYEK

A mérések eredményeire támaszkodva fontos következtetéseket lehet levonni a torlódó sorok sajátosságait illetően:

- A torlódó sort sokkal kisebb várakozási idővel lehet keresztezni, mint a nem torlódó sort. Esetünkben a mért értékek között nyolcszoros eltérés van, ez alapján a **torlódó sort nem egyszerűen könnyebb, hanem sokkal könnyebb keresztezni. A torlódó sor szinte semmilyen ellenállást sem fejt ki a keresztező mozgások korlátozására, azaz a torlódó sorok nagyon erős forgalomáteresztő képességgel rendelkeznek.**

- A torlódó sorba könnyebb becsatlakozni, mint a nem torlódó sorba. A mérések alapján valóban könnyebb, a nem torlódó állapotban átlagosan 1 másodpercet, a torlódó állapotban pedig 0,8 másodpercet kellett várakozniuk a járművezetőknek a sorba való bejutás érdekében. A számok közötti különbség nem nagy, azonban a két állapot között nagy a különbség a mozgás végrehajtásának egyszerűségében és **biztonságában**. A torlódó sor esetében kis sebességgel kell becsatlakozni egy lassú sorba és számítani lehet a főirány vezetőinek udvariasságára. Ezzel szemben a nem torlódó sorba nagy sebességgel kell becsatlakozni és a főirány járművezetői ebben nem segítenek. **Összességében azt mondhatjuk, hogy mind a torlódó, mind a nem torlódó sorba elég könnyű becsatlakozni, bár az előbbibe valamivel könnyebb. Azonban a torlódó sorba való becsatlakozás biztonságos, a többi járművezető által támogatott mozgás, a nem torlódó sorba viszont gyakran veszélyes a becsatlakozás és a többi járművezető sem segít. A torlódó sorok a mérések alapján mintegy 20%-kal nagyobb forgalomfelszívó képességgel rendelkeznek, mint a nem torlódó sorok.**

- **A beengedés gesztusa nagyon fontos szerepet játszik a torlódó sorok keresztezésében és az ilyen sorokba való becsatlakozásban.** A mérések alapján elmondható, hogy a torlódó sor keresztezése és az abba való belépés esetében szinte mindig szerepet játszik a főirány járművezetőinek beengedő gesztusa. Ez a gesztus elkerülhetetlen is, hiszen más-hogy nem lehet belépni az összefüggő, torlódó sorba. **A legfontosabb azonban az, hogy a beengedés gesztusa biztonságossá és kényelmessé teszi mind a keresztezést, mind a becsatlakozást a torlódó sorok esetében.**

Ezek az eredmények azonban egy kicsivel tovább is vezetnek. Ha elfogadjuk, hogy az állítások igazak és általánosíthatók (amit széles körű mérések és vizsgálatok nélkül érdemes fenntartásokkal kezelni), akkor a következők is igazak:

- Ha igaz, hogy a torlódó sort szinte ellenálás nélkül lehet keresztezni és abba becsatlakozni, akkor a torlódó sorok esetében az elsőbbségadás fogalmai a hagyományos formában nem értelmezhetők, hiszen a forgalom úgy működik, mintha az alárendelt irányoknak lenne elsőbbségük.
- Ha az elsőbbségadás fogalma megváltozik a torlódó sorokban, akkor valójában az úthierarchia is megváltozik. A főirány nem főirányként, az alárendelt irányok pedig nem alárendelt irányokként működnek, ami az egész forgalomszabályozási rendszert megkérdőjelezi.
- A két vizsgált forgalmi állapot között a mért adatokon túl is látványos volt a különbség. A kutatásunk egyik eredménye, a forgalmi irányok életképessége teljes valóságában mutatkozott meg. A **nem torlódó állapot nagy sebességei távol tartották a keresztező és becsatlakozni kívánó forgalmakat, így a főirány valóban főirányként működött, egyidejűleg a mellékirányokban hosszú várakozási idők alakultak ki.** A torlódó állapotban ezzel szemben a főirány az ismertetett forgalomáteresztő és forgalomfelszívó tulajdonságai miatt elvesztette ezt a védelmi képességét.
- A nem torlódó állapotú főirány és a jelentős igénytel jelentkező keresztező és becsatlakozó forgalmak együttesen egy csomópontban folyamatosan magukban hordják egy súlyos baleset lehetőségét, hiszen a főirányban nagyok a sebességek, a mellékirányokból pedig egyre türelmetlenebbek a járművezetők.

6. A FORGALMI TERVEZÉSEL SZEMBENI IGÉNYEK AZ EREDMÉNYEK TÜKRÉBEN

A mérések és azok elemzései alapján megfogalmazott eredmények fontos bemenő adatot jelentenek azon hálózatok forgalmi tervezéséhez, amelyeken rendszeresen előfordulnak torlódások. A következő javaslatokat tesszük a rendszeresen torlódó hálózatok forgalmi tervezéséhez:

- A tervezés során folyamatosan szem előtt kell tartani, hogy a tervezett hálózat fontos időszakokban torlódik. Tudomásul kell venni, hogy a nem torlódó állapotra kidolgozott tervezési módszerek nem érvényesek teljeskörűen a torlódó állapotra, annak mások a törvényszerűségei.
- E törvényszerűségek következményeit érdemes megvizsgálni, ellenőrizni a tervezett hálózaton. Javasoljuk ellenőrizni azt az esetet, amikor a főirány lelassul és megváltoznak az elsőbbségi viszonyok. Ekkor olyan visszaduzzasztásokat, olyan forgalmi igényeket találhatunk, amelyek esetleges kialakulásáról tudnia kell a tervezőnek, a létrejövő forgalmi helyzetet esetleg kezelni kell.
- A valós torlódó állapotot és a torlódások alatt kialakuló valós forgalmi rendet érdemes tervezni és az eredményeket a megbízó tudomására hozni, hogy ne a tervezett útszakasz vagy csomópont átadásakor szembesüljön a megbízó a torlódásokkal kapcsolatos problémákkal.
- A tervezett infrastruktúra forgalomszabályozását és az utak hierarchiáját érdemes előzetesen leellenőrizni a torlódó állapotban annak fényében, hogy ezek jelentősen megváltozhatnak a nem torlódó állapothoz képest.
- Ha lehetséges, érdemes segíteni a főirány forgalmát, biztosítani a sebességét, mert ezzel megelőzhetjük a mellékirányok megerősödését és a kedvezőtlen folyamatok megindulását.
- Azokon az útszakaszokon és a csomópontokban, ahol a főirány általában viszonylag nagy sebességgel érkezik, egyben a torlódások alatt jelentős a kanyarodó és a becsatlakozó forgalmi igény, érdemes az esetleges balesetveszélyes forgalmi szituációkat meghatározni.

7. KONKLÚZIÓ

A torlódó sorok néhány speciális tulajdonságának bemutatására, a tulajdonságok meg-

ismerésére és számszerűsítésére méréseket végeztünk egy olyan útszakaszon, ahol mind a torlódó, mind a nem torlódó állapot tisztán megjelent. Azt tapasztaltuk, hogy a forgalmak tekintetében nem volt nagy különbség a két állapot között, ezzel szemben a főirányt keresztező forgalmak várakozási ideje jelentősen csökkent a torlódó állapotban. Számoltuk a főirány járművezetőinek beengedő gesztusait is. Az eredmények azt mutatják, hogy a torlódó forgalomnak a beengedés alapvető tulajdonsága és működtető mechanizmusa. Eredményeink szerint a torlódó sorok nagyon erős forgalomáteresztő képességgel és jelentős forgalomfelszívó képességgel rendelkeznek. **A fenti állítások következménye, hogy a torlódó sorok esetében az elsőbbségadás fogalmai a hagyományos formában nem értelmezhetők, ami viszont a szándékolt úthierarchia megváltozását is maga után vonja.**

Az eredmények alapján javaslatokat tettünk a forgalmi tervezési gyakorlat kiegészítésére a rendszeresen torlódó hálózatokon.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] European Conference of Ministers of Transport, OECD, Managing Urban Traffic Congestion, 2007.
- [2] Gazis, D., C., Traffic Theory, Springer-Verlag, 2002.
- [3] Gazis, D., C., The Origins of Traffic Theory. Operation Research, (50), pp. 69-77, 2002. DOI: <http://doi.org/dwpt33>
- [4] Mala, S. P. Varma, Minimization of Traffic Congestion by Using Queuing Theory. IOSR Journal of Mathematics, Volume 12, Issue 1 Ver. II., pp. 116-122, 2016.
- [5] Gerlough, D. L., Huber M. J., Traffic Flow Theory, A monograph, Special Report, Transportation Research Board, 1975.
- [6] M. J. Lighthill, F.R.S., G. B. Whitham, On kinematic waves II. A theory of traffic flow on long crowded roads, Proceedings of the Royal Society a mathematical, physical and engineering sciences, 1955.
- [7] Daganzo, C. F., Geroliminis, N., An analytical approximation for the

macroscopic fundamental diagram of urban traffic. UC Berkeley Center for Future Urban Transport, Working paper UCB-ITS-VWP-2008-3, 2008.

- [8] Xu, F., He, Z., Sha, Z., Zhuang L., Sun W., Assessing the Impact of Rainfall on Traffic Operation of Urban Road Network. 13th COTA International Conference of Transportation Professionals, 2013.
- [9] Herman, R., Ardekani, S., Characterizing Traffic Conditions in Urban Areas. Transportation Science, Vol. 18. Issue 2, pp. 101-140, 1984. DOI: <http://doi.org/cd3dj2>
- [10] Williams, J. C., Mahmassani H. S., Herman R., Urban Traffic Networ Flow Models. Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, pp. 78-88, 1987.
- [11] Ardekani, S., Herman, R., Urban network-wide traffic variables and their relations. Transportation Science, Vol. 21. Issue 1, pp. 1-16, 1987.
- [12] Kerner, B., S., Criticism of generally accepted fundamentals and methodologies of traffic and transportation theory. AIP Conference Proceedings, Vol. 1648, Issue 1, pp. 2015. DOI: <http://doi.org/ctb8>
- [13] Szele A., Kisgyörgy L., A menekülőútak használatának jelentősége a rendszeresen torlódó közúthálózatokon, Közlekedéstudományi Szemle 2017. VI., 60-66 DOI: <http://doi.org/ctb9>
- [14] A. Szele, L. Kisgyörgy, The vitality of traffic directions on road network with recurrent congestion and its effect on road traffic design, International Conference on Traffic and Transport Engineering 2016., Belgrade, Serbia 2016.11.24.-11.25., 2016. pp. 1012-1018 (ISBN 978-86-916153-3-8)



Special characteristics of congested queues and their role in traffic planning

A congested queue of vehicles is significantly different from both the flow of vehicles driving at a free speed and the traffic flow with a limited speed but steadily moving vehicles in several very important features. Differences are wide-ranging and of a large-scale, and basic traffic performance factors change, so these phenomena are determinative in traffic planning. At the same time, however, it is an old experience that traffic planning practically doesn't count with congested conditions. At most, the expected delays are determined over the course of the planning, and not enough attention is paid to finding out more about the characteristics of the congested queues, and the forecast of traffic activity during congested periods. One of the reasons for this may be the lack of detailed knowledge of congested traffic and congested queues. In order to remedy this deficiency, and in order to facilitate the task, in this paper we present some of the basic features that have not been counted with in the planning process, which put the congested queues, their traffic activity, and their traffic planning into a completely new light.



Spezifische Eigenschaften von Aufgestockten Verehrflüssen und Ihre Rolle in der Verkehrsplanung

Eine aufgestockte Schlange von Fahrzeugen unterscheidet sich erheblich sowohl von der Strömung von Fahrzeugen, die mit einer freien Geschwindigkeit fahren, als auch von dem Verkehrsfluss mit einer begrenzten Geschwindigkeit, aber sich stetig bewegenden Fahrzeugen in mehreren sehr wichtigen Merkmalen. Die Unterschiede sind weitreichend und erheblich, es ändern sich die grundlegenden Verkehrsleistungsfaktoren, so dass diese Phänomene einen bestimmenden Einfluss in der Verkehrsplanung haben. Gleichzeitig ist es jedoch eine alte Erfahrung, dass die Verkehrsplanung praktisch nicht mit den Pulkbildungen rechnet, es werden höchstens die erwarteten Verzögerungen im Laufe der Planung bestimmt, und es wird nicht genug Achtung der Erkennung von den Merkmalen der Perioden mit Verkehrsstockungen und der Vorhersage der Verkehrsaktivität während der Stauzeiten gewidmet. Einer der Gründe dafür könnte der Mangel an detaillierten Kenntnissen über den aufgestockten Verkehrsfluss und über die Pulkbildungen sein. Um diesen Mangel abzuhefen und um die Aufgabe zu erleichtern, stellen wir in diesem Bericht einige der Grundfunktionen vor, die im Planungsprozess nicht berücksichtigt wurden, die die Pulks und ihre Funktion im Strassenverkehr sowie ihre Planung darstellen und in ein völlig neues Licht setzen.

Támogatóink



KÖZÚTI KÖZLEKEDÉSBIZTONSÁGI AKCIÓPROGRAM



FÜMTERV



STADLER

Stadler Trains Magyarország Kft.



Nemzeti Fejlesztési
Minisztérium



HungaroControl

Magyar Légiforgalmi Szolgálat

EUROASFALT
ÉPÍTŐ ÉS SZOLGÁLTATÓ KFT.

KÖZLEKEDÉS
FŐVÁROSI TERVEZŐ IRODA KFT.



NEMZETI
ÚTDÍJFIZETÉSI
SZOLGÁLTATÓ ZRT.



