

Teljesítményelvű üzleti beruházási szerződések II. rész: a német példa

Szerző(k) **Soós Zoltán és Parrag Ferenc**

Kivonat

A kétrészes cikk első felében a szerzők rámutattak a konvencionális szerződéstípusokban a megbízó és a vállalkozó közötti természetszerű érdekellentétre. A cikkben az életciklus-költség elemzés (Life Cycle Cost Analysis, LCCA), az amerikai teljesítményelvű (performance related) és teljesítményalapú (performance based) szerződési gyakorlat mellett a kifizetések módosítására használt bonus/malus módszerek is részletes bemutatásra kerültek.

A cikk második részében a németországi gyakorlatot mutatjuk be. A német gyakorlatban alkalmazott szerződéstípusok és a szerződések felépítésének elemzése után érintünk néhány megvalósult autópálya fejlesztésre is.

1. A beruházással kapcsolatos kockázat

A funkcionális elvű beruházási szerződések bemutatása előtt fontos definiálni, hogy a továbbiakban pontosan mit értünk kockázat alatt.

Dr. Gáspár László *Eredmény- és teljesítményelvű üzleti szerződések* c. cikkében részletesen bemutatta a közúti beruházásokban rejlő kockázattípusokat és azok megoszlását, illetve lehetséges védekezési módokat. A kockázatokat az alábbi osztályozással mutatta be:

- kivitelezési kockázatok – tervezési hibák, költség-túllépés, idő-túllépés, teljesítményi követelmények nem teljesülése,
- piaci kockázatok – közlekedési kereslet (útdíjak vonatkozásában), ár (árváltoztatás lehetősége)
- üzemeltetési és fenntartási kockázatok – költség-túllépés, a projekt-üzemeltetés elkezdésének elhúzódása (bevételcsökkenés), üzemeltetési követelmények nem-teljesülése),
- pénzügyi kockázatok – kamatszintek, valutaérték, infláció, különböző pénzügyi indexek,
- egyéb kockázatok – politikai, szabályozási változás, vis major és havária, szavatossággal kapcsolatos problémák.

Az esetek többségében, megfelelő szabályozással és koncessziós mechanizmussal a kockázatok egyrészt csökkenthetők, másrészt a felek közötti megosztása relatíve könnyen adódik (pl. kivitelezési minőség – vállalkozó, szabályozás változása – megrendelő).

2. A teljesítményelvű néhány nemzetközi előzményei

A KTI kutatása a teljesítményelvű üzemeltetési és fenntartási szerződések kialakulásáról és nemzetközi tapasztalatairól alapos összefoglalót tartalmaz (Gáspár, et al., 2007). Az I. részjelentésben a szerzők kimondottan üzemeltetési és fenntartási szerződéseket tárgyalnak. A TESz (Teljesítményelvű szerződés, *Performance Based Contract*) előzményei, kialakulása tekintetében elsőként említi a Kanada British Columbia tartományában kötött teljesítményelvű fenntartás-üzemeltetés jellegű szerződést, 1988-ban. Ezekben a teljesítmény-előírások nem az elérendő eredményt, inkább az elvégzendő munkafolyamatokra és anyagokra vonatkoztak, ezáltal korlátozva a vállalkozót.

Ezután jelentősebb mérföldkő Argentína, ahol a nemzeti úthálózat mintegy 10 000 km-es szakaszát adták koncesszióba, melyben malus-rendszert használtak (a feltételek nem-teljesítése levonáshoz vezetett). Ezt további 10 000 km-re kiterjedő szerződés követte. A szerződéstípust CREMA szerződéseknek (*Contracts for Rehabilitation and Maintenance*, Felújítási és fenntartási szerződések) nevezték. Dél-Amerikában több hasonló

példát látunk Uruguayban, Montevideóban, Brazíliában, Chilében, Kolumbiában, ahol a szerződések többsége részleges felújítást is tartalmazott. Tímár ezen kívül kitér Ausztráliára, Új-Zélandra, és az Egyesült Államokra is, ahol 1990-es években több teljesítményelvű szerződést kötöttek. A kutatás teljesítményelvű üzemeltetési és fenntartási szerződésekre fókuszál, mely jelen cikk témájához képest lényeges különbséget jelent:

- A kutatásban bemutatott előzmények legtöbbször meglévő létesítmények, vagy úthálózat-rész üzemeltetésére, fenntartására, és sok esetben valamilyen szintű felújítására vonatkoznak. Azaz, a koncesszor egy elkészült, és adott állapotban lévő létesítményt „kap”, melynek a jövőbeli teljesítményére leginkább az üzemeltetési-fenntartási tevékenység optimalizálásával van hatása. A „kapott” létesítmény állapotából fakadó kockázatok természetesen nem háríthatók teljes mértékben a vállalkozóra.
- A német funkcionális szerződéskötésben lényeges különbség, hogy a koncessziós társaság a létesítményt meg is építi. Ezáltal a hosszú távú teljesítményre a legnagyobb befolyása a későbbi üzemeltetőnek van, mely lehetővé teszi a kockázat nagyobb részének áttérhelését a vállalkozóra.

Az üzemeltetési és fenntartási, teljesítményelvű szerződések és a német funkcionális szerződéskötés között nyilvánvalóan párhuzamok is vannak, például:

- A vállalkozót egyik esetben sem korlátozzák a munkafolyamatait, technológiáit, anyagait stb. tekintve (minimális követelmények, referencia-technológia előfordul). Mindaddig, amíg a szerződésben meghatározott szolgáltatási színvonalat eléri, a vállalkozó maga dönthet tevékenységeiről.
- Többféle finanszírozási modell lehetséges és elterjedt, azonban a teljesítményelvűnek megfelelően a vállalkozót sosem az elvégzett munkájáért fizetik, hanem a szerződéses idő alatt elért eredményért – legyen az rendelkezésre állás, úthálózat-állapotjellemző, szolgáltatási színvonal, stb. A kifizetések fontos része ezen kívül a szerződéses időszak végén visszatartott rész, mely az átadott állapot függvénye (biztosítéka).

A továbbiakban olyan teljesítményi szerződésekkel foglalkozunk, amelyek a kivitelezést és az üzemeltetés-fenntartást egyaránt tartalmazzák, és bár lényegi elemük szintén a hosszú távú teljesítmény, a beruházás finanszírozásában is jelentős szerepük van.

3. A teljesítményelv kialakulása Németországban

3.1. Előzmények

Németországban a folyamatosan fejlődő forgalom és az úthálózat állapotának egyre növekvő ütemű leromlása már az 1990-es években nyilvánvalóvá tette, hogy az állam önmagában hosszú távon nem képes kezelni effajta kockázatot. A hagyományos rendszerben ugyanis a létesítmény élettartama során felmerülő kockázatok (költségek) szinte csak a megrendelőt érintették, kivéve a relatíve rövid ideig tartó vállalkozói garanciális időszakot.

A hagyományos megrendelő-vállalkozó szerepek újragondolásának célja az vállalkozókkal egyfajta együttműködési kapcsolat alakulhasson ki, mely során a vállalkozók a létesítmény átadása után a fenntartási-üzemeltetési folyamatokban is részt vegyenek, vagyis: az esetleges minőségbeli ingadozásból eredő kockázatokat a vállalkozó is viselje, természetesen olyan mértékben, amennyiben az befolyásolni is tudja. Az új megközelítésből adódik, a vállalkozó érdekévé tehető, hogy minél jobb minőséget állítson elő, feltéve hogy biztosított ennek megfelelő díjazása a szerződéses időszak végéig.

Az USA-ban használatos modellektől eltérően, a német gyakorlatban nem az élettartam-költségek becsült alakulásától teszik függővé a kifizetéseket, hanem a ténylegesen mérhető, számszerűsítő és a teljesítménnyel összefüggő paraméterek alapján, a szerződéses időszak alatt. Mivel a kifizetést adott időszak alatt a létesítmény teljesítményéhez kötik, egyrészt a vállalkozó érdekévé válik olyan minőséget megépíteni, amelynek hosszú távon minimális költségei vannak, másrészt a vállalkozót be kell vonni a fenntartásba, akár az üzemeltetésbe is. Egy további következmény, hogy ekkor a megrendelő legfeljebb a minimális követelményeket írja elő, a vállalkozónak feladata és érdeke az optimálisnak vélt műszaki tartalom kiválasztása és megépítése.

3.2. Kifizetések korrigálása konvencionális szerződések esetén

A megépült létesítmény minőségének értékeléséről magyar szabályozás is rendelkezik. Habár az e-UT 06.03.21 [ÚT 2-3.302]:2010 Út-pályaszerkezeti aszfaltrétegek. Építési és minőségi követelmények rendelkezik a

megépült aszfaltréteg illetve aszfalt pályaszerkezet minőségének adott paramétereiktől (pl. anyagi és beépítési jellemzők, egyenetlenség, makrotextúra, geometria) függő minősítésére, az értékcsökkenés mértékének számítására, azonban a kifizetés csökkentésének konkrét mértékéről nem rendelkezik. Kissé ellentmondásos továbbá, hogy bár a selejtté nyilvánítás és ekkor a további teendők meghatározása a megrendelő hatásköre, a „minőségcsökkenés mértékét a vállalkozónak kell kimutatnia, és a számítását a megfelelőségi tanúsítványhoz kell csatolnia”.

A német gyakorlat a konvencionális beruházási szerződésekben egyszerűen számítható pénzbeli levonással szankcionálja a vállalkozót. A vizsgált paraméterek a rétegvastagság, kötőanyagtartalom és tömörség. Rétegvastagság esetében gyakorlatilag a be-nem-épített aszfalt felszorozott árát vonják le a vállalkozói díjból:

$$A = \frac{p}{100} * 3,75 * EP * F \quad (1)$$

A kötőanyagtartalom esetében a levonás mértéke hasonló elven történik:

$$A = \frac{p}{100} * 100 * EP * F \quad (2)$$

A tömörség elégtelensége miatti levonás pedig:

$$A = \frac{p}{100} * 3 * EP * F \quad (3)$$

ahol,

A - a levonás mértéke [€],

p - a megengedett túrést meghaladó eltérés [%],

EP - a beépített aszfaltkeverék, illetve ill. [€/t] a kötőanyag egységára [€/m²],

F - az érintett útfelület, illetve [t] az érintett kötőanyag tartalom [m²],

Eszerint, ha például az előírt 98%-os tömörség helyett 96%-ot sikerül elérni, az eltérés $p=98\%-96\%=2\%$. Ez 6.000 m² útfelület, 5,20 €/m² egységár esetében:

$$A = \frac{2}{100} * 3 * 5,20 * 6000 = 3744 \quad (4)$$

mintegy 1,2 millió forintos levonást eredményez a vállalkozói díjból.

Látható, hogy a módszer egyszerű, és igazságosnak tűnik, és az alkalmazott súlyozás (3,75, 100, 3,0) utal a paraméterben által okozott minőségbeli eltérésekre.

Azonban az eltérések által okozott életciklus-költségek alakulása nem ismert, így valószínűleg a megbízónak a levonást meghaladó értékcsökkenéssel kell számolnia hosszú távon. Ez a felismerés a funkcionális szerződéstípusokban már megjelenik, ahogy azt az alábbiakban ismertetjük.

3.3. A funkcionális szerződés célja

Röviden összefoglalva a funkcionális szerződéstípusok lényegét:

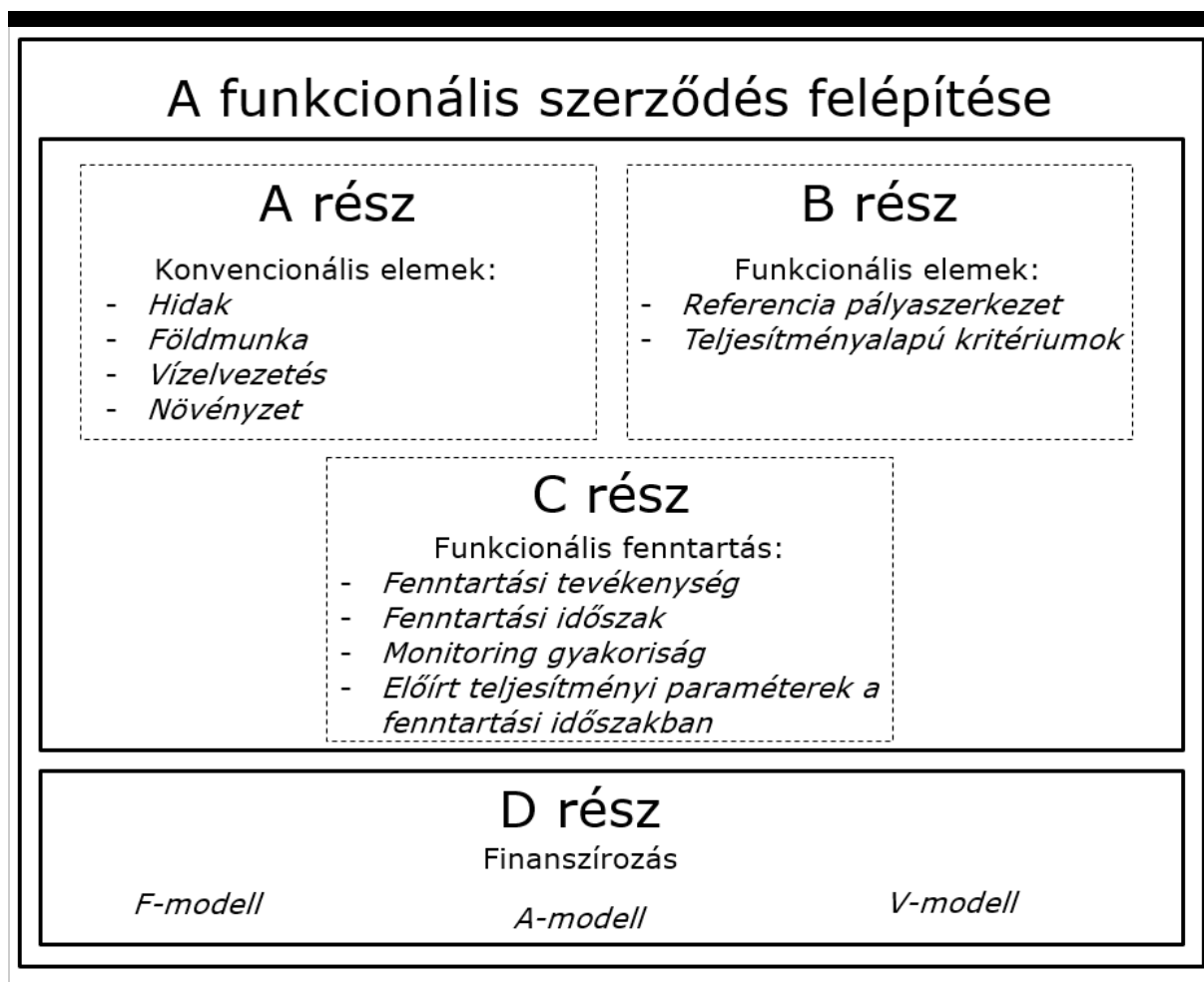
- A közúti létesítmény élettartama alatt felmerülő költségek, azaz a teljes élettartam-költségek optimalizálása és minimalizálása. Ebbe beletartoznak a tervezéstől a kivitelezésen és üzemeltetésen át a fenntartási és karbantartási költségek egyaránt. Ez a fajta tervezés és gondolkodásmód a szerződő felek mindegyikétől megkívánja az élettartam alapú hozzáállást.
- Ennek egyik eszköze, hogy a kivitelező cég ne csak az építési fázisban, hanem az üzemelési fázisban is jelen legyen, sőt, egy előre meghatározott fizetési konstrukció szerint ő is lássa el ezeket a feladatokat.
- A kivitelező cég bevonása a fenntartásban elősegíti, hogy a lehető legjobb minőségű létesítmény épüljön meg. Ez természetesen eredményezheti a beruházási költségek megemelkedését, azonban a hosszú szerződéses időtartam lehetőséget ad arra, hogy a fenntartás során a magasabb beruházási költségek

megtérüljenek az alacsonyabb fenntartási költségek formájában.

- A kivitelezőnek olyan terveket kell készítenie, amellyel műszakilag indokolt előrejelzést tud készíteni a jövőbeni költségek alakulását illetően. Ennek fontossága, hogy a megrendelő pontosan tudja, hogy mikor milyen költségek jelentkezhetnek.
- A magáncégek bevonásának egyik legfőbb célja, hogy a bennük rejlő innovatív lehetőségeket kihasználva lehessen a lehető legjobb minőségben, a lehető legalacsonyabb költségszinten létrehozni a kívánt létesítményt. Emiatt a pályázati kiírásban a kivitelező nincs kötelezve egy előre meghatározott pályaszerkezet megépítésére, saját döntése alapján pályázhat más felépítésű, vagy akár más típusú alternatív pályaszerkezettel is. Ennek kidolgozása azonban több előkészítő folyamatot és munkát igényel, emiatt a pályázati időszak hosszát a korábbi 213 hónapról meg kellett emelni 9-12 hónapra.
- A teljesítményi kritériumok a megrendelő dolgát az ellenőrzések tekintetében is megkönnyítik, hiszen a definiált állapotjellemzők főként kényelmi és biztonsági szempontból lettek meghatározva, így mérésük sem igényel bonyolult eszközparkot és számítási ismereteket.

4. A funkcionális szerződés felépítése

A német funkcionális építési szerződés (Funktionsbaupertrag, FBV) felépítését az 1. ábra mutatja.



1. ábra

A funkcionális szerződés felépítése

Maga a szerződés négy fő részből áll. A konvencionális részben („A”) a szerződés kereteit szabályozzák, míg a „B” és „C” rész a a teljesítményi (német megfogalmazás szerint „funkcionális”) követelmények, illetve az építés és üzemeltetés szabályozását tartalmazza, a „D” rész a finanszírozást tartalmazza.

4.1. Funkcionális szerződés – A rész: konvencionális keretek

A szerződés A részében a pályaszerkezeten kívüli elemek konvencionális kezelt követelményei és a tervezés input paramétereit rögzítik. Ezek:

- forgalmi adatok, forgalomfejlődés, forgalomirányítás,
- felújítás esetén a meglévő pályaszerkezet,
- földmunka, víztelenítés,
- parkolási igények és létesítmények,
- fagy elleni védekezés,
- híd- és műtárgyépítésre vonatkozó követelmények.

A funkcionális szerződéstípus legfőbb előnye a létesítménnyel kapcsolatos kockázatok megosztása. Az A részben kerülnek rögzítésre azon paraméterek, például a forgalmi adatok, melyek alapvető inputjai a tervezésnek, de nagyfokú bizonytalansággal terheltek, így az ebből adódó kockázatokat nem szabad a vállalkozóra hárítani, hiszen nem befolyásolhatja. A projektben rejlő, a teljesítményt érintő kockázatokkal a D rész foglalkozik részletesen. Németország esetében, tekintve az autópálya hálózat kiépítettségét, elsősorban felújításról vagy bővítésről beszélhetünk, melyek során az A részben több paraméter inkább adottsággént jelenik meg.

A pályaszerkezet élettartamát és fajlagos értékét számottevően meghaladó létesítmény-elemek (pl. műtárgyak, alépítmény) kereteit szintén az A rész rögzíti. Ezen elemek élettartama a szerződés idejét (20130 év) is jóval meghaladja, így a megrendelő ezen az oldalon a kockázat sokkal nagyobb részét viseli, ennek megfelelően a fenntartásukról is saját hatáskörben dönt.

4.2. Funkcionális szerződés – B rész: funkcionális keretek

Ez a rész a pályaszerkezettel kapcsolatos funkcionális elemeket tartalmazza, mint a méretezés és a kivitelezés. A pályaszerkezet megfelelősége kulcskérdésű a létesítménnyel kapcsolatban jelentkező kockázatok szempontjából, ugyanakkor a vállalkozó ezt tudja leginkább befolyásolni, ennek megfelelően a kockázat meghatározó része, vagy egésze a vállalkozóra hárul. A megrendelő rendszerint nem ír elő semmilyen kötelezettséget (esetleges minimális követelményeken felül, pl. referencia pályaszerkezet). A vállalkozó így a rendelkezésére álló technológia és a legjobb tapasztalatai alapján javasolja a számára hosszú távon legkedvezőbbnek ítélt alternatívát. Habár a pályaszerkezetet tekintve nincs korlátozás, kissé köti a vállalkozót egy forgalomtechnikai előírás, mely a fenntartás során alkalmazható tereléseket szabályozza két, illetve 3 sávós útszakaszokon. A szabályozás a kialakítás, a teherforgalom aránya és a csúcsóra forgalom alapján bizonyos tereléseket tilt, így adott esetben például egy merev pályaszerkezet technológiai okokból nem építhető meg.

Az építéssel és a fenntartással kapcsolatos kifizetések ütemezése is a B részben szabályozott. Az első fázis elkészülte után a megbízó a teljes építési összeg 40%-át fizeti ki, a második fázis után további 50%-ot, majd a forgalomba helyezés és minőség-ellenőrzés után kerül kifizetésre a fennmaradó 10%.

Adott esetben funkcionális elven megvalósuló nagyértékű műtárgyak a B rész külön fejezetébe kerülnek.

4.3. Funkcionális szerződés – C rész: fenntartás és üzemeltetés

Ez a rész az üzemeltetési és fenntartási időszakot szabályozza. A funkcionális szerződéskötés lényegi eleme, hogy a vállalkozót a kivitelezés teljesítése után bevonják a fenntartásba, akár üzemeltetésbe is, melynek időtartama általában 20130 év, ami alatt minden építéssel kapcsolatos fenntartási munkát (így általában a téli üzemeltetést és néhány rutin munkát kivéve) a vállalkozó végez.

A kivitelezéshez hasonlóan a fenntartási technológiákra és ütemezésükre is csak minimális megkötések vannak, de mivel a kifizetés adott állapotparaméterektől függ, a vállalkozó érdeke a lehető legjobb minőséget tartani, ezáltal optimális fenntartási stratégiát kidolgozni. A megbízó ugyanis adott időközönként ellenőrzi a pálya állapotát vizuális és roncsolásmentes felmérésekkel, majd az eredmények alapján 115 skálán osztályozza a burkolat állapotát. A szerződés a szerződéses időszak végi állapotot is rögzíti, mely befolyásolja a végső átadáskor aktuális kifizetést, a létesítmények pozitív maradványértékkel kell rendelkeznie.

4.4. Funkcionális szerződés – D rész: finanszírozás

A funkcionális szerződéstípus önmagában csak egyfajta keretrendszer, mely a finanszírozási koncepciók nélkül nem képes teljesíteni a felek elvárásait. A D rész azokat a finanszírozási kereteket rögzíti, melyek biztosítják

egyrészt a megrendelő számára az Értéket a pénzért (Value for money) elv teljesülését, másrészt a vállalkozó számára a hosszú távú bevételeket. Az egyes létesítmény-típusokra (fajlagos és beruházási érték, élettartam, speciális funkció, stb.) három finanszírozási modellt alkottak meg, az F, A és V modellt.

4.4.1. F-Modell

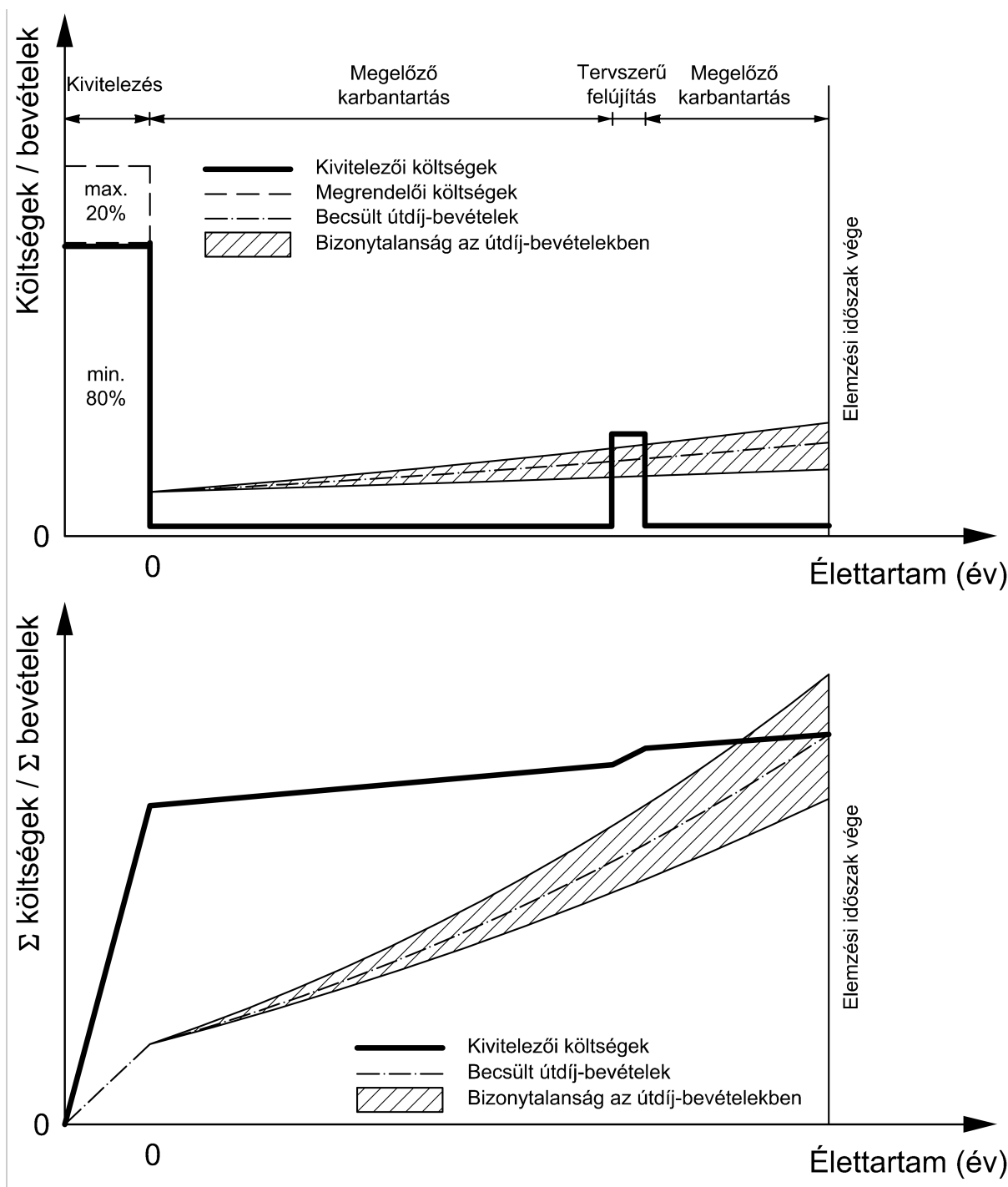
Az F-modellt legnagyobb fajlagos értékű beruházások, úgymint hidak, alagutak és hegyi átjárók építésére és fenntartására dolgozták ki. Nagy beruházási és fenntartási forrásigényük miatt ezen létesítményeket sok esetben nem lehetne hagyományos modellekkel megvalósítani, ráadásul megtérülésük nem minden esetben egyértelmű, sokszor extra szolgáltatás nyújtására épülnek, vagyis nem tartoznak a leginkább szükséges beruházások közé.

A német gyakorlatnak korábban nem volt része az általános útdíj, de a privatizációt szabályozó 1994-es német törvény (Fernstraßenbauprivat-finanzierungsgesetzes, innen az F-modell rövidítés), az 1999/62/EK direktíva és a törvény 2002. évi módosítása ezt ilyen esetekben már lehetővé tette útdíj az autópályák, vagy az autópályákhoz hasonló jellemzőkkel rendelkező többsávos utak, illetve hidak, alagutak és hegyi átjárók használóira való kivetését. Így ezen útszakaszok megtérülése valószínűbbé vált, ami a magántőke bevonásának alapvető feltételét elégítette ki.

A szerződés az állam, mint megrendelő, és a kockázataik csökkentésére, megfelelő tapasztalati és pénzügyi tőke összevonására konzorciumba tömörülő vállalkozók között jön létre.

Az állami szerepvállalás mértéke legfeljebb 20 %, melyet a kivitelezési fázisban fizet ki, a többi forrást a konzorcium állja, mely annak saját vagyonából és banki garanciákból áll. A magas arányú magántőke és a jelentős banki szerepvállalás (kockázatterhékenység) garantálja, hogy csak a valóban rentábilis projektek valósulnak meg. A kiadások és bevételek alakulását a 2. ábra mutatja.





2. ábra

Kiadások és bevételek alakulása F-modellben

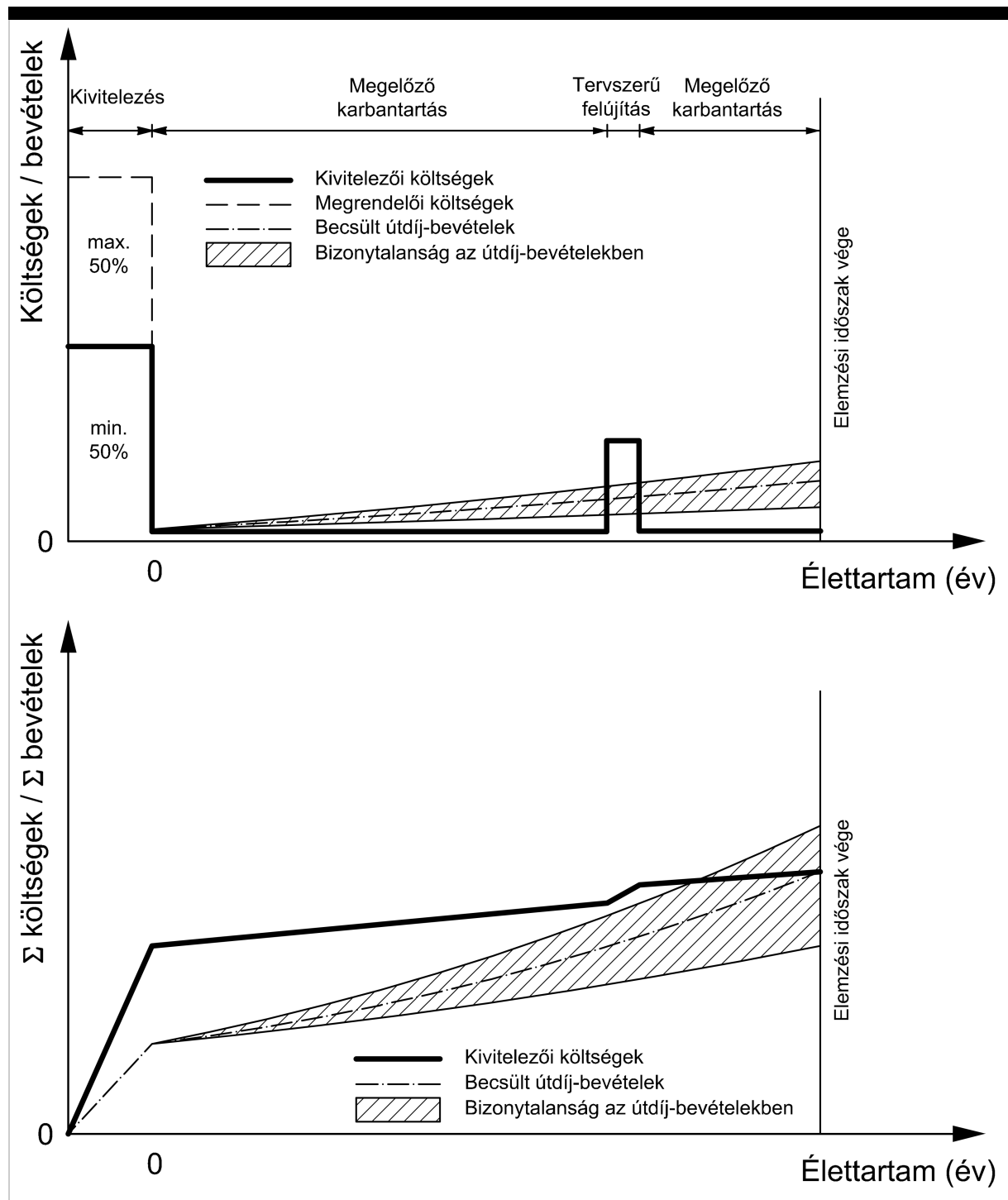
A megtérülés szinte teljes mértékben a kereslet alakulásától függ. Az útdíj mértékének megállapítása konzorcium hatásköre saját kereslet-kínálati elemzései alapján. Tudomásunk szerint két beruházás valósult meg F1modell keretében, amely azt is mutatja, hogy az elemzések bemenő adatok bizonytalanságából eredő kockázatot a vállalkozók és a bankok nem tudják vállalni. Ezen kockázatok csökkentési lehetőségeit célzó módosítások jelenleg is kidolgozás alatt állnak, ha ez sikerül, a modell vonzóvá tehető a piaci résztvevők számára.

4.4.2. A-modell

A modellben szintén csak koncessziós vállalkozás jellemző. A rövidítés a német Ausbau (kibővítés, kiterjesztés) szóból ered. Ezt is jelenti: a modell az autópálya-hálózaton szükséges kapacitásbővítések (többlet sávok, elkerülő szakaszok) építés általi magvalósítására szolgál, magántőke bevonásával. A mechanizmus itt is az, hogy a kivitelezőt bevonják az üzemeltetés-fenntartás oldalán is, ezáltal érdekévé téve a pályaszerkezet optimális minőség megtervezését és megépítését. A vonatkozó víztelenítési műtárgyakat és hidakat a szerződés

A részében, konvencionális keretek között szabályozzák.

Az általában 30 éves szerződéses időtartam alatt a kifizetések a három évente felmért tényleges, és a tervezett állapot alapján történik. A szerződés lejártakor történő végső kifizetés a szerződésben meghatározott átadási paraméterek teljesülésének függvénye. A szerződéses időszak alatt a vállalkozó csupán részesül az útdíjból, mely ráadásul csak a tehergépjármű-forgalomból adódik, ellentétben az F-modellben minden kategóriára kiterjedő útdíjjal (3. ábra).



3. ábra

Kiadások és bevételek alakulása A-modellben

A vállalkozó azonban az A-modell esetén nem rendelkezik az útdíj mértéke felett. A beruházási költségek összetétele az F-modellhez hasonló, de ez esetben az állami hozzájárulás mértéke elérheti az 50%-ot, kompenzálандó az útdíjak miatti többlet kockázatot. A többi forrást a konzorciumi és banki tőke alkotja.

4.4.3. V-modell

A V-modell esetében (Verfügbarkeit, elérhetőség, rendelkezésre állás) esetében a teljesítmény nem a funkcionális paraméterekben, hanem a rendelkezésre állásban nyilvánul meg. Habár a megrendelő ekkor is ellenőrzi a burkolat állapotát, a kifizetés nem ezen alapszik, hanem a szerződésben vállalt és a vállalkozó által teljesített rendelkezésre állás (teljes keresztmetszet, korlátozások nélküli) éves alakulásán. A vállalkozó tehát nem a pálya állapotára, hanem elérhetőségére vállal garanciát, melyet a tervezés során elkészült fenntartási stratégiára alapoz. A vállalkozó által nem befolyásolható tényezőket (havária, terrorcselekmény, baleset.) természetesen figyelembe veszik.

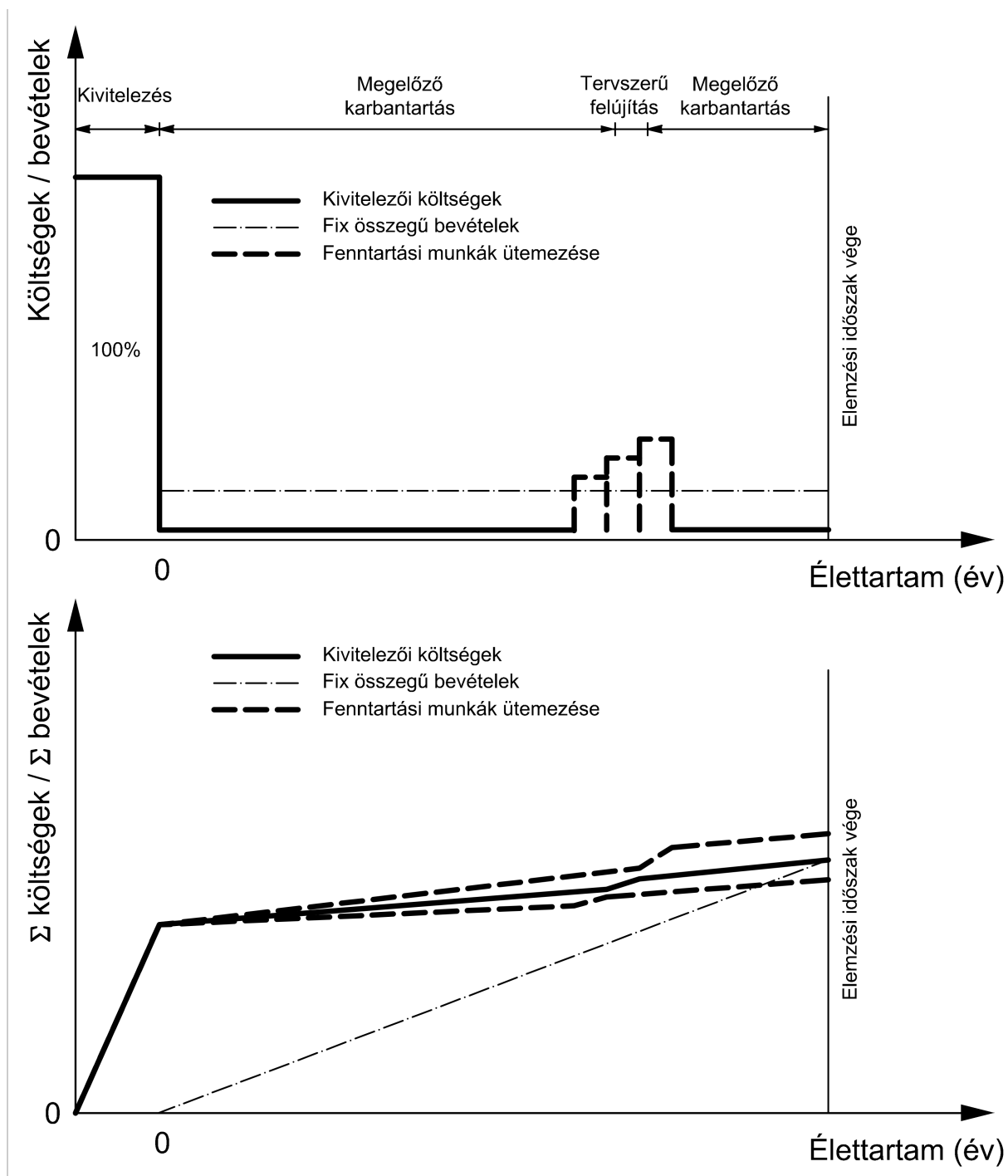
A tervezettől való eltérés alapján a kifizetést Bónusz/Malusz rendszerben kompenzálják, azaz a vállalkozó jobb teljesítmény esetén nagyobb kifizetést is kaphat. Ez nyilván ösztönzi a vállalkozót, de elsősorban a nagyobb felújítások éveiben bekövetkező levonásokat kompenzálja. Az 1. táblázat az A9 autópálya bővítések alkalmazott korrekciós elvet mutatja.

Malus	Teljesített rendelkezésre állás	Tervezett rendelkezésre állás	Eltérés	Teljesített rendelkezésre állás	Bónusz
0 €	97,90%	98%	0,10%	98,10%	0 €
50.000 €	97,80%		0,20%	98,20%	25.000€
200.000€	97,50%		0,50%	98,50%	100.000€
450.000€	97,00%		1,00%	99,00%	225.000€
700.000€	96,50%		1,50%	99,50%	350.000€
800.000€	96,22%		1,78%=1,70%	99,78%	400.000€
950.000€	96,00%		2,00%	100,00%	475.000€

1. táblázat

A V-modellben alkalmazott B/M rendszer, példa

A tervezett rendelkezésre állási idő 98% volt. Az értékelésnél a tervezett értékhez képest 0,2%os eltérésnél kisebb különbség esetén nem történik szankcionálás, azonban e „fölött” minden 0,1 %os csökkenés esetén 50.000 EUR malus kerül levonásra, míg ugyanilyen mértékű növekmény 25.000 EUR bonus jóváírását eredményezi a fenntartó számára. A vállalkozó bevételei és kiadásai V-modell esetében a 4. ábra szerint alakulnak.



4. ábra

Kiadások és bevételek alakulása V-modellben

A V-modellben megvalósuló projektek beruházási költségei csak magántőkéből állnak. Kifizetés csak az éves rendelkezésre állás alapján történik, melynek alapja a szerződésben előírt fix összeg, és először az átadásakor történik meg, majd évente. Az FImodell, AImodell és VImodell főbb jellemzőinek összefoglalása, valamint a modellek előnyeinek és hátrányainak bemutatása a 2. táblázatban látható.

Szempont	F-modell	A-modell	V-modell
Alkalmazás	- drága (új) műtárgyak	- kapacitásbővítés- (új építés)	- kapacitásbővítés,- új építés
Beruházási források	- 20% állami,- 80% magán	- akár 50% állami,- min. 50% magán	- 0% állami- 100% magán
Vállalkozói bevételek	- átadásakor- teljes útdíj bevétele- útdíj a teljes forgalomból- útdíj	- átadásakor- útdíj részesedés- útdíj csak teherforgalom- útdíj mértéke	- évente, először átadásakor

	mértékének alakítása	állami hatáskör	
Előnyök	- csak rentábilis projektek- állam számára alacsony ráfordítás- magas arányú magántőke- kockázatmegosztás (állami szempontból)- magánszektor innovációs képessége	- eredetileg is rentábilis projekt (bővítési igényből ered)- arányos állami forrásigény,- arányosabb kockázatmegosztás- magánszektor innovációs képessége- jobb minőségre ösztönöz- hatékony pályázati és szerződési mechanizmus- életciklus-szemlélet - alacsonyabb működési és fenntartási költségek - alacsonyabb beruházási idő	- a vállalkozó szempontjából mindegy a rentabilitás- nulla állami tőke- jogos kockázatmegosztás (műszaki szempontok)- kiszámítható- a bónusz lehetőség motiváló eszköz- rendszeres ellenőrzés
Hátrányok	- forgalmi kockázat csak a vállalkozónál- sokszor vállalhatatlan kockázat- csak speciális esetben	- forgalmi kockázat a vállalkozónál is, de nem befolyásolhatja	- forgalmi kockázat csak a megrendelőnél
Vonatkozó beruházások	- A8, Alpaufsteig (átkelő, Alpok)- A20 hidak	-	- A7- A9

2. táblázat

A funkcionális finanszírozási formák összefoglalása

5. Megvalósult beruházások

Az első funkcionális pilot-projektek 2002-ben indultak, így a szabályozás nem teljesen kiforrott, a teljesítményi paramétereket rögzítő szabályozás, mely a ZTV Funktion nevet viseli majd, még kidolgozás alatt van. Ebben külön részek foglalkoznak majd a felépítmény, az alépítmény, a víztelenítés teljesítményi vonatkozásaival.

Az évtizedes tapasztalatok ahhoz azonban elegendőek, hogy egyrészt a készülő szabályozás alapjául szolgálhassanak, illetve a modellek előnyeit, hátrányait elemezni lehessen. Utóbbi alapján már történtek változtatások az egyes modellek tekintetében. Mivel a tapasztalatok alapján a modelleket folyamatosan optimalizálják, illetve természetesen nem minden adat elérhető, az alábbiakban a teljesség igénye nélkül néhány látványos példát hozunk az egyes szerződéses modellek keretében megvalósult beruházásokról.

5.1. F-modell

Az F-modell keretében megvalósult két beruházás adatait foglalja össze a 3. táblázat.

Projekt adatai		Warnowquerung	Herrentunnel
Beruházás értéke		219 millió €	161 millió €
Finanszírozás forrása	állami	12%	55%
	konzorciumi	20%	34%
	egyéb magán	68%	11%
Szerződés éve		1995	1999
Üzembe helyezés éve		2009	2005
Útdíj	személygjm.	1,5 – 2,5 €	0,5 €
	tehergjm.	9,0 – 17,5 €	-
Koncesszió		Bouygues (Fr) Macquire (Aus)	Hochtief (D) Bilfinger&Berger (D)

3. táblázat

F-modell keretében megvalósult beruházások adatai

A táblázatban szereplő első létesítmény egy hegyi átkelő, a második egy alagút. Látható, előbbi esetben az állami forrás csak mintegy 12%-át tette ki a teljes beruházási költségnek, a kivitelezői konzorcium költségei fedezésére a Herrentunnelhez képest több, mint háromszoros útdíjat vetett ki. A Herrentunnel esetében fontos megjegyezni az 55%-nyi állami részvételt a szerződésmodellben lehetséges maximum 20%-hoz képest. Itt vélhetően olyan körülmény merült fel, ami veszélyeztette a beruházás megvalósulását, ezért az állam nagyobb részt vállalt, cserébe az útdíj mértékét csökkentették.

5.2. A-modell

A kifejezetten drága beruházásokra fejlesztett V-moddal szemben az A modell olyan beruházásokra alkalmas keret, melyekből lényegesen több készül. Ennek szellemében több beruházást választottunk ki rövid bemutatásra.

5.2.1. BAB A1, Bréma-Hamburg

Az A1 Bundesautobahn szerződés szerinti építési ideje 2008. augusztus – 2012. december volt. A projekt egyik érdekessége, hogy a forgalomba helyezés 2,5 hónappal előbb sikerült. A mintegy 650 millió € beruházási költségű, 72,5 km hosszú, 2x3 sávós autópályát pontosan rögzített üzemeltetési-fenntartási feltételekkel, 30 éves szerződéses időszakra kapta meg a vállalkozó. A projekttel kapcsolatos másik érdekesség, hogy kilométerenként nagyjából 9 millió €-ba került a 6 sávós létesítmény. A projekt a meglévő víztelenítés felújítását, a forgalomtechnikát, szivárgók és záportározók építését, 36 híd, 38 aluljáró építését, zajárnyékolást, növénytelepítést is tartalmazott.

5.2.2. BAB A4, Thüringia, AS Gotha

A beruházás 2007 októberében kezdődött és a 2010 decemberi határidő előtt 4 hónappal korábban adták át a forgalomnak. A létesítmény 44,4 km 2x3 sáv felújításából, 22,5 km új beton pályaszerkezet építéséből, 2 km 2x3 sávra való bővítésből állt, természetesen a csatlakozó munkálatokat beleértve – parkolók, záportározók, 27 új híd, 3 völgyhíd, 6 km zajárnyékoló fal és mintegy 25 kisebb híd. Mintegy 20 km autópályát elbontottak és erdősítettek.

A koncesszió értéke 540 millió €, melyből az állam része 9,6 millió € volt. Itt a koncesszor az útpálya mellett a hozzávett pályaszakaszon még további 24, összesen 51 műtárgy üzemeltetési és fenntartási jogát kapta meg.

5.2.3. BAB A5 Malsch-Offenburg

Az európai jelentőségű, nagyforgalmú (67 000 jármű/nap ~ 16 750 jármű/nap/sáv) közlekedési folyosót általában dugók vagy torlódások és relatíve sok baleset jellemezte. A 2x2 sávós keresztmetszetet 2x3 sávossá bővítették mintegy 41,5 km-es szakaszon, 985 millió € beruházási költségből. A tervezett 2015. januári átadást itt több, mint fél évvel előzték meg.

A 30 éves koncesszió 29 hidat és keresztezési műtárgy kiváltását, 4 új híd építését, 32 híd átépítését tartalmazta, illetve a szerződést kiterjesztették további 33 híd – azaz összesen 98 műtárgy üzemeltetésére.

5.2.4. BAB A8 München-Augsburg

A 2x2-ről 2x3 sávossá bővített 37 km-es szakaszt a tervezettnél alig 1 hónappal korábban adták át, 2012. december elején. A 37 km-es szakasz a bővítés mellett pihenőhelyek, parkolók építését és felújítását is tartalmazta, valamint összesen 111 műtárgyat, melyből 33 keresztező, 78 híd maga az autópálya része. A mintegy 735 millió € beruházási költségből megvalósult létesítmény üzemeltetési és fenntartási jogát kiterjesztették további 15 km-rel.

5.3. V-modell

5.3.1. BAB A9 Hermsdorf-Landesgrenze Thüringen

A mintegy 3 hónappal korábban befejezett autópálya 19 km-es szakaszát 2x2-ről 2x3 sávossá bővítették,

tartalmazott parkolókat és záportározókat, illetve műtárgyak átépítését is. A koncesszió értéke összesen 407 millió €, 20 éves időtartam alatt, és összesen 46,5 km-es autópálya szakasz üzemeltetésére és fenntartására vonatkozik. A kivitelezés alatt meghatározott mérföldkövek teljesítése során 105 millió € már kifizetésre került, ami a teljes építési költség 80%-át teszi ki. A beruházási költség maradéka és a vállalkozó nyeresége az üzemeltetés 20 éve alatt folyik be.

Az alábbi projektek még kivitelezési alatt állnak a V-modell keretében:

- A7 Neumünster-Hamburg (65 km átépítés, 59 km üzemeltetés)
- A94 Forstinning-Marktl (77 km üzemeltetés, 33 km új szakasz)
- A7 Salzgitter-Göttingen (72 km üzemeltetés, 29 km 2x3 sávra bővítés)
- A6 Wiesloch-R.-Weinsberg (47 km üzemeltetés, 25,5 km 2x3 sávra bővítés).

6. Összegzés

A közúti beruházásokkal kapcsolatos kockázatok megosztásának igénye Németországban már az 1990-es években jelentkezett, amikor a forgalom nagyütemű fejlődése és az úthálózat növekvő ütemű leromlása világossá tette, hogy az állam önmagában nem képes a kívánt szolgáltatási szintet fenntartani. Megoldásként olyan „funkcionális” szerződésformákat alkottak meg, amelyek a hagyományos megbízó-vállalkozó érdekellentétet elvben feloldva a vállalkozót érdekeltté teszik a lehető legjobb minőségű munka elvégzésére, az állam számára pedig lehetővé ütemezett finanszírozási lehetőséget jelentenek.

Az ilyen jellegű szerződések megkötését az Alaptörvény és más jogszabályok Németországban hosszú ideig nem tették lehetővé, egészen a privatizációt szabályozó 1994-es német törvény és 2002. évi módosításáig, valamint az 1999/62/EK direktíva megalkotásáig.

A funkcionális szerződéskötés első két projektje az A61 és A81-es autópályák egyes szakaszainak felújítása volt. Az A81-es autópályán Rottweil térségében 10 km hosszon a dél felé vezető pálya felújítására írtak ki teljesítményelvű pályázatot, amely a pályaszerkezet cseréjéről, és annak 20 éven át tartó üzemeltetéséről és karbantartásáról szólt. Az A61 autópálya hasonló feltételekkel, merev pályaszerkezettel épült. A megvalósult példákkal együtt érdemes azonban kiemelni, hogy Németországban, a közfinanszírozási korlát enyhébbnek tekinthető, a funkcionális szerződéskötést óvatos próbálgatások jellemzik.

Cikkünkben bemutattuk a német teljesítményelvű szerződésformák egyes részeit, a beruházások költségeinek és bevételeinek alakulását. Néhány megvalósult beruházás adatai alapján kijelenthetjük, a teljesítményi alapú szerződésforma nem egy utópisztikus elmélkedés, hanem a gyakorlatban is megvalósítható és működő értékteremtési lehetőség.

Hivatkozások

Beckers, T., 2003. Konzessionsmodelle für Fernstraßen in Deutschland: Eine ökonomische Analyse der Risikoallokation beim F- und A-modell, Berlin. In: hely nélkül.: ismeretlen szerző

DEGES, 2012. Bisherige Erfahrungen des DEGES bei ÖPP-projekten im Autobahnbereich - Verfügbarkeitsmodell A7. In: Hamburg: VSVI Seminar.

Dreher, A., 2003. Pilotprojekte mit Funktionsbauverträgen - Erwartungen der Straßenbauverwaltung. Straße und Autobahn. In: hely nélkül.: ismeretlen szerző

Dröge, C., 2007 / 4. Der Funktionsbauvertrag in Konzeption und Anwendung. In: Straße und Autobahn: ismeretlen szerző

Eisgruber, A., 2010. Bauverträge mit funktionalen Anforderungen. ZTV Funktion-E. 42. Erfahrungsaustausch der Bundes und der Länder über Erdarbeiten im Straßenbau

e-UT 06.03.21 [ÚT 2-3.302]: Út-pályaszerkezeti aszfaltrétegek. Építési feltételek és minőségi követelmények., 2010. Budapest: Magyar Útügyi Társaság.

Gáspár, L., 2008. Eredmény- és teljesítményelvű útügyi szerződések. Közúti és mélyépítési szemle, LVIII/7, pp. 8-14.

Gáspár, L., Tímár, A. & , 2007. Teljesítményelvű üzemeltetési és fenntartási szerződések hazai bevezetésének előkészítése : I. Részjelentés. Budapest: KTI Kht..

Hardt, R., 2006. Qualitätssicherung auf hohem Niveau. In: Wiesbaden: Asphalt.

Kappel, F., 2003. Pilotprojekte mit Funktionsbauverträgen - Erwartungen der Bauwirtschaft. In: : Straße und Autobahn.

Schmerbeck, R., dátum nélk. Die Anwendung von Funktionsverbauverträgen in Bayers, München. In: hely nélk.: ismeretlen szerző

Tóth, C., 2008. A minőségcsökkenés meghatározásának teljesítményelvű megközelítése. Közúti és mélyépítési szemle, LVIII/12, pp. 1-5.

Zander, U., 2009. Zukunft der Funktionsbauverträge - Neue Herausforderungen. In: : Straße und Autobahn.

Adatok

Megjelent itt

5. szám

2015. tavasz



Szerző

Soós Zoltán

Okleveles építőmérnök, 2014 óta a BME Út és Vasútépítési Tanszék PhD hallgatója. Kutatási területe az életciklus-elemzésben használt leromlási modellek, tönkremeneteli mechanizmusok, döntési fák, szimulációk elemzése, fejlesztése. Doktori kutatása mellett részt vesz a BME Pályaszerkezeti Laboratórium munkájában és az egyetemi oktatásban is.

Parrag Ferenc

Témakörök

Témakörök • Útépítés • Útgazdálkodás

Kulcsszavak

beruházási kockázat • élettartam • funkcionális szerződések • teljesítmény • teljesítményelvű szerződések

Befogadva

2015. május 6.

Egy hozzászólás ehhez: "Teljesítményelvű üzleti beruházási szerződések II. rész: a német példa"



Karoliny Márton szerint:

2015 május 20. - 14:13

Kedves Kollégák!

Nagyon érdekes és remélhetőleg nálunk is hasznosítható eredményeket olvastam a kétrészes cikkben.

Csak ezért szólok hozzá, mert egy finom részletből, ami nálunk is publikálásra került, kiderül, hogy a rendszer bevezetéséhez Németországban milyen kiterjedt kutatások történtek.

Ahhoz, hogy a vállalkozók képesek legyenek a jelentős kockázatokat is hordozó pályaszerkezet méretezésre (főleg a kisebb méretű cégek), egy kutatássorozat lett végrehajtva, amelynek egy részét Frohmut Wellner professzor 2007 - ben szóban és írásban is publikálta.

Az anyag írásban megtalálható a Szemle 2007/7 számában, címe: Aszfaltburkolatok méretezése számítással, a kutatás a BMBF (Német Szövetségi Oktatási és Kutatási Minisztérium) által volt finanszírozva, címe : „Tartós útépités, méretezési modell összekötő projekt kis és közepes útépitő vállalatok versenyképességének támogatásához”

További sok sikert kívánok.

Válasz

Hozzászólás

* Név	
* Email	
Honlap	
Hozzászólás	
Hozzászólás elküldése	

Bejegyzések

Galéria

Impresszum

Interjúk

Könyvajánló

Nemzetközi szemle

Témakörök



Kerékpáros létesítmények meglétének, kiépítésének, típusának és elhelyezkedésének hatása a kerékpáros balesetekre két alföldi megyében

Szerző(k) **Hóz Erzsébet, Kucsara Tibor és Szabó Sándor**

Kivonat

A szerzők szerettek volna kicsit részletesebb képet kapni a hazai kerékpárosok biztonságáról, kifejezetten a kerékpáros létesítmények biztonságukra gyakorolt hatásáról. Ezért két alföldi megyében, Bács-Kiskun és Békés megyékben azonos módszertannal, a rendőrségi kisjelentések tanulmányozásával, a 2010-2011 évek személysérüléses kerékpáros baleseteit elemezték. Ezáltal megismerhetővé vált a kerékpáros balesetek pontos helye, körülményei, a balesetben résztvevők érkezési, továbbhaladási iránya, sőt a biztonság szempontjából kiemelten fontos elsőbbségi szabályozás kérdése is.

1. Bevezetés, célkitűzés

A hazai kerékpárosok közlekedéséről, biztonsági szintjükéről kevés információval rendelkezünk. A személysérüléses balesetekben belül a részvételi arányokról a KSH kiadványokból kapunk képet. [3] Az elkészült elemzések pedig érthető módon a kerékpárosok védtelenségére, baleseteik súlyosságára, annak csökkentésére helyezik a hangsúlyt, az Európai Unió Fehér Könyvének szellemiségét előtérbe helyezve. [5,6] A baleseti adatbázisban két olyan információ található, amelyek a baleseti szituációra, illetve a baleset elsődleges okára utalnak (a baleset típusa és a baleset oka). A megfelelő „kódokat” a helyszínelést végző rendőr állapítja meg, és ezek az adatok kerülnek az adatbázisba is. Az adatállomány csak a balesetek ún. **elsődleges okát** tartalmazza, ami az elemzések szempontjából hiányosság. Viszonylag ritkán fordul ugyanis elő, hogy a baleset egyetlen –jól definiálható– okra vezethető vissza, az esetek többségében több, balesethez vezethető okot (helyesebben befolyásoló tényezőt) is lehet találni. A jelenlegi hazai baleseti adatbázist szokás KSH (Központi Statisztikai Hivatal) adatbázisnak is nevezni, utalva arra, hogy az adatgyűjtés és adatbázisba rendezés a rendőrség feladata ugyan, de az adatállománnyal kapcsolatos előírásokat a KSH határozza meg és az adatbázist a nemzetközi statisztika részeként tartja nyilván. [1]

Szerettünk volna kicsit részletesebb képet kapni a hazai kerékpárosok biztonságáról, kifejezetten a kerékpáros létesítmények biztonságukra gyakorolt hatásáról. **Ezért két alföldi megyében, Bács-Kiskun és Békés megyékben azonos módszertannal, a rendőrségi kisjelentések tanulmányozásával, a 2010-2011 évek személysérüléses kerékpáros baleseteit elemeztük.** Így megismerhetővé vált a kerékpáros balesetek pontos helye, körülményei, a balesetben résztvevők érkezési, továbbhaladási iránya, sőt a biztonság szempontjából kiemelten fontos elsőbbségi szabályozás kérdése is. A KSH baleseti nyilvántartása ezeket a felsorolt adatokat részletesen már nem tartalmazza, illetve elsődlegesen csak az okozó szemszögéből nézi a balesetet.

A nemzetközi kutatások között egy kanadai 23 kutatás eredményeit áttekintő összefoglaló anyag elemzi a kerékpáros létesítmények biztonságra gyakorolt hatását. Az eredményei azt mutatják, hogy a kerékpározás céljából épített, kizárólag kerékpárosoknak szánt, létesítmények (pl. kerékpárutak, kerékpársávok, kerékpársávok a körforgalomban) csökkentik a balesetek és sérülések kockázatát a közúti forgalomban az úttesten történő kerékpározással, vagy járdán a gyalogosok között történő kerékpározással szemben. A közvilágítás, a burkolt felület és a kis dőlésszögű kivitelvezések további olyan tényezők, melyek látszólag javítják a kerékpáros biztonságát. Tekintettel arra, hogy az egyének kerékpározási hajlandóságára hatással van a biztonság, fontos a biztonság jelenléte a kerékpározásban, illetve helyválasztásában is. [11] Egy másik dán, Koppenhágában készült előtte-utána vizsgálatnál a kerékpárosok által észlelt kockázatokat is értékelték a különféle létesítményeken. A dán kerékpárosok a kerékpárutakkal ellátott utakon érzik magukat leginkább biztonságban és érzésük szerint a vegyes forgalmú utakon vannak a legvesélyeztetettebb helyzetben. Ez az

állítás minden kerékpárosra igaz, nemtől, kortól, a kerékpározás céljától, vagy az útvonal ismeretétől függetlenül. A vegyes közlekedés az észlelt kockázatokat jobban növeli, mint a kerékpárutakon és kerékpársávokon történő közlekedés. A kerékpársávok úgymond a középutat jelentik, a kerékpárutaknál némileg kevésbé biztonságosabbak, de sokkal biztonságosabbak és megfelelőbbek, mint a vegyes forgalom. A fokozott gépjárműforgalom esetén a kerékpárosok úgy érzik, hogy nagyobb kockázatnak vannak kitéve. A kerékpárosok biztonságára és elégedettségére vonatkozó eredmények általában szoros összefüggésben vannak egymással. [12]

2. Hazai kerékpárosok helyzete

A hazai kerékpáros közlekedés kérdése, a kerékpáros forgalom nagysága, a létesítményeik nyilvántartása és a létesítményeik tulajdonosi háttere igen összetett problémakör. A kerékpárosok útvonalainak - hálózat-részeinek - kiépítése **sokféle forrásból**, sokféleképpen valósult meg. Komoly probléma a tulajdonviszonyok kérdése, ami kihat a balesetek nyilvántartására és elemzésére is. A kerékpárosok hazai közlekedési tereinek kialakításánál előtérbe kerültek a kerékpárutak és a gyalog- és kerékpárutak, a védtelenségükre hivatkozva „áttolták” a gyalogosok közé őket, miközben a szabályozásuknál, ellenőrzésüknél szigorúan járművezetőként tekintenek rájuk. Furcsa ellentmondás ez, hiszen a gyalogosokkal így kölcsönösen zavarják, sőt veszélyeztetik egymást. **Mind a gépjárművezetők, mind a gyalogosok számára „probléma” a kerékpárosok megjelenése, növekvő száma hazánkban.**

A KRESZ lényegében a biztonságos magatartási szabályokat adja meg, de mivel a kerékpáros hol gyalogosként, hol kerékpárosként, tehát járműként közlekedik, ezért a valóban biztonságos szabályok megadása nem egyszerű feladat. Az elmúlt években a kerékpárosok számára hozott szabályok jelentős része csak látszólagosan szolgálja a kerékpárosok biztonságát és sem a kerékpárosok, sem a gépjárművezetők nincsenek tisztában a változásokkal. A módosítások általában nem a közúti közlekedés teljes rendszerében, szerves egységében gondolkodva készülnek, hanem önmagukban vizsgálják meg 1-1 szabályt, majd döntenek a bevezetéséről. Háttéranyagok, kutatási anyagok csak elvétve készültek az elmúlt évtizedekben a kerékpárosok biztonságára vonatkozóan, ami segíthette, támogathatta volna a folyamatot. Sőt még kommunikációs hibák is jelentkeztek – például egyirányú utcában az ellenirányú közlekedés megengedését félreérthetően kommunikálták a 2010. január 1-ei módosításnál – így csak részleges eredményt hoztak az ún. „kerékpáros-barát” intézkedések. A szabályozási hiányosságokkal párhuzamosan az építéseknel, beruházásoknál is problémák vannak, hiszen a hazai közúti infrastruktúra kiépítésénél, fejlesztésénél általában nem vették figyelembe a kerékpárosok jogos igényeit és számos helyen csak a közútról való kitiltásukra került sor, ami önmagában, alternatív útvonal biztosítása nélkül igen balesetveszélyes megoldás. Nyugat-Európa fejlettebb, gazdagabb országaiban egyértelműen támogatják a kerékpárosok közlekedését.

Forgalomnagyságukat alig ismerjük, ahol önálló kerékpárúton haladnak ott számlálásukra nem is kerül sor az Országos Közúti Keresztmetszeti Forgalomszámlálás keretében, önkormányzati utakon pedig egyáltalán nem rendelkezünk forgalmi adatokkal, miközben a kerékpáros létesítmények az önkormányzatokhoz tartoznak. Ellentmondások sokasága jelzi tehát a kerékpárosokkal való „foglalkozást”, aminek az eredménye megmutatkozik mind a létesítményeik vonalvezetésén, kiépítésén, mind a hiányos illetve túlszabályozásukon. A hatályos KRESZ-ben a kerékpárosokra vonatkozóan –attól függően, hogy van-e rajtuk „sapka”, azaz kerékpáros sisak vagy nincs- 5-féle sebességkorlátozási érték szerepel: 10, 20, 30, 40, 50 km/óra, miközben még sebességmérőjük sincs(!). Ez önmagában mutatja, hogy mind a realitásoktól, mind a közúti közlekedés rendszerébe való kölcsönös együttműködésen alapuló beintegrálásuktól még messze vagyunk. Jogszabályok vannak, betarthatóságuk nem vagy igen nehezen lehetséges.

Összefüggő országos kerékpáros úthálózat nem létezik, szakaszok, rész-szakaszok vannak, melyek nyilvántartása hiányzik vagy hiányos. Ezen túlmenően részben a tulajdonosi, kezelői jogkörök, részben a forráshiány miatt a **személyes baleseti adataik nyilvántartása** sem megbízható. [1]

Célszerű és valóban biztonságos szabályozásuk hosszú távú rendezéséhez politikai akarat is szükséges, de fontos a létesítményeiket, forgalmukat, baleseteiket tartalmazó megbízható adatbázis létrehozása is. Ez azért nehézkes, mert a kerékpárutak, kerékpáros létesítmények építésére sokféle forrás, pályázat nyújtott lehetőséget, melyek összehangolása nem volt megoldva és feltehetően nem épültek egymásra. Idézzük az Állami Számvevőszék jelentéséből: „A kerékpáros infrastruktúra-fejlesztéseket támogató hazai és uniós pályázatokat nem hangolták össze. A sokrétű országos célkitűzéseknek megfelelően a támogatások is többféle területre vonatkoztak. A kerékpárutak hálózatszerű összekapcsolása mellett hasonló prioritást kapott a

hivatásforgalmi és a turisztikai kerékpárutak építése is. A célok közé tartozott a nagy forgalmú közutak tehermentesítését és a balesetek számának csökkentését célzó közlekedésbiztonsági kerékpárutak építése, valamint a meglévő kerékpárutak szélesítése, a burkolat megerősítése. A különböző pályázati célokat nem egységes fejlesztési elképzelés mentén alakították ki.”[7] A hazai kerékpározás helyzetét jellemző ellentmondások sokasága az elmúlt évtizedek „sajátos fejlődésének” az eredménye.

3. Vizsgálati módszertan, alapadatok

A munka indításként a WIN-BAL adatbázisából lekérdeztük a kerékpáros balesetek számát 2010-2011-re. [2] Azért, hogy megismerjük a **kerékpáros létesítmények kiépítése, tehát a megléte, típusa és elhelyezkedése milyen hatással van a kerékpáros balesetek alakulására vázlatrajzot készítettünk a rendőrségi kisjelentések alapján minden egyes kerékpáros balesetről, annak helyszínéről.**

Végeztünk általános elemzéseket is, de ebben a cikkben elsősorban a kerékpáros balesetek bekövetkezési helyére (folyópályán vagy csomópontokban következnek be inkább a baleseteik jellemzően), típusára és előfordulási gyakoriságára vonatkozó eredményeket mutatjuk be.

Külön bontottuk azokat a baleseteket, amikor van kerékpáros létesítmény és amikor nincs, tehát közösen haladnak a gépjárművekkel a kerékpárosok. A kerékpárforgalmi létesítmények definiálása az utügyi műszaki előírásban a következő: „Kerékpárforgalmi létesítmény a közlekedési infrastruktúra minden olyan eleme, amelyek használata **a kerékpárosok számára nem tilos.**” Alapvetően a kerékpárút, gyalog- és kerékpárút, és a közúton található kerékpársáv, a nyitott kerékpársáv és a kerékpáros nyom tartozik a kerékpárforgalmi létesítményekhez a cikkünkben. [4] A vizsgálati időszakban a két alföldi megyében többségében a közúton közlekedtek a kerékpárosok, illetve az alábbi 1. táblázat mutatja a kerékpáros létesítmények típusát, hosszát feltüntetve az országos közutak hosszát is. A kerékpárutak között van gyalog- és kerékpárút, de nyitott kerékpársáv és kerékpáros nyom nem volt egyik megyében sem.

	Bács-Kiskun (km)	Békés (km)
Kezelt országos közutak (km)	2182,9	1465
Kerékpárutak	215,6	235,361
Kerékpársávok	-	5,1

1. táblázat

Országos közutak és a kerékpáros létesítmények hossza (km)

Komoly hagyományai vannak mindkét megyében a kerékpározásnak, melyet jól szemléltet a 2. táblázat a kerékpáros balesetek nagyságával, arányával az összes balesethez képest. **Békés megyében a balesetek 43,3 százaléka,** Bács-Kiskun megyében a **22,8 százaléka** kerékpáros baleset, a megsérültek arányát vizsgálva is hasonló a kép. A 2. táblázat mutatja a különbséget a KSH adatok és a rendőrségi kisjelentések között is, az utolsó oszlop tartalmazza az átvizsgált kisjelentések alapján a tényleges kerékpáros balesetek számát, arányát.

Évek (2010-2011)	Összes baleset, db WIN-BAL	Kerékpáros baleset, db WIN-BAL	Kerékpáros baleset, db (%) rendőrségi kisjelentés
Bács-Kiskun megye	1711	390	386 (22,6%)
Békés megye	1172	508	507 (43,3%)

2. táblázat

Kerékpáros balesetek száma, aránya az összes személysérüléssel balesethez viszonyítva (2010-2011)

(08.19) Handbook, Caddy x Limited Instructor, main
 (44) 47 4237 don't, c/actor
50 M₁
ac'ty to it. " S^h
 4/16. [44] → →
 color to be done

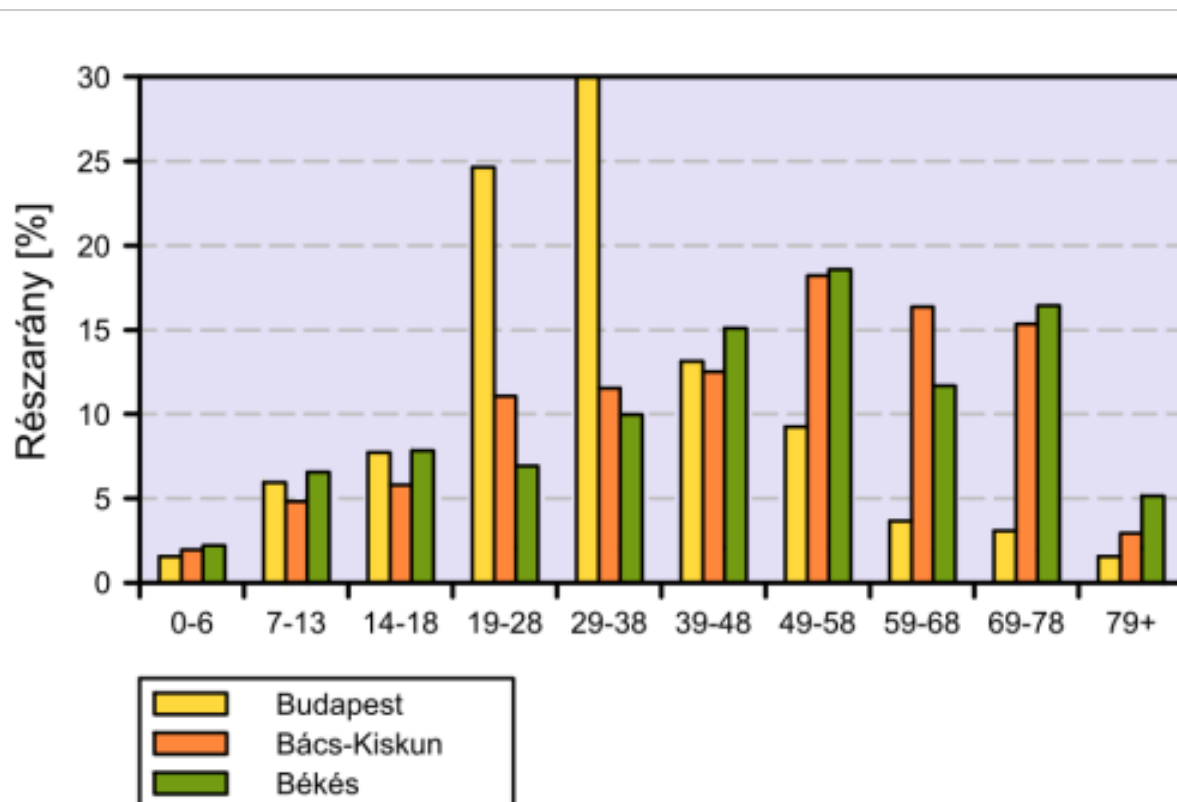
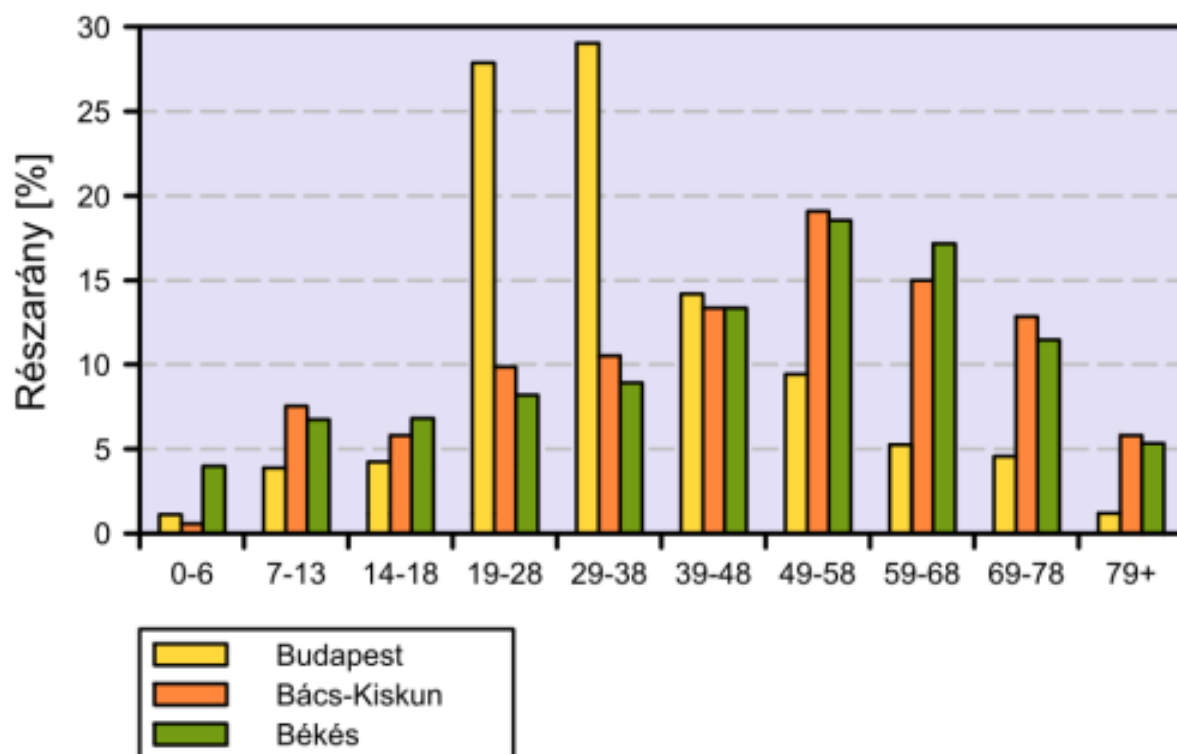
Vázlatrajz egy belterületi kerékpáros balesetről

3.1. Közlekedésben való részvételi arányuk és baleseti kockázatuk

Közlekedésben való részvételi arányukhoz képest (26%) tehát Békés megyében közel duplája a balesetekben való részvételi arányuk (43%). Kecskeméten is készült háztartásfelvétel telefonos kikérdezéssel 2008-ban a Közlekedésfejlesztési koncepcióhoz, a modal spliten belül **12,3 százalékos** a kerékpárosok aránya, de igen jelentős igény mutatkozott kerékpározásra. [9] A balesetekben való részvételi arányuk **22 százalékos**.

3.2. Kerékpáros balesetekben megsérültek kor szerinti megoszlása

A kerékpárosok kor szerinti megoszlásánál a két Alföldi megyét és a Fővárost együttesen ábrázoltuk annak szemléltetésére, hogy vidéken az idősebb korosztály szenved balesetet, míg Budapesten a fiatalabbak (2. ábra), a fiatal középkorúak. Ez azt igazolja, hogy más-más céllal használják a kerékpárt a Fővárosban és vidéken.



2. ábra

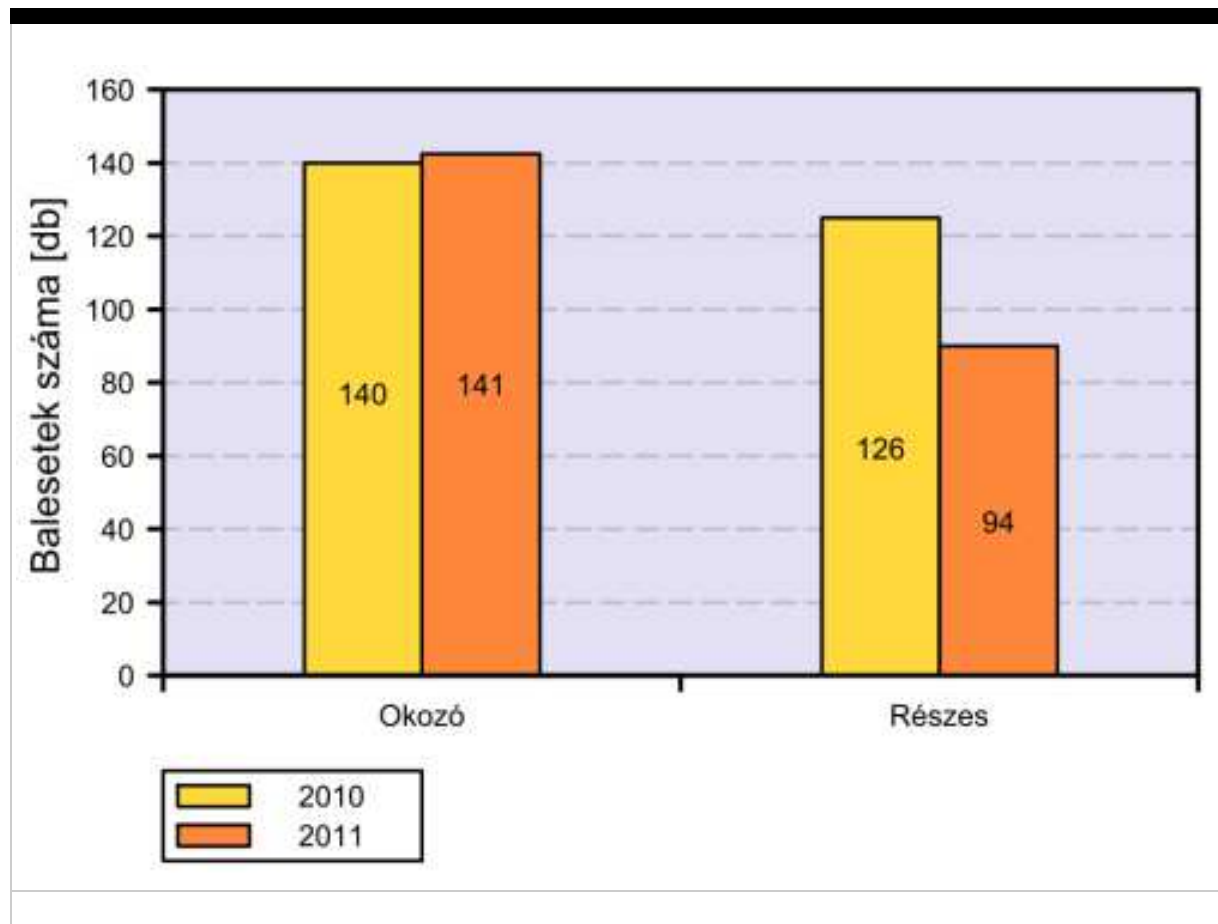
Kerékpáros balesetekben megsérültek kor szerinti megoszlása, 2010-2011 (Budapest, Bács-Kiskun és Békés megye)

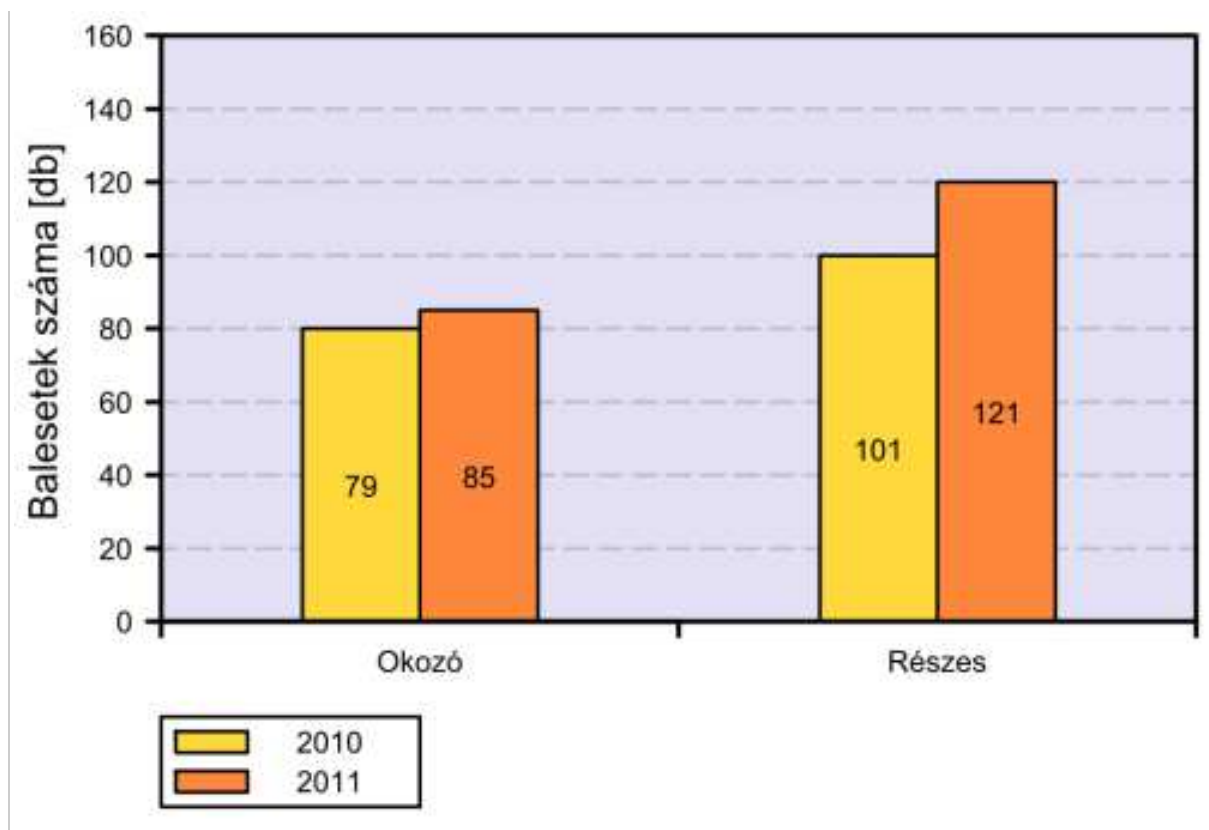
Észak-Karolina államban- USA- végzett kerékpáros baleseti elemzések - alapjául az 1997 és 2002 közötti rendőrségi baleseti adatok szolgáltak - eredményei azt mutatják, hogy **több tényező** esetén, **több mint kétszeres a valószínűsége**, hogy egy kerékpáros halálos sérülést szenved egy balesetben, ha minden más körülmény állandó. Ezek a tényezők nevezetesen: a zord időjárás, sötét napszak közvilágítás nélkül, reggeli csúcsforgalmi időszak (06:00-09:59), a frontális ütközés, sebességtúllépés, 48,3 km/h (30 mph) feletti sebesség, teherautó részvétele, ittas vezető, kerékpáros 55 éves vagy idősebb, és ittas kerékpáros. A **legnagyobb hatással** a jármű sebessége van a kerékpáros balesetek kimenetelére. Becslések alapján nagyobb, mint 80,5 km/h (50 mph) sebességnél a halálos sérülés valószínűsége jelentősen nő, 16-szorosára, a

30 km/órás sebességhez képest. A sebességszint küszöb 32,2 km/h (20 mph), amely alátámasztja a leggyakrabban használt 30 km/h sebességkorlátozás szükségességét lakóterületeken. Az eredmények arra is utalnak, hogy a kerékpáros hibája szorosabb összefüggést mutat a sérülések súlyosságával, mint a vezető hibája [13].

4. Kerékpáros balesetekben a kerékpárosok szerepe: okozók vagy részesek

A rendőrségi és statisztikai nyilvántartás egyik sarkalatos pontja: **KI A HIBÁS? kérdés-feltevés.** A helyszínre érkező rendőr a rendelkezésére álló adatok alapján meghatározza, hogy ki volt az okozó. A 3. *ábra* mutatja, hogyan alakul a vizsgált 2 évben az okozó-részes arány a kerékpáros balesetekben a **rendőrségi kisjelentések alapján.**





3. ábra

Kerékpáros balesetek megoszlása okozó-részes bontásban, Bács-Kiskun és Békés megye, 2010-2011

A két alföldi megye közötti eltérés, hogy míg **Békés megyében** a kerékpáros baleseteknél többségében a **kerékpárosok az okozók**, addig **Bács-Kiskun megyében** többségében **nem a kerékpárosok az okozók**. Ez összefüggésben lehet mind a kerékpáros forgalom arányaival, mind a szabályozással, mind a kerékpáros létesítmények meglétével és kialakításával.

A kerékpáros balesetek megoszlását útkereszteződésben és folyópályán Békés megyében a 3. táblázat mutatja.

OKOZÓ				
2010	Állat, gyalogos	Kerékpáros	Gépjármű	Összesen
Csomópont_Békés	1	66 (2 vasúti átjáróban)	83	150
Folyópálya_Békés	6	74	43	123
Összesen		140	126	273
2011				
Csomópont_Békés		52	59	111
Folyópálya_Békés		89	35	124
Összesen		141	94	235

3. táblázat

Kerékpáros balesetek megoszlása okozó-részes bontásban a baleset helye szerint, Békés megye, 2010-2011

Vasúti átjáróban csupán 2 baleset történt a vizsgált időszakban Békés megyében (4. ábra). A későbbi részletes vizsgálataink az állat illetve gyalogos által okozott és a vasúti átjáróban történt baleseteket nem tartalmazzák, így például 2010-ben Békés megyében 147 csomóponti balesetet tartalmaz a vizsgálat a 3. táblázatban szereplő 150 helyett. A folyópályás baleseteknél is hasonlóan jártunk el.



4. ábra

Békés megyei a kerékpárforgalom nagyságát is jellemző „életkép” vasúti átjárónál

A kerékpáros balesetek megoszlása útkereszteződésben és folyópályán Bács-Kiskun megyében a 4. táblázatban látható.

	OKOZÓ			
2010	Állat, gyalogos	Kerékpáros	Gépjármű	Összesen
Csomópont_Bács		38	65	103
Folyópálya_Bács		41	36	77
Összesen		78	103	180
2011				
Csomópont_Bács		40	73	113
Folyópálya_Bács		45	48	93
Összesen		85	121	206

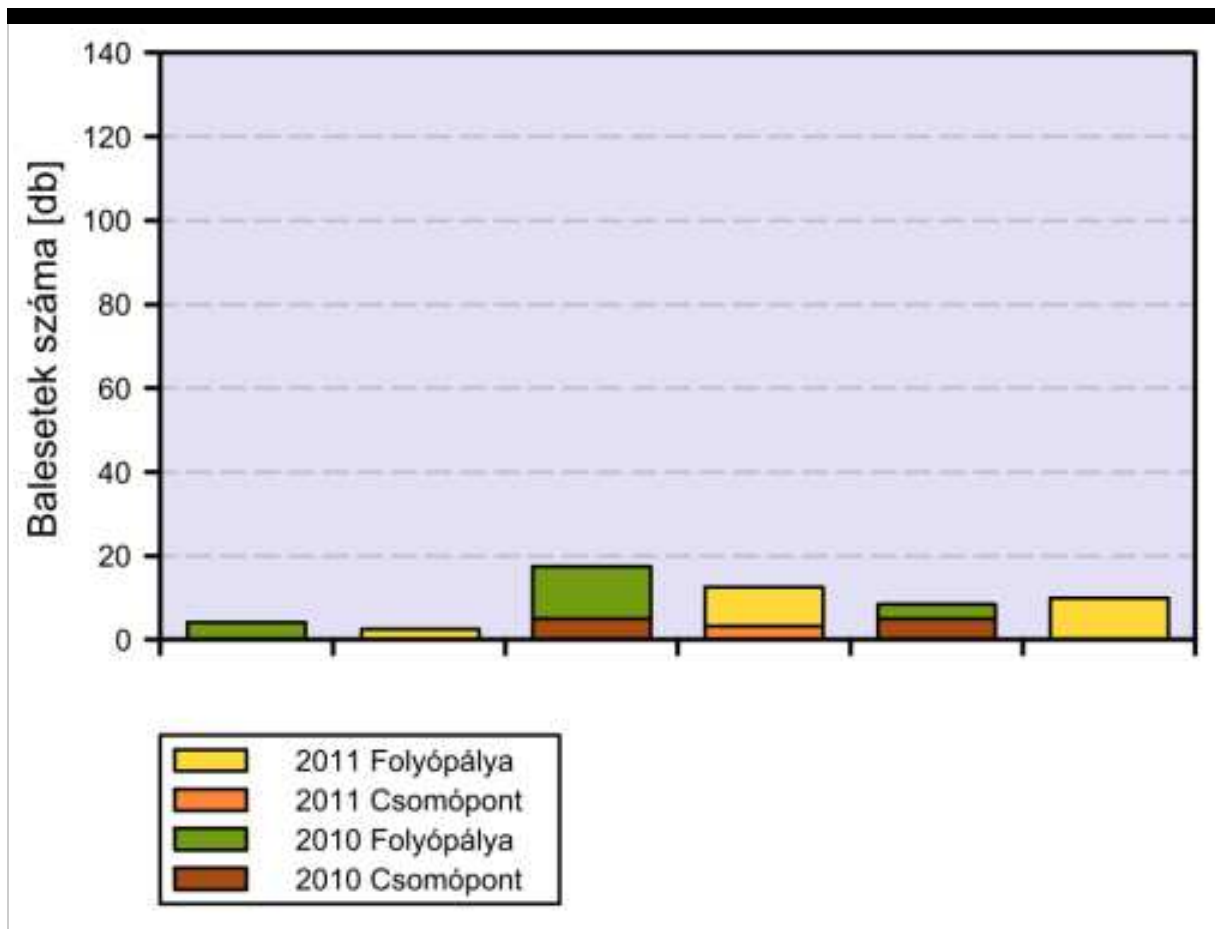
4. táblázat

Kerékpáros balesetek megoszlása okozó-részes bontásban a baleset helye szerint, Bács-Kiskun megye, 2010-2011

5. Kerékpáros balesetek bekövetkezésének helye

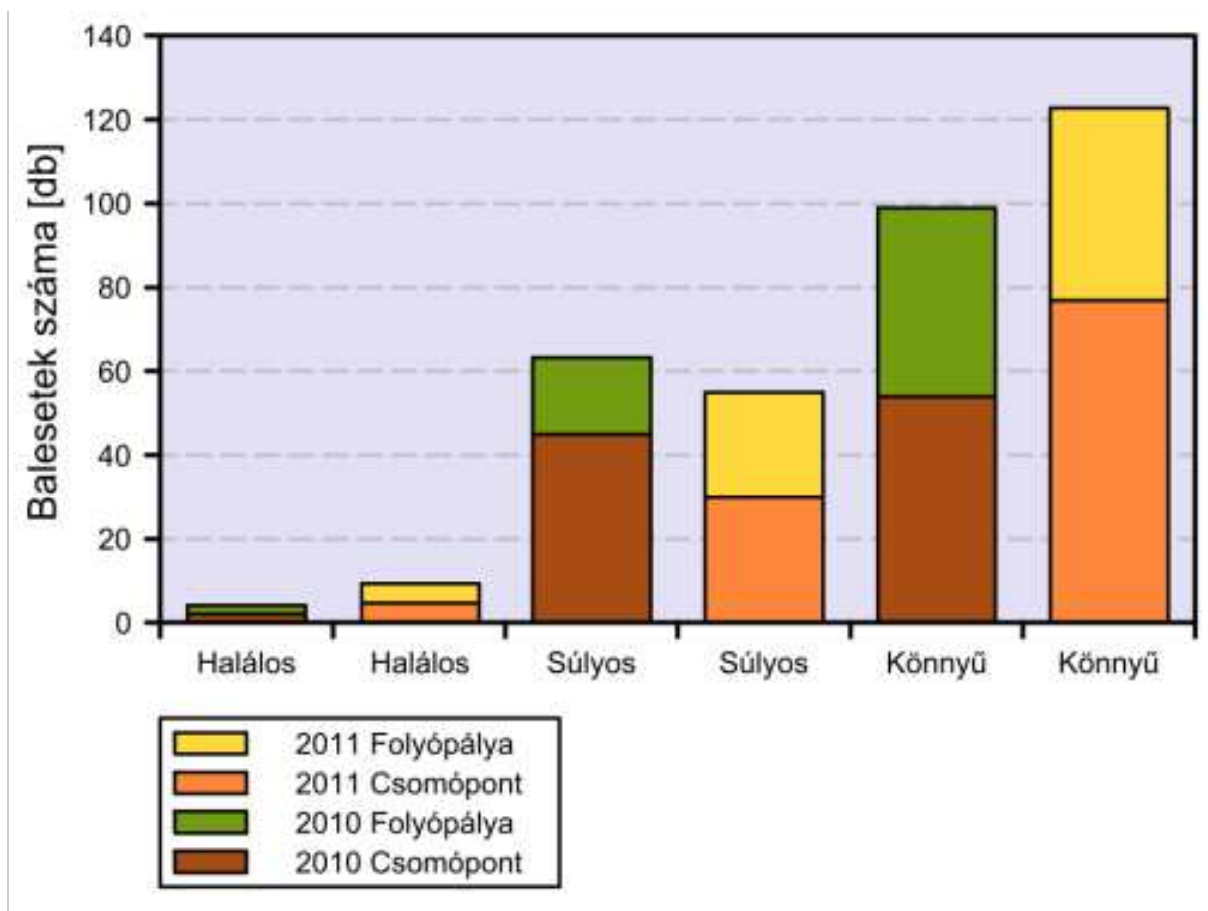
A baleset bekövetkezésének helye szerint az egyik fontos alapadat, hogy lakott területen vagy azon kívül történt a baleset és összefüggésben van-e a baleset kimenetele ezzel. Bács-Kiskun megyében a kerékpáros balesetek megoszlását az 5. ábra mutatja lakott területen kívül és a 6. ábra lakott területen. Ez a két ábra még a KSH állományából készült a 30 napos adatok és az abban szereplő útalakzat alapján. A rendőrségi kisjelentések

alapján mi korrigáltuk, 4 baleset nem kerékpáros volt. Útkereszteződésben a KSH szerinti - az út alakzata-
222 helyett nekünk 216 balesetünk van.



5. ábra

*Kerékpáros balesetek megoszlása lakott területen kívül Bács-Kiskun megyében, feltüntetve a balesetek kimenetelét is, 2010-
2011*



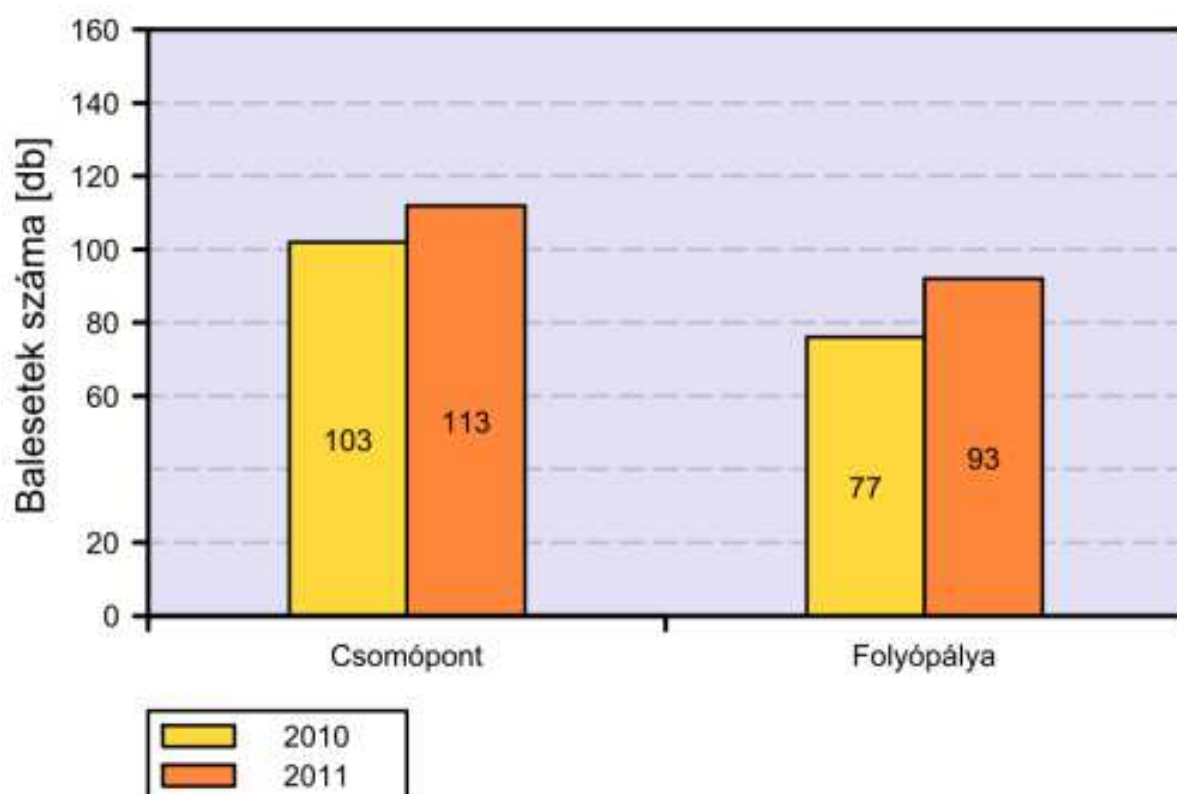
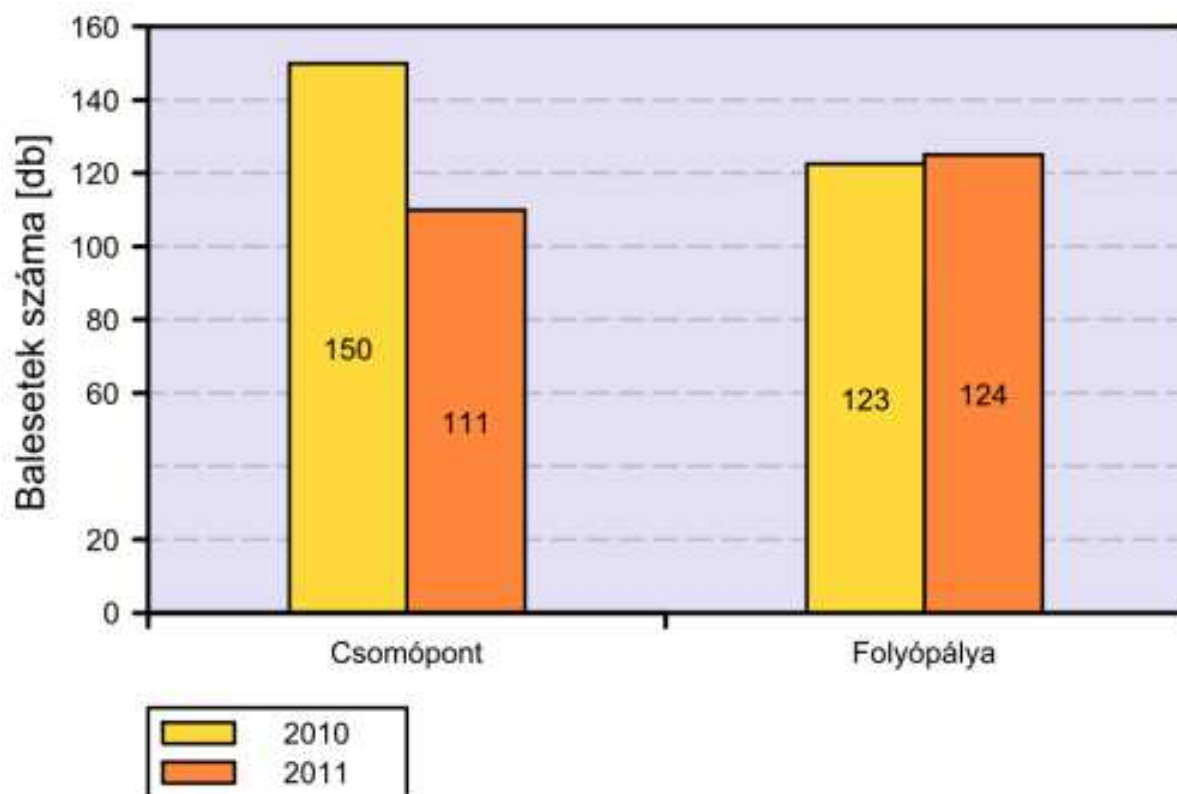
6. ábra

Kerékpáros balesetek megoszlása lakott területen Bács-Kiskun megyében, feltüntetve a balesetek kimenetelét is, 2010-2011

A **kerékpáros balesetek 85-90 százaléka lakott területen történik** mindkét megyében. Lakott területen kívül a kimenetel, a súlyosság a sebességszintek miatt kedvezőtlenebb, ott többségében folyópályán történnek a balesetek (*5. ábra*). Az útkereszteződések balesetei dominálnak lakott területen belül (*6. ábra*). A már hivatkozott amerikai kutatás kiemelte, hogy a kerékpáros balesetek kimenetelére a legjelentősebb hatással a gépjárművek sebessége van, amennyiben 80,5 km/óra feletti az érték, akkor jelentősen megnő a halálos kimenetel valószínűsége.

A továbbiakban már csak a kisjelentések vizsgálati eredményei alapján készítjük a diagramokat, elemzéseket.

A vizsgált két éves időszak kerékpáros baleseteinek megoszlása a baleset tényleges helye szerint a *7. ábrán* látható Békés és Bács-Kiskun megyékben.



7. ábra

Kerékpáros balesetek megoszlása a baleset helye szerint, 2010-2011

Érdekes, hogy Békés megyében 2010-ben még egyértelműen útkereszteződésekben történtek a kerékpáros balesetek többségében, 2011-ben már több kerékpáros baleset történt folyópályán, mint útkereszteződésben. Ez mindenképpen figyelemfelhívó adat. Bács-Kiskun megyében mindkét vizsgált évben magasabb a csomóponti kerékpáros balesetek száma, aránya.

Útkereszteződések típusa szerinti bontásban az 5. és 6. táblázatok mutatják, hogy mindkét megyében a 4 ágú keresztezésekben történik a legtöbb kerékpáros baleset, ezt követik a 3 ágú csomópontok, majd a

körforgalmak. Ezek hasonló eredmények, mint amit a különböző csomóponti kialakítások fajlagos baleseti mutatóinál tapasztalunk, legmagasabb a kereszteződésé, ezt követi a 3 ágú csomópont, míg legkedvezőbb a körforgalmak mutatója.

	Csomópont típusa			
	T vagy Y-csomópont(3 ágú)	Keresztezés(4 ágú)	Körforgalom	Összesen
2010_Békés	25	73		98
2010_Békés_van létesítmény	17	31	1	49
Összesen	42	104	1	147
2011_Békés	29	46		75
2011_Békés_van létesítmény	24	10	2	36
Összesen	53	56	2	111

5. táblázat

Kerékpáros balesetek megoszlása útkereszteződésekben, annak típusa szerint, attól függően, hogy van kerékpáros létesítmény vagy nincs, Békés megye, 2010-2011

	Csomópont típusa			
	T vagy Y-csomópont (3 ágú)	Keresztezés (4 ágú)	Körforgalom	Összesen
2010_Bács-Kiskun	36	41	1	78
2010_Bács-Kiskun, van létesítmény	13	11	1	25
Összesen	49	52	2	103
2011_Bács-Kiskun	26	58	1	85
2011_Bács-Kiskun, van létesítmény	18	7	3	28
Összesen	44	65	4	113

6. táblázat

Kerékpáros balesetek megoszlása útkereszteződésekben, annak típusa szerint, attól függően, hogy van kerékpáros létesítmény vagy nincs, Bács-Kiskun megye, 2010-2011

Békés megyében a kerékpáros balesetek közel harmada olyan útkereszteződésben történik, ahol van kerékpáros létesítmény, Bács-Kiskun megyében ez az arány kisebb.

5.1. Békés és Bács-Kiskun megyékben útkereszteződésben (2010-2011)

A két alföldi megyére összesítő elemzést készítettünk 2010-2011-re útkereszteződésekre, hogy lássuk milyen hatással vannak a különféle kerékpáros létesítmények a személysérülékes balesetek alakulására. Az együttes elemzés nagyon jól mutatja az azonosságokat és az eltéréseket is. A 7. táblázat a 3 ágú csomópontokban mutatja 2010-ben a kerékpáros balesetek számát a két megyében. Az első számérték mindig Békés megyéhez, a zárójeles pedig Bács-Kiskun megyéhez tartozik.

Amikor nincs önálló kerékpáros létesítmény, akkor **azonos arányban hibáznak a gépjárművezetők és a**

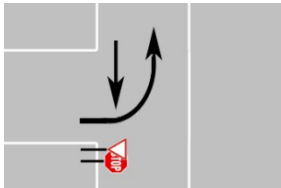
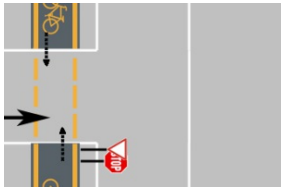
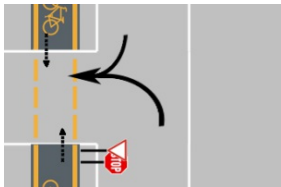
kerékpárosok a 3 ágú csomópontokban. A 3 ágú csomópont típusrajzán feltüntettük a leggyakoribb baleseti típust.

Amikor van létesítmény, nevezetesen **egyoldali kétirányú kerékpárút**, akkor mind az alárendelt, mind a főlérendelt irányból érkezően a gépjárművezetők hibájából következik be a baleset. Az alárendelt irányból érkezők nem adnak elsőbbséget a kerékpárúton haladóknak. A **jobbról, tehát a „nem természetes” irányból** érkező kerékpárosokat ütik el az esetek közel 80 százalékában mindkét megyében.

Megvizsgáltuk a négyágú keresztezéseknél hogyan változik a helyzet, megkülönböztetve, hogy az okozó az alárendelt vagy a főlérendelt irányból érkezik. A 8. táblázat mutatja azt, amikor nincs kerékpáros létesítmény, láthatóan eltérés van az alá-főlérendeltségi viszonyoktól függően, de már a megyék sem mutatnak azonos képet. Míg **Békés megyében** a 3 ágú csomópontokhoz hasonló a helyzet, **közel azonosan hibázik a gépjárművezető és a kerékpáros**, addig **Bács-Kiskun megyében** igen erősen eltolódik a **gépjárművezetők irányába a hibázási gyakoriság**, amikor az okozó az alárendelt irányból érkezik. (Ez bizonyosan egy mélyebb elemzést igényel, hogy észleli-e a gépjárművezető az érkező kerékpárost és milyen méretűek a csomópontok.)

Amikor az okozó a főlérendelt irányból érkezik, akkor pedig mindkét megyében a kerékpáros a „vétkes”, az okozó. A vizsgálataink alapján ennek egyik oka, hogy amikor a főútról balra kanyarodó kerékpárosokat az őket előző járművek ütik el, akkor a kerékpáros a hibás. Másik jelentős terület, amikor a balra kanyarodó kerékpáros nem ad elsőbbséget a szemből egyenesen érkező gépjárműnek. **Ezeket a kérdésköröket a csomóponti előzések tiltásával, a sebességszabályozással és a balra kanyarodó mozgások segítségével lehetne megoldani, hiszen igen eltérő a kerékpárosok és a gépjárművek sebessége.**

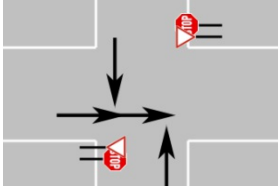
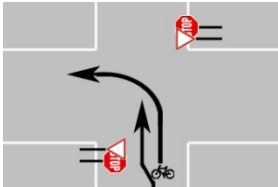
A 8. táblázat mutatja, hogy keresztezéseknél az egyenesen haladók keresztirányú ütközése jellemző. A keresztezéseknél jellemzően az alárendelt ágon érkezők a balról érkező egyenesen haladót, illetve a jobbról érkező egyenesen haladót ütik el. Tipikusan az 501-es baleseti típus a leggyakoribb.

2010 2011	OKOZÓ	
	BÉKÉS (BÁCS-KISKUN)_2010	BÉKÉS (BÁCS-KISKUN)_2011
T vagy Y-csomópont	GÉPJÁRMŰI	KERÉKPÁROS
	12 (20) 13 (15)	13 (16) 16 (11)
2010-2011	25 (35)	29 (27)
	11 (8) 12 (9)	2 (1) 3 (1)
	2 (2)	1(0)

	5 (6)	5(2)
2010-2011	30 (25)	11 (4)

7. táblázat

T-csomópontok esetén a kerékpáros balesetek száma és megoszlása Békés és Bács-kiskun megyében 2010-2011-ben

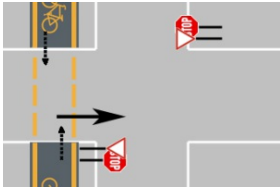
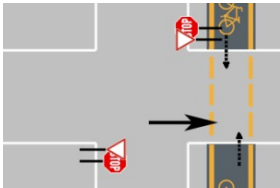
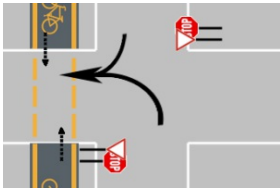
2010 2011	OKOZÓ alárendelt irányból érkezik BÉKÉS (BÁCS-KISKUN)_2010 BÉKÉS (BÁCS-KISKUN)_2011	
Keresztezés	GÉPJÁRMŰI	KERÉKPÁROS
	27 (21) 20 (35)	27 (11) 21 (15)
	4 (1) 2 (4)	15 (8) 3 (4)
2010-2011	53 (61)	66 (38)

8. táblázat

Keresztezések esetén a kerékpáros balesetek száma és megoszlása Békés és Bács-Kiskun megyében 2010-2011-ben – nincs kerékpáros létesítmény

A 9. táblázat szemlélteti azokat a bekövetkezett kerékpáros baleseteket, amikor van egyoldali kétirányú kerékpárút. Keresztezéseknél is a jobbról, a „nem természetes” irányból érkező kerékpárost ütik el többségében. Amikor a kereszteződés túloldalán van az egyoldali kétirányú kerékpárút, akkor már a balról érkező kerékpáros elütés a gyakoribb, de ennek elemszáma csekély. A főirányból kanyarodásnál igen kevés baleset történik szerencsére, így együttesen ábrázoltuk a jobbra kisívbén és balra nagyívbén kanyarodó járművekkel történő ütközéseket a kerékpárúton.

2010 2011	OKOZÓ alárendelt irányból érkezik BÉKÉS (BÁCS-KISKUN)_2010 BÉKÉS (BÁCS-KISKUN)_2011	
Keresztezés egyoldali kétirányú kerékpárúttal	GÉPJÁRMŰI	KERÉKPÁROS

	17 (5) 5 (3)	1 (0) 1 (1)
	3 (4) 2 (0)	4 (1) 2 (2)
2010-2011	27 (12)	8 (4)
	6 (1) 0 (0)	0 (0) 0 (1)
2010-2011	6 (1)	0 (1)

9. táblázat

Keresztezések esetén a kerékpáros balesetek száma és megoszlása Békés és Bács-Kiskun megyében 2010-2011-ben – van kerékpáros létesítmény

5.2. Békés és Bács-Kiskun megyékben folyópályán (2010-2011)

5.2.1. Gépjárművek által okozott balesetek

A folyópályán történő baleseteket, - amelyek aránya 2011-ben Békés megyében már jelentősebb, mint a csomóponti balesetek- ugyanazzal a szemléletmóddal vizsgáltuk, mint a csomóponti baleseteket. Igyekeztünk típus-csoportokat képezni, hogy lássuk jellemzően milyen balesetek fordulnak elő illetve van-e eltérés a két megye között. A 10. táblázatban foglaltuk össze a folyópályán bekövetkező jellemző kerékpáros baleseteket évente a két megyében külön bontva, amikor a gépjárművezető az okozó.

Okozó gépjármű	Békés 2010 db (%)	Békés 2011 db (%)	Bács-Kiskun 2010 db (%)	Bács-Kiskun 2011 db (%)
Magános	-	-	1	-
Utoléréses, kikerülés	11 (25,3%)	7	17 (47,2%)	23 (48,0%)
Ajtórányítás	9 (20,9%)	9 (25,7%)	4	7
Frontális ütközés	3	3	3	7
Indulás	7	6		
Tolatás, visszafordulás	10 (23,2%)	6	6	5
Balra kanyarodó	2	3	-	1

Jobbhorog	-	1	-	1
Kerékpáros átvezetésen haladó	-	-	4	1 (szgk!)
Gyalogátkelőhelyen áthajtó	1		1	1
Gyalogos elütés	-		-	2
Összesen	43	35	36	48

10. táblázat

Folyópályán bekövetkező jellemző kerékpáros balesetek száma, megoszlása Békés és Bács-Kiskun megyében 2010-2011-ben, okozó gépjárművezető

A folyópályán történő balesetek esetén három jelentős csoport különböztethető meg a gépjárművezetők hibájából bekövetkező baleseteknél:

- utoléréses, hátulról elütéses, elsodrásos balesetek, melyek Bács-Kiskun megyében egyértelműen dominálnak,
- tolató, visszaforduló gépjárművek által okozott balesetek,
- ajtórányítás problematikája (700-as típuscsoport).

Mindkét megyében ezek a balesetek gyakoriak, de az azonos irányba haladó járművek ütközéses balesetei között eltérés van a két megye között. Bács-Kiskun megyében egyenes úton, egyenesen az azonos irányba haladó kerékpárossal ütközés dominál (hátulról elütik a kerékpárost, 105,106-os típus), Békés megyében pedig előzés, kikerülés közben ütik el, feltehetően elsodorják az azonos irányba haladó kerékpárost (101-es típus). Bács-Kiskun megye gépjármű-dominánsabb, mint Békés megye, ahol jelentősebb a kerékpárosok aránya a forgalomban.

5.2.2. Kerékpárosok által okozott balesetek

A 11. táblázatban foglaltuk össze, hogyan oszlanak meg a kerékpárosok által okozott balesetek. A folyópályán történő balesetek esetén a két megye között eltéréseket tapasztaltunk. Bács-Kiskun megyében a két legjelentősebb csoport a kerékpárosok hibájából bekövetkező baleseteknél:

- magános, egyjárműves kerékpáros balesetek,

az úttest jobb széléről balra kanyarodó kerékpárosok balesetei.

Okozó kerékpáros	Békés 2010 db (%)	Békés 2011 db (%)	Bács-Kiskun 2010 db (%)	Bács-Kiskun 2011 db (%)
Magános	30 (40,5%)	35 (39,3%)	5	17 (37,8%)
Utolérés, kikerülés	4	3	6	2
Előzés	2	7	1	
Álló járműnek ütközés	5	1	1	3
Frontális ütközés	10 (13,5%)	13 (14,6%)	2	1
Indulás	11 (14,8%)	3	4	5
Utat keresztező			5	2
Balra kanyarodó az út jobb oldaláról	8	11 (12,35%)	8 (19,5%)	7 (15,5%)
Balra kanyarodó a szemből			4	2

érkezővel				
Kerékpáros átvezetésen haladó		-		
Gyalogátkelőhelyen áthajtó	1	6	3	2
Gyalogos elütés	3	9	2	3
Vasúti átkelőn				1
Összesen	74	89	41	45

11. táblázat

Folyópályán bekövetkező jellemző kerékpáros balesetek száma, megoszlása Békés és Bács-Kiskun megyében 2010-2011-ben, okozó kerékpáros

Békés megyében már sokkal árnyaltabb a kép, számos frontális ütközéses baleset és az elindulásoknál bekövetkező baleset jelenik meg. Érdekes színfoltja a kerékpárosok által okozott baleseteknek a kerékpárúton bekövetkező magános balesetek és a kerékpáros-kerékpáros balesetek. Ez utóbbiaknál jelenik meg a szembe haladó (előző) kerékpárosok ütközése másik kerékpárossal, tehát a frontális ütközés leggyakrabban kerékpárúton vagy gyalog és kerékpárúton. A gyalogos-elütések alapvetően a közös gyalogos-kerékpáros létesítmények miatt fordulnak, fordulhatnak elő. Megjelennek Békés megyében okozóként a kuttyák és a gyalogosok is.

5.3. Fajlagos baleseti mutatók Békés és Bács-Kiskun megyében

Országos közutak hossza Bács megyében 2182,9 km, Békés megyében 1464 km. Az országos közutak melletti kerékpárutak hossza a megyékben a 2. táblázatban látható.

Fontos lenne ismerni a forgalomnagyságok alakulását, de sajnos a kerékpáros forgalomra vonatkozóan nincsenek adataink, amikor van kerékpárút, gyalog- és kerékpárút. Így a kerékpáros balesetek elemzésénél NEM volt lehetőségünk forgalomnagyságra vetíteni a személysérüléses baleseti adatokat, mutatót képezni, ami megbízhatóbb képet adna a biztonságukról. A rendelkezésre álló adatok alapján a két megyében a kerékpáros létesítmények hosszára vonatkozó közelítő adatokkal rendelkezünk, így a létesítmények hosszára vetített fajlagos mutatót tudunk képezni és összehasonlításokat tenni.

Amennyiben nagyon leegyszerűsítve nézzük a valóságot és eltekintünk az önkormányzati utakon lévő kerékpáros létesítményektől - ami durva egyszerűsítés-, akkor a Bács-Kiskun megyei kerékpáros létesítmények hosszára vonatkozó adatok alapján az „elvárásunk” az lenne, hogy a kerékpáros balesetek 10 százaléka történik olyan helyszínen, ahol van létesítmény. Ezzel szemben a 2010-2011-es baleseti adatok azt mutatják, hogy **a csomóponti balesetek 25 százaléka történt ilyen helyszíneken, ahol egyoldali kétirányú kerékpárút volt.** Békés megyében lényegesen magasabb az országos közúthálózat hosszához viszonyítva a kerékpárutak aránya, 16 százalék. A baleseti adatok azt mutatják, hogy a csomóponti balesetek 33 százaléka történt olyan helyszínen, ahol egyoldali kétirányú kerékpárút volt.

6. Összefoglalás

A kerékpáros balesetek két megyére, két évre kiterjedő részletes elemzése számos meglepő eredményt hozott. A biztonság egyik kulcsa az infrastruktúra célszerű kiépítése, a másik az elsőbbségi szabályozás kérdése. A hangsúlyt a vizsgálatainknál a kerékpáros létesítmények, kerékpárutak (zömében az egyoldali kétirányú kerékpárutak) megépítésének kerékpáros balesetekre gyakorolt hatására helyeztük.

Gépjárművekkel közös közlekedésük jellegzetes problémái

A **csomóponti** baleseteknél, ahol nincs kerékpáros létesítmény ott 3 ágú csomópontoknál a felelősség fele-fele arányban oszlik meg a gépjárművezetők és a kerékpárosok között Békés megyében és Bács-Kiskun megyében is. Gépjárműként, kerékpárosként a balról a fölérendelt úton érkező, elsőbbséggel rendelkezőnek nem adják

meg az elsőbbséget (7. táblázat). Mindkét megyében azonos arányban hibáznak és okoznak balesetet a kerékpárosok és a gépjárművezetők, nincs szignifikáns eltérés a két közlekedői csoport között.

A keresztezéseknél már eltérés van a két megye között a jellegzetes baleseti típusoknál és az okozóknál is. Keresztezéseknél megkülönböztettük a baleseteket, attól függően, hogy alárendelt vagy fölérendelt irányból érkezik-e az okozó.

A Bács-Kiskun megyei keresztezéseknél történő kerékpáros baleseteknél már a gépjárművezetők hibájából következik be a balesetek többsége. Békés megyében hasonló a helyzet, mint a 3 ágú csomópontoknál, közel azonos arányban hibáznak a gépjárművezetők és a kerékpárosok. Mindez az alárendelt irányból érkező esetekben igaz. Amikor az okozó a fölérendelt irányból érkezik egyértelműen a kerékpáros okozók vannak többségben mindkét megyében. Körforgalmakban a két megyében összesen 9 kerékpáros baleset történt, ebből 7 esetben volt létesítmény.

Vannak a köztudatban olyan erősen hangoztatott vélemények, amelyeket „nem igazoltak” az elemzéseink. Az egyik az ún. **„jobbhorog” kérdése**, amire a kerékpáros szervezetek nagyon helyesen hangsúlyosan felhívják a figyelmet. Jobbhorognak nevezi a szak-zsargon, amikor a jobbra kanyarodó gépjármű holterébe kerül az egyenesen továbbhaladni szándékozó kerékpáros és így ütik el. Összesen 3 ilyen balesetet találtunk, azonban „balhorgot”, amikor a balra kanyarodó kerékpárost előzés közben ütik el csomópontban - és folyópályán - lényegesen többet. Feltételezzük, hogy a fokozott figyelemfelhívás a jobbhorog veszélyére eredményt hozott és minden közlekedői csoport jobban figyel erre a típusú **balesetveszélyes szituációra**. Az úttest jobb oldaláról balra kanyarodó kerékpárosok elütése már sokkal összetettebb kérdésnek tűnik. Amikor az okozó a fölérendelt irányból érkezik, akkor jellegzetesen a balra kanyarodó kerékpárost üti el az őt előző gépjármű, illetve a kerékpáros nem ad elsőbbséget a szemből érkező gépjárműnek. **Ennél a két problémakörnél a sebességszintek jelentőséget kapnak, fontos lenne azokat is mérni, vizsgálni.**

Megjelennek a gyalogátkelőhelyen áthajtók balesetei is, de ahhoz képest, hogy ez teljesen elfogadott és általános „jelenség” igen csekély az arányuk. Célszerű lenne hazánkban is bevezetni a „Kerékpáros átkelőhely” jelzőtáblát, hogy a gyalogos átkelőhelyekkel párhuzamosan felfestett kerékpáros átvezetéseken a kerékpárosok elsőbbségi helyzetben biztonságosan át tudjanak haladni. A 8. ábra mutatja a hazai általános gyakorlatot, a 9. ábra ennek „legalizálását” Ausztriában a „Kerékpáros átkelőhely” táblával és átvezetéssel. Megfontolásra javasoljuk, hogy amikor elsőbbsége van a kerékpárosnak, akkor az átvezetés jelölése, burkolati jele térjen el attól, amikor nincs elsőbbsége. Ausztriában fehér az elsőbbséggel rendelkező átvezetés burkolati jelének színe –hasonlóan a gyalogátkelőhelyhez-, a kerékpársáv pedig piros burkolatot kapott.



8. ábra

Körforgalom gyalogátkelőhelyén együttesen áthaladó gyalgos és kerékpáros



9. ábra

Kerékpáros átvezetés Ausztriában, ahol a kerékpárosnak elsőbbsége van

Egyoldali kétirányú kerékpárutak kiépítésének hatása a biztonságra

A különböző kerékpáros létesítmények biztonsági szintjéről kapott részleges, két megyére kiterjedő elemzés alapján egyértelműen látszik lakott területen belül az **egyoldali kétirányú kerékpárutak veszélyessége**, a hiányzó alapadatok (kerékpárforgalmi adatok 2010-2011-re) miatti fajlagos mutatók számítása nélkül is. Csupán a létesítmények hosszát nézve is magas a kerékpáros elütések száma, aránya a csomópontokban. Ennél a létesítménytípusnál egyértelműen a gépjárművezetők az okozók, az ő képzésükre, tájékoztatásukra célszerű hangsúlyt helyezni, megismertetni velük a helyes magatartási szabályokat illetve beépíteni a tudatukba, hogy mindkét irányból számítaniuk kell kerékpáros érkezésére.

Az eredmények arra is felhívják a figyelmet, hogy bizonyos létesítménytípusok (pl. kerékpársáv) alkalmazását gyakoribbá kellene tenni. Békés megyében egyetlen kerékpársávon történt balesetet találtunk, igaz csupán 5,1 kilométer a kerékpársávok hossza. Az alábbi 10. ábra Pest megyében készült (Alsónémedi) és látható, hogy homokos, szennyezett a kerékpársáv felülete. Az üzemeltetési problémák megoldása segíthetné ennek a létesítmény-típusnak a hazai elterjesztését lakott területen belül.



10. ábra

Szennyezett felületű kerékpársáv kijelölve, kitáblázva

A növekvő számú kerékpáros-gyalogos baleset rávilágít a gyalogosokkal közös terek biztonsági kockázataira is.

Amikor van kerékpáros létesítmény, akkor 85-90 %-ban a gépjárművezetők hibájából következik be a baleset, amikor az okozó az alárendelt irányból érkezik. Az egyoldali kétirányú kerékpárúton jobbról a nem természetes irányból- érkező kerékpárost ütik el elsődlegesen.

Bács-Kiskun megyében csak közös gyalog-kerékpárutak és önálló kerékpárutak vannak, Békés megyében kerékpárutak, gyalog- és kerékpárutak, és kerékpársávok is találhatók. Igazolható az elválasztott egyoldali kétirányú gyalog- és kerékpárutak, önálló kerékpárutak veszélyessége, ahol az alárendelt irányból érkező gépjárművezetők ütik el a kerékpárosokat, akik a „védettség” illúziójában érkeznek a keresztező úthoz (lásd 11.

ábra).



11. ábra

Egyoldali kétirányú kerékpárút átvezetése Baján

Kisebb forgalmú, egyirányú utcákban nagyon ötletes az 12. ábrán látható egyoldali kétirányú kerékpársáv, ahol a gépjárművekhez „közelebb” oldalon azokkal azonos irányba halad a kerékpáros!



12. ábra

Egyoldali kétirányú kerékpársáv Ausztriában – fontosak az irányok

Minden újszerű, kezdetben szokatlan létesítmény használatát tanítani kell a közlekedőknek. Az 13. ábra a nyitott kerékpársávra mutat példát.



Fontosnak ítéljük a kerékpáros létesítmények megléte esetén új baleseti típusok megjelenését illetve a jellemző kerékpáros balesetekhez (pl. ajtórányítás) azonos kódszám rendelését, hogy az országban egységes legyen a nyilvántartás. Ennek kapcsán célszerű a KSH típus-kódlapjainak újrarájzolása, újragondolása, ami nagymértékben megkönnyítené a közlekedésbiztonsági elemző munkát a jövőben.

A **folyópályás** balesetek eltérő képet mutatnak a két megyében. Bács-Kiskun megyében a gépjárművek által okozott kerékpáros balesetek közel 50 százaléka utoléréses, hátulról elütéses baleset, második leggyakoribb az út jobb széléről balra kanyarodó kerékpárosok elütése. Békés megyében pedig tolatással, visszafordulással kapcsolatos és az utoléréses balesetek azonos arányban vannak jelen. A 11. táblázat adatai szemléltetik a megyék közötti eltéréseket. Igen magas arányaiban mindkét megyében az ajtórányításos baleset.

Feltételeztük, hogy az **egyirányú utcában szabálytalanul** szembe haladó kerékpárosok elütési kockázata növekedést fog mutatni. **1-1** ilyen balesetet találtunk Bács-Kiskun és Békés megyékben. Úgy tűnik erről is annyit írt, beszélt a sajtó, hogy a gépjárművezetők félelme óvatosságra is inti őket. (Békés megyében egyirányú utcából is kevés van a városok önkormányzati úthálózatában.)

Amikor a kerékpáros okozókat nézzük a folyópályás baleseteknél, akkor Békés megyében a magános, a frontális ütközéses, illetve az elindulással kapcsolatos balesetek dominálnak. Bács-Kiskun megyében pedig a magános és a balra kanyarodó balesetek.

A gépjárművek és a kerékpárosok által okozott baleseti típusok „átfedései” is mutatják, hogy a balra kanyarodás kérdésével komolyabban kell foglalkozni.

Számos erőfeszítés történik a szakmában mind a hiányzó alapadatok (pl. kerékpárforgalmi) gyűjtésére, mind a különböző kerékpáros létesítmények célszerű alkalmazási területeire vonatkozóan. Mutatószámokkal még pontosabb képet lehetne adni a kerékpárosok biztonságáról, reméljük a kerékpáros forgalom számlálását követően lesz rá lehetőség. Az egyoldali kétirányú kerékpárutak használatát a gépjárművezetők oktatásánál, képzésénél hangsúlyosabbá kell tenni, hogy számítsanak mindkét oldalról érkező kerékpárosra.

A kapott eredmények a célkitűzésnek részben felelnek meg, fajlagos mutatók illetve a kutatás több megyére való kiterjesztése még megbízhatóbb támpontot adhatnának a különféle kerékpáros létesítmények biztonsági szintjéről. **A kerékpáros balesetek aránya a közlekedésben való részvételükhöz képest közel kétszerese, ami alátámasztja a biztonságuk növelésének szükségességét.**

Egy holland jelzőtáblás csomópontokban végzett kerékpáros balesetek vizsgálati eredményeit bemutató cikk [10] javaslatai nagyon jól megfogalmazzák a mi véleményünket is. Nagyon nehéz, számos megfontolást igénylő feladat a célszerű kerékpáros létesítmény kiválasztása, ami mind a kerékpárosok, mind a többi közlekedő biztonságát ténylegesen szolgálja. A **döntéseknek útvonalai szinten kell alapulniuk**, amikor az egyirányú és kétirányú kerékpárutak között kell döntenet, tehát a hálózati szemléletmódot kell tükröznünk. Ugyanez érvényes, amikor a kerékpárutak és a kerékpársávok között kell választani, mivel az utóbbi kerékpáros létesítmény hatással van az útszakaszok baleseteire is.

Irodalomjegyzék

[1] Jankó D., Orosz Gy., Baleseti adatok gyűjtése, In: Koren Cs., A közúti infrastruktúra biztonsága, Győr, Széchenyi István Egyetem, 2012, pp. 227-250, ISBN: 978-963-9819-86-3

[2] Win-Bal 4.5 személysérüléssel baleseti adatokat elemző program,

[3] Központi Statisztikai Hivatal, Közúti balesetek 2011, KSH kiadvány, 2012

[4] Kerékpárforgalmi létesítmények tervezése, Útügyi műszaki előírás, ÚT 2-1.203, e-UT 03.04.11:2010

[5] Makó E., A kerékpárosok biztonsága, In: Koren Cs., Közúti infrastruktúra biztonsága, Győr, Széchenyi István Egyetem, 2012, pp. 196-210, ISBN: 978-963-9819-86-3

[6] Pedalling towards Safety, BIKE PAL Project, ETSC, 2012

[7] Állami Számvevőszék, 13006 Jelentés kerékpárút hálózat fejlesztésére fordított pénzeszközök

felhasználásának ellenőrzéséről (párhuzamos ellenőrzés a Szlovák Számvevőszékekkel), 2013. február

[8] Békéscsaba Közlekedésfejlesztési Koncepciója, 2009,

[9] Kecskemét Közlekedésfejlesztési Koncepciója, 2008, KTI tanulmány

[10] J.P. Schepers, P.A. Kroezeb, W. Sweersb, J.C. Wüsta: Road factors and bicycle–motor vehicle crashes at unsignalized priority intersections, Accident Analysis and Prevention Vol. 43 (2011) pp. 853–861.

[11] Reynolds, et al: The impact of transportation infrastructure on bicycling injuries and crashes: a review of the literature, 2009, BioMed Central Ltd. Canada

[12] Jensen, S. U., Rosenkilde, C., Jensen N., Road safety and perceived risk of cycle facilities in Copenhagen, 2007

[13] Joon-Ki, K., Sungyop, K., Gudmunder, F., Ulfarsson, L., Porello, A.: Bicyclist injury severities in bicycle–motor vehicle accidents, Accident Analysis and Prevention Vol. 41 (2009) pp. 772–776

Adatok

Megjelent itt

5. szám

2015. tavasz



Szerző

Hóz Erzsébet

Okleveles közlekedésmérnök, mérnök-közgazdász, közúti biztonsági auditor, a Közlekedéstudományi Intézet tudományos főmunkatársa.

Kucsara Tibor

Közlekedésépítő mérnök, közúti biztonsági auditor, a Magyar Közút NZRT Békés Megyei Igazgatósága forgalomtechnikai vezető mérnöke.

Szabó Sándor

Okleveles közlekedésmérnök, közútkezelő, közútfejlesztő szakmérnök, közúti biztonsági auditor, a Magyar Közút N.Zrt. Bács-Kiskun megyei Igazgatóság forgalomtechnikai mérnöke.

Témakörök

Kiemelt • Városi közlekedés

Kulcsszavak

Befogadva

2015. május 6.

Abstract

Authors' target has been to provide a detailed analysis of the safety of bicyclists in Hungary especially how bicycle facilities affect the safety. Accidents with personal injuries involving bicyclists in 2010-2011 in two counties at the Great Plain namely Bács-Kiskun and Békés have been analysed using the same methodology by studying police reports. This way the exact location and circumstances of accidents, arrival and leaving directions of participants in the accidents as well as the control of right-of-way that is extremely important from the point of safety have been analysed in detail.

Hozzászólás

* Név	
* Email	
Honlap	
Hozzászólás	
Hozzászólás elküldése	

[Bejegyzések](#)

[Galéria](#)

[Impresszum](#)

[Interjúk](#)

[Könyvajánló](#)

[Nemzetközi szemle](#)

[Témakörök](#)



Az aszfaltok téli hidegviselkedését befolyásoló anyagtulajdonságok laboratóriumi vizsgálatai

Szerző(k) **dr. Török Kálmán és dr. Pallós Imre**

Kivonat

Hazánkban az aszfaltkeverékek tervezési, gyártási, beépítési minősítési rendszeréből az utóbbi öt évben teljesen kimaradt az aszfalt hideg állapotában mutatott tulajdonságainak ellenőrzése, vizsgálata. Mára az aszfaltburkolatok nyári plasztikus deformációs károsodását gyakorlatilag sikerült jelentősen mérsékelni, megszüntetni, de ezek a technológiai megoldások a viszkoelasztikus aszfaltok hidegoldali viselkedését kontrolálatlanul rossz irányba terelték. A BME Útépítési Laboratóriumban már az 1980-as évek közepétől foglalkoztak a Szerzők az aszfaltburkolatok hidegviselkedésével. A cikk célja a tudományos mélységű prezentálás mellett egyfajta figyelemfelkeltő, gyakorlati célú ismeret-terjesztés ezen témakörben.

E cikk megírására három lényeges körülmény készítetett bennünket:

- Hazánkban az aszfaltkeverékek tervezési, gyártási, beépítési minősítési rendszeréből az utóbbi öt évben teljesen kimaradt az aszfalt hideg állapotában mutatott tulajdonságainak ellenőrzése, vizsgálata. (A nagymodulusú aszfaltok építésére vonatkozó, általunk előkészített és a NIF ZRt. által 2005-ben kiadott Műszaki Szállítási Feltételek előírásban még szerepelt az ún. „repedési hőmérséklet” követelménye, de ennek 2010-ben történt lejártával ma már ezt a paramétert nem kell vizsgálni, figyelembe venni. [1] Ugyanakkor az EN13108 szabvány-sorozat 2016-ban megjelenő átdolgozásaiban az aszfaltok teljesítményét már a hidegviselkedési tulajdonsággal is lehet specifikálni. [2] Ez egy fontos és nem is véletlen új szabályozási elemet jelent Európában, mert az aszfaltok téli hidegviselkedésével kapcsolatos problémák sok európai országban a korábbiaknál markánsabban jelentkeznek. Ennek oka, főként a nyomvályú képződés elkerülésére a korábbiaknál merevebb bitumentermékek használata, és a bitumenek magas ára miatti költségszökkenet törekvések, valamint a termékszabványokból helytelenül tükröződő, kisebb bitumentartalmú aszfaltkeverékek tervezése-építése. Itt is megemlíthjük, hogy a hidegviselkedési anyagtulajdonságok vizsgálatai nem könnyű laboratóriumi mérés-technikai feladat, mert igen kis alakváltozásokat kell nagy pontossággal meghatározni. Talán ezen ok miatt is próbálták mellőzni az ilyen irányú vizsgálatok alkalmazását, de ez a hozzáállás úgy tűnik Európa-szerte (kényszerűen) kezd megváltozni.
- Mára az aszfaltburkolatok nyári plasztikus deformációs károsodását sikerült jelentősen mérsékelni, megszüntetni, de ezek a technológiai megoldások a viszkoelasztikus aszfaltok hidegoldali viselkedését kontrolálatlanul rossz irányba terelték.
- A BME Útépítési Laboratóriumban már az 1980-as évek közepétől foglalkozunk az aszfaltburkolatok hidegviselkedésével. Ennek során e témakörben többféle vizsgálati módszert, különféle vizsgálati eszközöket dolgoztunk ki. Ezzel a kutatási munkával azonban laboratóriumunk mintegy tíz éve gyakorlatilag leállni kényszerült, mert sem az iparág részéről, sem pedig pályázati úton további támogatásokat már nem kaptunk.

E cikkünk célja - már csak terjedelmi korlátok miatt is - nem a mindenben tudományos mélységű prezentálás, hanem egyfajta figyelemfelkeltő, gyakorlati célú ismeret-terjesztés ezen témakörben.

1. Az aszfaltburkolatok termikus eredetű téli, tavaszi károsodásai

Az aszfaltburkolatok alacsony hőmérsékletű károsodásai az aszfalt négy alapvető tulajdonságára vezethetők vissza.

Elsősorban; a lineáris hőtágulás (zsugorodás) jelentős nagysága, mely a cementbeton zsugorodásának – tágulásának mintegy háromszorosa.

Másodsorban; az aszfalt merevsége (merevségi modulusa) a hőmérséklet csökkenésével jelentősen megnő, -

20°C körül szinte cementbeton merevségűvé válik. Fontos azonban, hogy ilyen alacsony hőmérsékleten is jelen van még a bitumen viszkózus komponense, és ez az a nagyon fontos anyagtulajdonság kölcsönzi az aszfalt relaxációs képességét. Ez azt jelenti, hogy téli időjárási viszonyok közepette is képes az aszfalt a benne termikusan ébredő és felhalmozódó feszültséget leépíteni, ennek köszönhetően nem kell az aszfaltban dilatációs hézagokat képezni.

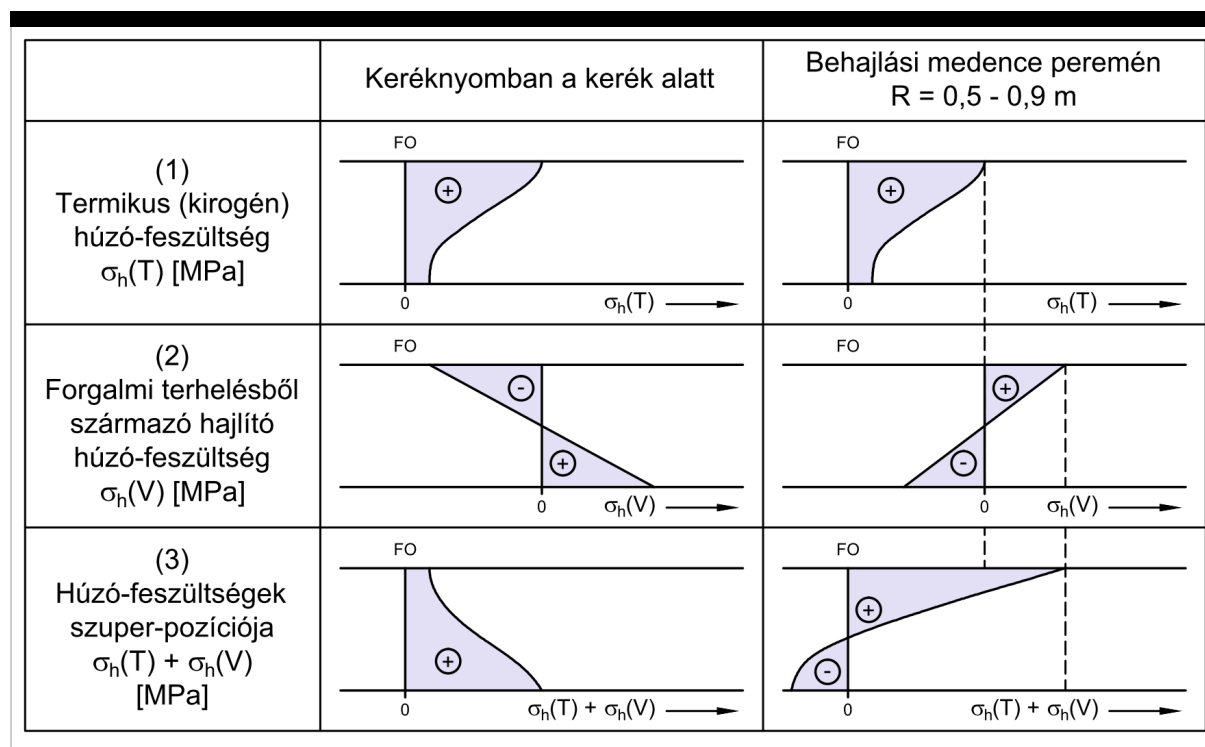
Harmadsorban; az aszfalt minden anyagtulajdonsága változik a hőmérséklet függvényében, így relaxációs képessége is, amit a gyakorlatban általában az aszfalt relaxációs idejével jellemzünk. A magasabb hőmérsékleti tartományban az aszfalt relaxációs ideje néhány perc, de ez a tulajdonsága a mélyebb negatív hőmérsékleteken akár több órás időtartamra kedvezőtlenül megnövekszik.

Negyedikként; az aszfalt húzószilárdsága, mint alapvető anyagjellemző a hőmérséklet csökkenésével kedvezően növekszik, az összetételi jellemzőitől és az alkalmazott bitumen minőségétől függően a -15°C és a -30°C közötti hőmérsékleti tartományban maximum értéket vesz fel.

Az első három az aszfalt alacsony hőmérsékleten tapasztalható negatív tulajdonságai közé sorolhatóak, azonban ezek csak a következő két külső körülmény létrejötté esetén okozhatnak károsodást.

Az aszfaltburkolat számára leginkább kedvezőtlen időjárási esemény a *léghőmérséklet gyors lehűlése*. Ezen hőmérséklet-gradiens értéke hazánkban legfeljebb -3°C/óra, hidakon, hegyi utakon ennél valamivel magasabb érték. A hőmérséklet gradiens nagysága mintegy „termodinamikai hajtóerőként” működik. A következmény a felülről induló hajszálrepedések kialakulása, főleg a burkolatszéleken, a csatlakoztatási vonalak mentén, ott, ahol a keresztmetszetben eleve gyengébb (kisebb) az aszfalttréteg húzószilárdsága. Ezek a felületrészek az aszfalttrétegben létrejövő akadályozott zsugorodás következtében fellépő termikusan ébredő és felhalmozódó feszültség elérheti az aszfalt húzószilárdságát, következésképpen itt az aszfalt megrepedezik. Az így létrejövő károsodás független a burkolaton zajló forgalomtól, azaz forgalom nélküli útpályán is létrejöhet.

A termikusan ébredő és felhalmozódó feszültséghez nagyon alacsony hőmérsékleten még nehézgépjármű forgalom hatása is szuperponálódik. Ilyenkor a kopórétegben keletkező termikus húzófeszültségre az ismétlődő hajlító húzófeszültség ráhalmozódik és a futó behajlási medence a keréknyom két külső peremén a fáradási hosszrepedéseket, a keréknyomban a mozaikos, hálós repedéseket okozhat a kopórétegben, ha ez a jelenség hosszabb ideig tart, vagy több alkalommal ismétlődik. A keréknyomban a haladó kerék előtt és utána a felülettel párhuzamos hajlító húzófeszültség, a kerék alatt pedig ekkor hajlító nyomófeszültség van. Erre készített modellt mutat be az eredendően Arand professzor által készített, általunk némileg módosított *1. ábra*. [3]



1. ábra

A termikus (kirogén) húzófeszültség és a forgalom (kerék) okozta hajlító feszültségek a kerék alatt és a behajlási medence

Az aszfaltburkolatok felületén más jellegű repedések, megnyílások is kialakulnak. A rosszul kivitelezett csatlakoztatások (elsősorban a hosszcsatlakoztatások) hamar - az előnytelen hidegviselkedési tulajdonságú aszfalttípusok esetében esetenként nagy távassággal - megnyílnak. (A hidraulikus kötőanyaggal épített félig merev útpályaszerkezetek aszfaltrétegein áthatoló, nagyrészt keresztirányú, de hosszirányban és elágazóban is jelentkező repedések ún. reflexiós repedések közvetlen módon nincsenek összefüggésben az aszfaltok hidegviselkedési tulajdonságaival. Ezek – a hazánkban sajnos gyakorta előálló repedések – főleg koncepcionális, tervezési, vagy kivitelezési hibákból jönnek létre, ezekre vonatkozóan is szükségesnek tartható mielőbbi intézkedések kiadása.)

Legyen bármilyen eredetű is az aszfalt pályaszerkezetben kialakuló repedés, a repedéseken keresztül lehetővé válik az aszfaltkeverék szemcséit bevonó bitumenfilmet károsítani, gyengíteni az aszfalt húzószilárdságát. Az aszfalt pályaszerkezetben lévő víz kora tavasszal okozza a legnagyobb romboló hatást, az éjjeli fagyokkal, nappali olvadásokkal súlyosbíthatják a károkat, ami idővel kátyúk képződéséhez vezet.

A termikus eredetű repedezettség azért is veszélyes, mert eleinte csak hajszál-repedezettség formájában jelentkezik, később ugyan nagyobb lesz a repedés távasság, de még mindig nehezen kiönthetővé, fenntarthatóvá alakul át. E repedésfajtával szemben az egyetlen lehetséges védekezési mód a tudatos anyagtervezés, amelynek nélkülözhetetlen eleme az aszfalt hidegviselkedési tulajdonságának ismerete is.

2. Az aszfalt lényeges jellemzői alacsony hőmérsékleteken

2.1. Az anyagjellemzőkhöz kapcsolható általános ismeretek

Az előbbieken már vázoltuk, hogy melyek az aszfalt hidegviselkedésének azon lényeges jellemzői, amelyek tulajdonképpen minden más építőanyagnak is alapvető tulajdonságai. Az aszfalt azonban összetételénél fogva a többi építőanyaghoz viszonyítva gyökeresen különbözik. A legfontosabb építőanyagok - a beton, az acél, a fa - anyagi minőségükben homogének, az aszfaltban viszont a nagyrészt szerves eredetű, szemcsés kőanyag-keverékéhez mintegy 4-8 tömeg % viszkoelasztikus tulajdonságú szerves eredetű bitument adagolunk kötőanyagként. Ez a kötőanyag okozza az aszfalt hőmérsékletfüggő tulajdonságait. Amíg a fellebb említett főbb építőanyagok húzószilárdsága, modulusa, relaxációs képessége a használati hőmérséklettartományban gyakorlatilag nem változnak, addig az aszfalt esetében a nyáron szélső esetben 55-60°C hőmérsékletű, télen viszont esetenként akár -20°C hőmérsékletű (így mintegy 80°C terjedelmű) tartományban az aszfalt anyag-tulajdonságai (a σ húzószilárdsága, az E merevsége és a relaxációját jellemző t_{rel} értékei) hőmérsékleti pontról hőmérsékleti pontra folyamatosan változnak. Ugyanígy az α lineáris hőtágulási együtthatója kismértékben hőfok változási sebesség függő. Készítettük az aszfalt és az adott három fő építőanyag négy lényeges anyagjellemzőinek értékeit bemutató táblázatot, egyfajta összehasonlítást, áttekintés céljából.

Anyagi alapjellemzők	Aszfalt	Beton	Acél	Fa
Lineáris hőtágulási együttható, α [1/°C]	20 – 40 $\times 10^{-6}$	8 – 12 $\times 10^{-6}$	12 $\times 10^{-6}$	szállal párhuzamos 7,6 – 12 $\times 10^{-6}$ szállal merőleges 11 – 54 $\times 10^{-6}$
Modulus (rugalmassági, merevségi) E vagy S [N/mm ²]	2000 - 25000 hőmérsékletfüggő	22000 - 44000	206000 – 210000	8000 - 14000
Húzószilárdság σ_{hsz} [N/mm ²]	1 - 6 hőmérsékletfüggő	3 - 5	300-700	szállal párhuzamos 77 – 148

				szálra merőleges 1,7 – 11
Relaxációs idő, t_{rel} [sec] S_0 csökken 36,8 % I_a	10 – 10000 (-20°C-on: > 3 óra) hőmérsékletfüggő	nincs adat	szobahőmérsékleten 92,5 % I_a csökkenve: 1000 óra, 500°C-on 36,8 % I_a csökkenve: 2000 óra	szobahőmérsékleten 60% I_a csökkenve: 2000 óra, hőmérséklet függő

1. táblázat

Az aszfalt hidegviselkedését befolyásoló anyagi jellemzők értékei a használati hőmérsékleti tartományban, összehasonlítva a főbb építőanyagok azonos jellemzőinek értékeivel.

Az aszfalt olyan viszkoelasztikus anyag, amelynek feszültségi és alakváltozási működését legegyszerűbb két elemes anyagmodellekkel lehet jól közelítően követni. A két elem - a rugó és a viszkózus folyadékban mozgó dugattyú - többféle elhelyezésű kapcsolatával lehet a különböző hőmérsékletű és különböző összetételű aszfalt alap tulajdonságait modellezni.

Az aszfalt minden tulajdonságát a *hőmérséklet* és a *terhelési időtartam* döntően befolyásolja. A hőmérséklet kisebb mértékben a rugóállandót, nagyobb mértékben a dugattyú munkahengerben lévő folyadék viszkozitását változtatja. A terhelésnek megfelelő alakváltozás a dugattyú nyílásán átfolyó anyag viszkozitástól függő időtartam alatt történik meg.

Az anyagok *hőtágulásának* mértékét három kategóriába sorolják; a legnagyobb a polimereknél, legkisebb a kerámiáknál (üvegénél), közöttük helyezkedik el a többi anyag hőtágulása. A hőtágulást az anyag molekulák hőmozgásának fokozódása miatti megnövekedő térfogat igény okozza. Hőmérséklet csökkenés esetén ennek fordítottja valósul meg, csökken a térfogat. Az aszfaltreteg esetén a néhány centiméteres vastagsági méret a másik két irányú (hosszúság, szélesség) mérethez viszonyítva jelentéktelen, ezért az aszfaltnál a lineáris (és nem a köbös) hőtágulási együtthatót vizsgáljuk. Az aszfaltoknak a betonhoz viszonyított háromszoros nagyságú hőtágulási együtthatóját a benne lévő 1/5 $I_1/10$ térfogatrész szénhidrogén alapú szerves alkotórész (a bitumen) okozza.

2.2. Az aszfalt merevsége

Az aszfalttechnológiai kutatások a legutóbbi négy évtizedben legfőképpen az *aszfalt merevségére* helyezték a hangsúlyt, mert az aszfalt-pályaszerkezetek forgalmi terhelésre való méretezését erre alapozzák. Az aszfalt merevségét laboratóriumban többféle módon lehet meghatározni:

- hengeres próbatest statikus hasítás vizsgálatával;
- egyszerű, statikus tisztahúzás (szakítás) vizsgálatával;
- egyirányú statikus hajlítás vizsgálatával;
- ismétlődő terhelésű indirekt (hasítás) húzással, („IT-CY” merevség vizsgálat);
- ismétlődő terhelésű tiszta húzással;
- ismétlődő terhelésű kétirányú-hajlítással (valós forgalmi terhelést leginkább ez közelíti).

Az aszfalt merevséget a hőmérséklet és a terhelési időtartam befolyásolja, ez a két függés elvileg egymásba konvertálható. Az ismétlési frekvencia növelésével csökkenő hőmérséklet szimulálható. Ezt már az ötvenes években felismerte van der Poel és az ő nevéhez fűződik a nem modifikált bitumen merevségének becslésére szolgáló nomogram létrehozása is.

A kutatók azóta is folytatják az aszfaltkeverékek összetétele, kötőanyaga, hézagviszonyai alapján a különböző hőmérsékleteken várható merevségének előre becslésére kialakított eljárások, modellek létrehozását.

A legutóbbi időkben kialakult egy olyan vizsgálati modell, amellyel ún. „mestergörbe” hozható létre, aminek segítségével becsülhetők meg az aszfalt különböző hőmérsékleteihez és terhelési időtartamaihoz tartozó merevségek. Ezt a kérdéskört elemezte Tóth Csaba 2010-ben készített Ph.D. értekezése [4]. Ebben a témában a továbbiakban nem kívánunk nagyon elmélyedni, csak annyira, amennyire ez az aszfalt hidegviselkedéséhez is kapcsolódik.

A merevség meghatározására már jó ideje kiadtak egy EN-szabványt, MSZ EN 12697-26 „Aszfaltkeverékek. Meleg aszfaltkeverék vizsgálati módszerei. 26. rész: Merevség.” Ennek melléklete alapján válik lehetővé a mestergörbe alapján történő merevség meghatározás is.

A változatlan hőmérsékleten (laboratóriumi 20°C), de különböző periódus időkkal, illetve frekvenciákkal elvégzett vizsgálati eredmények alapján előállítható a vizsgált aszfaltkeverék vizsgálati frekvencia [Hz] és S_{mix} [MPa] függvénye, úgynevezett mestergörbéje, melynek alapján aztán a hőmérséklet-idő eltolási tényezőket a különböző hőmérsékletekhez kiszámolva becsülhető az aszfalt adott hőmérsékleten lévő merevsége. Tóth Csaba kutatási eredményei szerint, a merevségek ilyen módon történő becslése fagyponthoz alatti hőmérsékleteknél csak 3-5 %-os eltéréseket mutat az azonos hőmérsékleten, az előírt frekvenciával elvégzett merevség vizsgálati eredményével. Ugyanakkor a magasabb hőmérsékleteken ez a hiba nagyság egyre növekszik és a 30 %-ot is elérheti.

Ennek elég egyszerű a magyarázata. A hasítás vizsgálatnál a próbatest feszültség eloszlását, az ennek alapján levezetett képleteket a tökéletesen rugalmas test Hooke törvény szerint képezik. A viskoelasztikus aszfalt soha nem lesz tökéletesen rugalmas, legkevesebb a +5°C fölötti hőmérsékleteken.

Már a 80-as évek végén kialakított úgynevezett „fiktív repedési hőmérséklet” meghatározására szolgáló eljárásban, a modulus (E_H) és húzószilárdság (σ_{HH}) hőmérséklet függvényének létrehozására legalább három alacsony hőmérsékleten (+5, -5, -20°C) végeztünk hasítás vizsgálatokat. Eleve helytelenítettük magasabb hőmérsékleteken a hasítás vizsgálat alkalmazását. [5] [6]

A mai labortechnika szintjén a mestergörbe létrehozása és alkalmazása a különböző hőmérsékletű aszfalt merevség becslésére gyakorlatilag szükségtelen. Kiváló klímatermekbe helyezhetők a vizsgáló készülékek, a próbatestek klímaszekrényekben megfelelő hőmérsékletre temperálhatók. Alacsony hőmérsékleten így képzelhető el az „IT-CY” merevség vizsgálat.

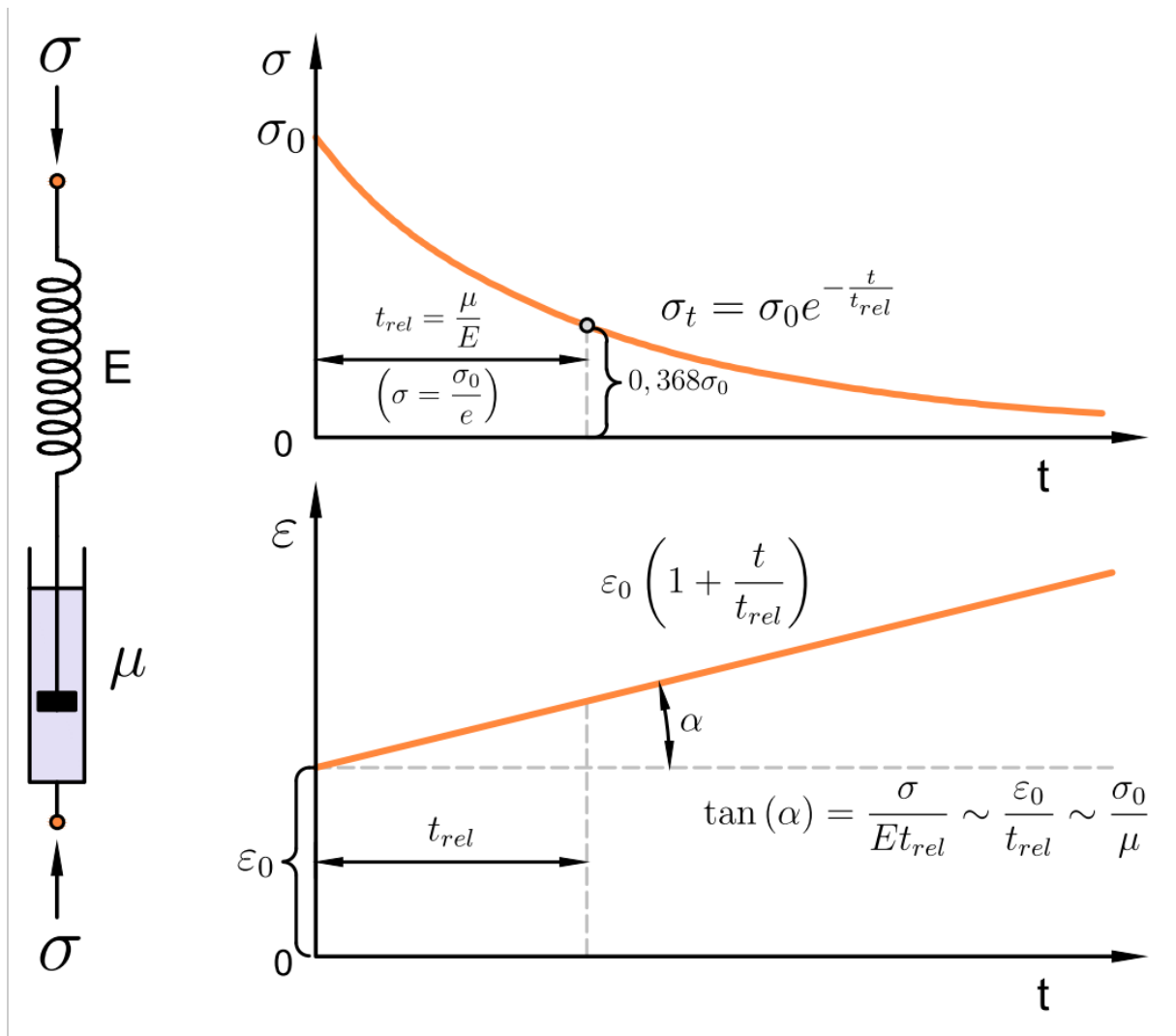
2.3. Az aszfalt relaxációs képességét jellemző relaxációs idő

A legegyszerűbben a Maxwell modell alapján érthetjük meg a relaxáció fogalmát a 2. ábra segítségével.

Az anyagokban keletkező feszültségek hosszabb-rövidebb idő elteltével lecsökkennek, az anyag ernyed, relaxál. Acél és beton esetében ez rendkívül lassú, évekig tartó folyamat, amellyel inkább mint kúszás jelenséggel foglalkoznak. Az aszfalt esetében azonban a hőmérséklettől függ, és időben jól mérhető lefolyású a relaxáció jelensége.

Az aszfalt relaxáló képességét elsősorban a hőmérséklet, de a kötőanyag minősége, fajtája, molekulaszervezete, molekulacsoportjainak mennyiségi aránya is befolyásolja.





2. ábra

A Maxwell-modell feszültség és alakváltozás időbeli lefolyása részletesebben

Az aszfaltok alacsonyabb hőmérsékletű viselkedését leíró Maxwell-modell a relaxáció folyamatának leírására jól alkalmazható. Ez az anyagmodell két-elemes, sorba kapcsolt rúgó-elem (E rugalmassági modulus) és csillapító dugattyú-elem (η viszkozitás). A modell reológiai alapegyenlete:

$$\epsilon' = \frac{\sigma'}{E} + \frac{\sigma}{\eta} \quad (1)$$

ha $\epsilon'=0$, vagyis a deformáció nem változik:

$$\sigma = \sigma_0 e^{-\frac{E}{\eta} t_{rel}} \quad (2)$$

ahol,

ϵ' - a deformáció sebessége,

σ' - a feszültségsebesség,

η - viszkozus ellenállás.

[Pas] Ha $t=0$, akkor $\sigma = \sigma_0$, tehát σ_0 a **kezdeti feszültség**; ha

$$-\frac{E}{\eta} t = -1 \quad (3)$$

akkor az eredeti feszültség (σ_0); σ_0/E értékűre csökken és ennek időtartamát nevezzük *relaxációs időnek*. A

h/E hányados idő dimenziójú anyagállandó, jele t_{rel} [sec]

Az aszfaltok relaxációjának jellemzésére Arand és Gauer azt tekinti *relaxációs időnek*, amikor a kezdeti feszültség $1/e$ értékre, azaz 36,8 % értékre csökken le. Az aszfaltok ilyen módon meghatározott relaxációs ideje $t_{rel} + 10$ °C hőmérsékleten 20130 másodperc, -20°C-on 213 óra. [7] [8]

2.4. Az aszfalt lineáris hőtágulási együtthatója

Az aszfalt hőtágulási együtthatója -10°C/óra lehűlési sebességnél általában $\alpha = 30 \pm 5 \times 10^{-6}$ értékű, ugyanakkor a cementbetoné ennek csak mintegy harmada; $\alpha = 10 \pm 2 \times 10^{-6}$ nagyságú. Mégis a beton télen megreped, vagy nyáron „felpúposodik”, esetleg a vakhézagolt betontáblák egymásra csúsznak, esetenként kivetődhetnek. Az útbeton merevsége jellemzően $E = 22000 \text{ N/mm}^2$, húzószilárdsága $4,5 \text{ N/mm}^2$ értékű, ezek az értékek gyakorlatilag nem változnak a használati hőmérsékletek tartományban. Emellett azonban a beton relaxációs képessége eltörlül az aszfalt ezen utóbbi tulajdonsága mellett. Mivel a betonnak gyakorlatilag nincs relaxációs képessége, az útbetonok esetében ezért vakhézagokat, nagyobb távolságokban pedig dilatációs hézagot is kell képezni. A beton anyagállandóiból a hézagképzések távolságai számíthatók.

Az aszfalt pályaszerkezetben a léghőmérséklet által leginkább igénybevett a kopóréteg. E legfelső réteg alakváltozását az alatta lévő kissé eltérő hőmérsékletű rétegek fékezik a réteghatáron fellépő nyírófeszültséggel, az ott meglévő tapadó-nyírószilárdság nagyságáig.

Ahogy már a bevezetőben is említettük, sajnos az aszfalt pályaszerkezetben kialakulhatnak keresztrepedések a hidraulikus kötésű alaprétegek dilatációs mozgásainak áttükröződésével. (Kötőanyag nélküli alaprétegek, vagy bitumenes kötőanyaggal stabilizált alaprétegek esetében nem képződnek az aszfalt-pályaszerkezetben keresztrepedések.) Megfigyelhető az aszfaltburkolatok keresztrepedéseinél, hogy az évek során a repedés-tágasságok egyre szélesebbé válnak. Ez a jelenség a többször is ismétlődő dilatációs mozgás fárasztó hatásából adódó maradó alakváltozás. Ennek a jelenségnek alaposabb tanulmányozása még várat magára, bár már erre is kialakítottunk egy vizsgálati módszert a BME Út és Vasútépítési Tanszékének laboratóriumában.

Fontos lenne az aszfalt hőtágulási együtthatójának további kutatása, vizsgálata, mert ha csak egy kis mértékben is csökkenthető lenne a gyakorlatban épített aszfaltok hőtágulási együtthatója, az nagy súllyal javíthatná a téli hidegviselkedésből eredő károkat.

2.5. Az aszfaltrétegben keletkező termikus húzófeszültség

A T_1 -től a T_2 hőmérsékletig terjedő intervallumban az aszfaltrétegben ébredő termikus húzófeszültséget - feltételezve az alakváltozás teljes megakadályozását, továbbá a relaxáció feszültség csökkentő hatását figyelem kívül hagyva - azaz a Maxwell modell csillapító elemét „kikapcsolva” - a következő képlettel számíthatjuk:

$$\sigma_{T_2} = \alpha(T_2 - T_1) \frac{1}{(T_2 - T_1)} \int_{T_2}^{T_1} E(f) dT \quad (4)$$

$$\sigma_{T_2} = \alpha \int_{T_2}^{T_1} E(f) dT \quad (5)$$

(T_1 hőmérsékleten a $s_{T_1} = 0$ értékű.)

Egy adott hőmérsékleti intervallumban az α hőtágulási együttható és a ΔT °C = $T_1 - T_2$ hőmérséklet-különbség szorzata adja a fajlagos alakváltozást. Az aszfalt merevségi modulusa a két hőmérséklet határ között meghatározott függvény $E(f)$ szerint változik, ezért e tartományban az $E(f) \Delta T$ szakasza határozott integrálját kell meghatározni és természetesen el kell osztani utána a ΔT hőmérséklettel.

Ha $\sigma_{T_1} > 0$, akkor a $\sigma_{T_2} = \sigma_{T_1} + \sigma_{T_2-T_1}$

Ismervén a húzószilárdság változásának hőmérséklet függvényét, meghatározható az aszfalt relaxáció nélkül számított $R_h = T_2$ repedési hőmérséklete, amely a számított σ_{T_2} termikus húzófeszültség és a σ_{hsz-T_2}

húzószilárdság egyenlőségénél adódik. Ez a módszer ha pontatlanul is, de valamelyest képes különbségeket kimutatni a különféle aszfaltok hidegviselkedésének megítéléséhez.

Az aszfalt kiváló relaxációs képességét azonban nem hanyagolhatjuk el. Ha annak hatásával is számolni akarunk, akkor a képletünk bonyolultabb lesz. Arand professzor kidolgozott egy relaxáció hőmérséklet függvényét is és a lehülési sebességet is számításba vevő σ_T termikus feszültséget számító képletet a T hőmérsékleten.

$$\sigma_T = \sigma_0 e^{-\frac{t}{t_{rel}(T)}} - E(T) \alpha T' t_{rel}(T) (1 - e^{-\frac{t}{t_{rel}(T)}}) \quad (6)$$

ahol,

σ_0 - az aszfaltban már meglévő termikus húzófeszültség T- Δ T hőmérsékleten,

$t_{rel}(T)$ - a relaxációs idő T hőmérsékleten [sec],

$E(T)$ - az aszfalt merevségi modulusa T hőmérsékleten [N/mm²],

α - hőtágulási együttható az adott lehülési sebességen [1/°C],

T' - a lehülési sebességből a ΔT hőmérsékletnek megfelelő idő [sec] $T' [\text{sec}] = 3600 / T_{\text{leh.seb.}} [^\circ\text{C}]/\text{óra} / \Delta T [^\circ\text{C}]$.

Ha ismerjük $t_{rel}(T)$, $E(T)$ hőmérséklet függvényét, a lehülési sebességet és annak megfelelő a értékét, akkor ΔT hőmérséklet lépcsőkkel kezdetű a számítást egy olyan hőmérséklettől indulva, ahol a $\sigma_0=0$. Ez a kiindulási hőmérséklet ajánlottan +10°C, mert ezen a hőmérsékleten még másodpercek alatt leépülnek a feszültségek az aszfaltból. Amikor a termikusan ébredő és felhalmozódó feszültség nagysága a szakító-húzószilárdság értékével megegyezővé válik ($\sigma_T(T) = \sigma_{\text{szakító-húzószilárdság}}(T)$ feltétel esetén), akkor ez az érték **Aszfalt Repedési Hőmérséklete ARH** = T °C.

Ennél az aszfalt relaxációs képességét is számba vevő repedési hőmérsékletet meghatározó számítási módnál - bár maga a számítás Excel VB programmal gyorsan megoldható - a bemenő adatok meghatározásához a vizsgálatok sokasága szükséges.

A $t_{rel}(T)$, $E(T)$ és $\sigma_{\text{szakító-húzószilárdság}}(T)$ hőmérséklet függvényekhez legalább 3-3 hőmérsékleten és legalább 3 párhuzamos próbatesten kell elvégezni a σ_{szhT} és az E_T jellemzők meghatározásához a tiszta-húzás vizsgálatot, továbbá 3 próbatesten a t_{relT} relaxációs vizsgálatot, és legalább 2 próbatesten a lineáris hőtágulási vizsgálatot. A bemenő adatoknak összességükben elég alacsony megbízhatóságúak lesznek és a több paraméter meghatározását igénylő, hosszadalmas a vizsgálatok időtartama, költsége rendkívül nagy.

Az előbbiekből is látható, hogy az aszfalt repedési hőmérséklete összefoglalja, magába sűríti alacsony hőmérsékleten az aszfalt téli repedésérzékenységének minden lényeges tulajdonságát. Még a múlt század végén kialakult a repedési hőmérséklet meghatározására egy olyan direkt vizsgálati módszer, amely állandó lehülési sebesség mellett alakváltozást meg nem engedve (tehát gátolt alakváltozással) méri a keletkező termikus húzófeszültséget a szakadásig, azaz addig, amikor az aszfalt húzószilárdsága éppen egyenlővé válik a termikusan ébredő és felhalmozódó húzófeszültséggel. Az ezen állapothoz tartozó hőmérséklet a *repedési hőmérséklet*, nem számítással, hanem konkrét méréssel meghatározva. [9] [10] Fontos hangsúlyozni, hogy ez a mérési módszer az aszfalt hidegviselkedését befolyásoló anyagjellemző hatását már együttesen vizsgálja, egyedül a hőmérséklet-gradiens valóság szerinti erősen változó hatásait nem képes figyelembe venni.

3. A hidegviselkedés megítélésére alkalmazott vizsgálatok fejlődéstörténete laboratóriumunkban

A BME Útépítési Tanszékének laboratóriumában a 80-as évek elején kezdtünk el foglalkozni az aszfalt hidegviselkedési tulajdonságaival és vizsgálatával. Az akkor már itthon bevezetett hasításvizsgálattal - több alacsony hőmérsékleten - meghatározott σ_{Hh} hasító-húzószilárdsággal és az E_{Hh} modulussal, továbbá egy ekkor ugyancsak kifejlesztett és bevezetett új vizsgálati módszerrel – az aszfalt lineáris hőtágulási együtthatójának mérési módszerével - kiegészülve számítottuk az aszfalt un. „fiktív repedési hőmérsékletét”. E munkáinkról

először az 1985 évben tudósítottunk, majd 2001ben e témáról több évet átfogó kutatási jelentésben számoltunk be. [11] Laboratóriumunk a 90-es évek elejétől kezdett el fokozottan foglalkozni még egy további - az aszfalt relaxációs tulajdonságait is felölelő vizsgálati módszer és eszköz - létrehozásával, főként állami kutatási megbízások révén. Korábbi saját vizsgálati tapasztalatainkat ugyanis értékelve, elemzések alá vetve, jutottunk arra a következtetésre, hogy az lenne a leghelyesebb fejlődési irány, ha az aszfalt repedési hőmérsékletét nem több anyagállandó mérésén alapuló számítással, hanem közvetlen méréssel tudnánk meghatározni. [12]

Ilyen – az alkalmazott invar anyag és egyes méréstechnikai megoldások tekintetében szabadalmi védettségű - mérőberendezéssel akkor Európában tudomásunk szerint egyedül az Arand professzor (később Leutner professzor) által vezetett Braunschweig-i Egyetem Útépítési Intézete rendelkezett. Az aszfalt repedési hőmérsékletének direkt mérésére szolgáló berendezés kereskedelmi forgalomban nem volt kapható.

Az akkori műszerezési, méréstechnikai lehetőségeink a mainál gyengébb színvonalúak voltak. Szerény lehetőségeink ellenére is belevágtunk e bonyolult mérőeszköz tervezésébe, kialakításába. Kezdetben nem állt rendelkezésünkre a próbatest állandó lehűlési sebességét biztosító berendezés. Ezért először csak állandó hőmérsékleti értékre (általában 3 különböző hőmérsékletre) temperált hőmérsékleteken végrehajtott vizsgálatokra alakítottunk ki módszereket. Beállítható feszültség növekedési sebességgel egytengelyű húzás vizsgálatot és a relaxációs idő mérésének vizsgálatát végeztük el, és még mindig számítással határoztuk meg a repedési hőmérséklet értékét. A próbatest alakját, méretét, az alakváltozás mérését, a hajtóművet, az erőmérést az amerikai SUPERPAVE program keretében akkora ismertté vált, SHRPIM010 vizsgálati leírással mindenben megegyezően alakítottunk ki. [13] Később, 2004. évben egy nagy költségű kriosztát és a próbatestet körülvevő hűtőtér kialakítása révén már megvalósítható volt a próbatest egyenletes 10°C/óra sebességű hűtése. Ezzel és ekkor tudtuk kialakítani a repedési hőmérséklet közvetlen mérését. Így 2005. januárban megszülethetett egy tanszéki „házi szabvány” az ARH vizsgálatra is, ez a házi szabvány vált a NIF ZRt. által a nagymodulusú aszfaltjainkra kiadott, a bevezetőben már említett Műszaki Szállítási Feltételeinek mellékleteként a repedési hőmérséklet meghatározásának vizsgálati módszerévé. Két év múltán 2007ben egy pályázat révén egy további ARH vizsgáló berendezést is előállítottunk, a két berendezéssel már nagy számban vizsgálatokat, összehasonlító méréseket tudunk végrehajtani. [14] [15]

Fejlesztéseinket követő jó pár évvel később jelent meg csak a vonatkozó EN – vizsgálati szabvány; *MSZ EN 12697-46: 2012: Aszfaltkeverékek. Meleg aszfalt-keverék vizsgálati módszerei 46. rész: Termikus repedésképződés és a hidegviselkedési tulajdonságok vizsgálata alacsony hőmérsékleten egytengelyű húzással.* E szabványnak minden tekintetben megfelel a BME Útépítési Tanszék laboratóriumában kialakított berendezés, illetve vizsgálat, de az alakváltozás mérésének tekintetében van némi eltérés, mert mi a vizsgálatainknál a 250 mm hosszú próbatest 200 mm hosszú középső szakaszának (bázishossz) alakváltozását mérjük. (Ez az eltérés azonban nagyon is okszerű, mert véleményünk szerint az acél húzófejek közötti mérést hamisítja a véglapok ragasztott felülete és annak környezete.)

Meg kell még említsük, hogy a 2000-es évek elején-közepén a repedési hőmérséklet vizsgálatára a Litzka professzor (később Blab professzor) által vezetett Bécsi Műszaki Egyetem Útügyi Intézetének kezelésében lévő, széleskörű iparági támogatással és felügyelettel működő Christian Doppler Laboratórium is felszerelkezett. (Ekkor már e mérőberendezést be lehetett szerezni az előállítására szakosodott gyártótól.) Ettől az időponttól kezdődően a bécsi egyetemen e témakörben jelentős kutatási-, és publikációs munka folyik, disszertációk készültek. Nem véletlen, hogy az aszfalt-keverékekre vonatkozó osztrák termékeltérőírásban egyes aszfalttípusokra vonatkozóan - Európát messze megelőzve - Ausztria már 2013ban bevezette a repedési hőmérséklet követelményét. [16] [17]

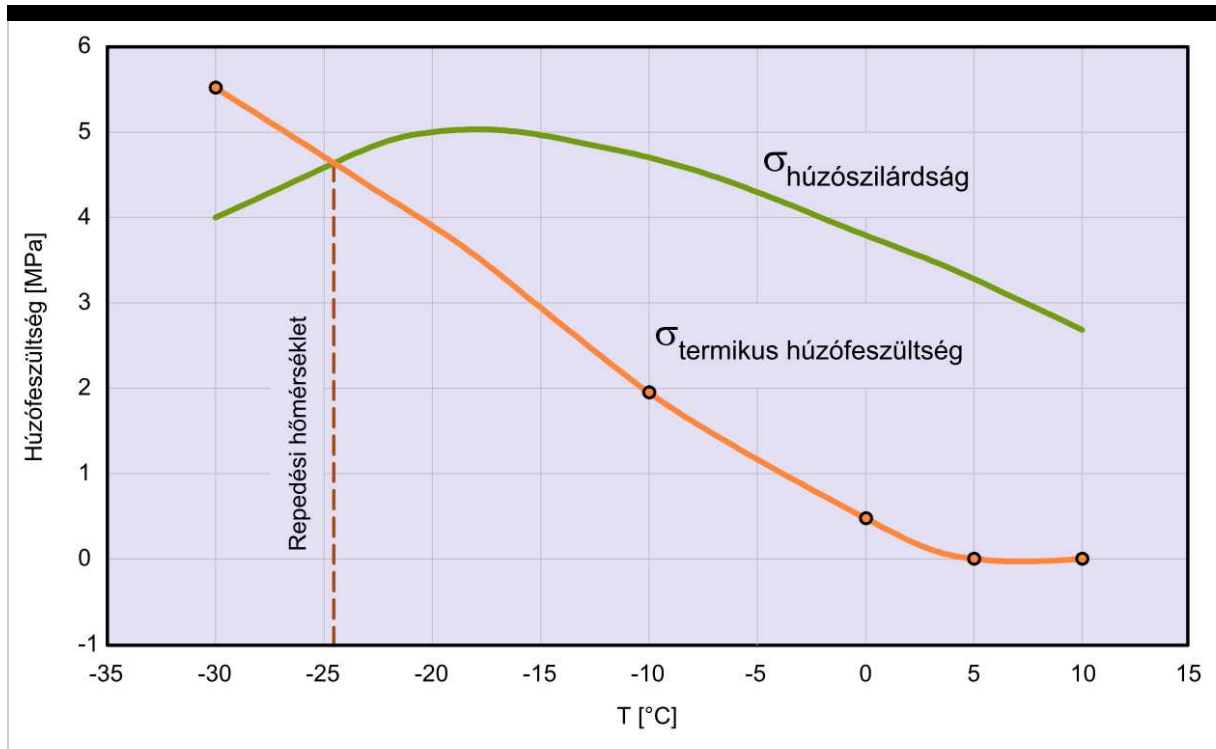
E fejezet zárásaként külön is jelezzük, hogy az általunk kialakított ARH – berendezést nem csupán az aszfalt repedési hőmérsékletének immár EN előszabvány, 2016 közepétől szabvány szerinti vizsgálatára használtuk – használjuk, hanem a berendezés alkalmas további – az aszfaltok hidegviselkedésének megismerését reményeink szerint még széleskörűben lehetővé tevő – vizsgálatok, kutatások elvégzésére. Ezen vizsgálatok rövid leírását a következő 4. fejezetben ismertetjük.

4. A repedési hőmérséklet direkt mérésének rövid leírása, és az ezen mérőberendezéssel végrehajtható további vizsgálati módszerek

A repedési hőmérséklete direkt mérésének elve; az aszfalt repedési hőmérsékletének meghatározására irányuló

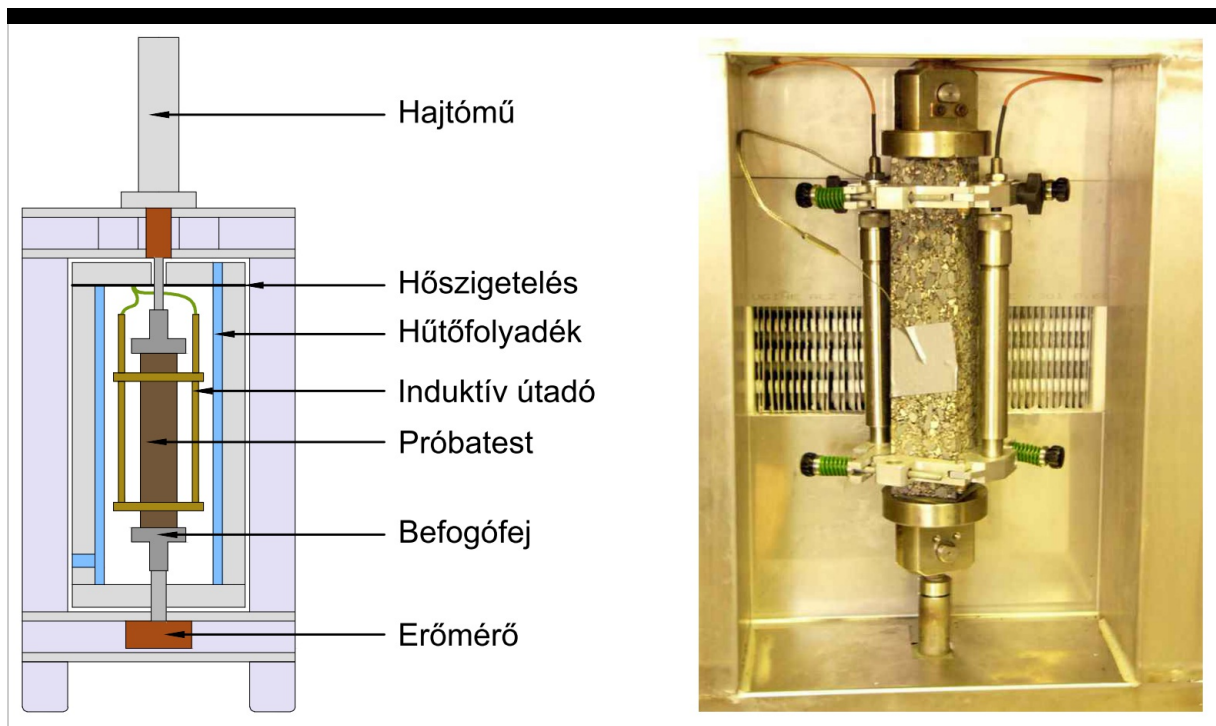
direkt vizsgálat elve az, hogy egy hasáb formátumú próbatest egyenletes sebességű lehűtésének hatására keletkező hosszirányú zsugorodását - folyamatosan mérve, és a hossz méret változását vezérelt húzással mindig helyreállítva – megakadályozzuk. Ily módon a próbatestben termikus feszültség épred és halmozódik fel. A 10°C/óra lehűlési sebesség hatására egy bizonyos hőmérsékleten létrejön az aszfalt szakadása, eredményül adva az aszfalt repedési hőmérsékletét (ARH). Az ezen hőmérsékletig felhalmozódott termikus feszültség azonos az aszfalt ezen a hőmérséklethez tartozó húzószilárdságával: $\sigma_{hsz\ ARH}$. (lásd 3. ábra).

A vizsgálóberendezés elvi elrendezését a 4. ábra mutatja be.



3. ábra

A repedési hőmérséklet vizsgálata. Lehűléskor a megakadályozott alakváltozás következtében fellépő termikus húzófeszültség és a húzószilárdság változása a csökkenő hőmérséklettel



4. ábra

Az ARH berendezés főegységének vázlata

Az aszfalt próbatest mérete és a kapcsolódó eszközök;

- 50x50x250 mm méretű hasáb formátumú aszfalt próbatest, amelynek merőleges síkú véglapjaira ragasztják az acél húzó fejeket. (5. ábra)
- A próbatestre véglapoktól 25–25 mm távolságra kengyeleket rögzítenek, melyek középvonala egymástól 200 mm távolságra van. A kengyelekre kerül két szemben lévő oldalra az alakváltozást mérő két útdő és a kicsi alakváltozású ($\alpha \approx 3 \times 10^{-6}$) 180 mm mérőrud. A próbatest két szemben lévő oldalára tapad felerősítve a megfelelően kialakított két ellenállás hőmérő. (5. ábra)

A hasáb formátumú próbatestek testsűrűségét – megengedett tűréssel - az aszfaltkeverék Marshall próbatestjeinek testsűrűségére kell tömöríteni.

A próbatest hűtése alapvetően egy öt körülvevő szigetelt klímaterben lévő levegő hűtésével valósul meg. Ez folyékony nitrogén párájával, a hűtőberendezésben lehűtött levegővel, kriosztátban lehűtött folyadékkal biztosítható. A próbatest két oldalának felületére erősített, kívülről szigetelt két ellenállás hőmérő középtérkével szabályozzák a hűtőközegek beáramlását a hűtőtérbe. A próbatest lehűlési sebessége beállítható a hűtésvezérlésben, mely független a számítógépi vizsgálat levezető, adatfelvevő programtól. Ezek a hűtőberendezések természetesen valamely konkrét értékű hőmérsékletre is beállíthatók, ekkor az egész rendszer termosztátként működhet.

A számítógéppel vezérelt és számítógépes adatfeldolgozási programmal működő berendezésben a próbatest bázishosszának kiindulási méretét, illetve az útdő állapotát a mérés +5°C-os indulási hőmérsékletén rögzíti a program. Ezt az állást igyekszik tartani a berendezéshez tartozó, a felső húzófejhez kapcsolódó, függőlegesen kétirányú (le-föl-álló) mozgatásra képes hajtómű vezérlésével.

A berendezés klímaterében lévő próbatest állandó lehűlési sebességű hűtését a próbatest 200 mm hosszú középső mért szakaszának teljesen megakadályozott hossz csökkenése (alakváltozása) mellett az erőmérő folyamatosan méri. A termikus húzófeszültség növekedését, majd a próbatest szakadását a számítógép regisztrálja és megjeleníti (6. ábra).



5. ábra

a) Ragasztó készülékek, hátul próbatestekkel. b) Az alakváltozást mérő eszközök felszerelése sablonban a próbatestre. c) Próbatest felszerelve, vizsgálatra készen.



6. ábra

a) A BME Útépítési laboratórium egyik ARH vizsgáló berendezése. b) Egy ARH vizsgálat vége a képernyőn

A repedési hőmérséklet direkt mérésére elsődlegesen szolgáló, magas műszaki színvonalú, a bekerülési költséget tekintve is nagy értékű vizsgáló berendezés alkalmas a következőkben leírt alacsony hőmérsékletű vizsgálati módszerek végrehajtására is, az egyes vizsgálatokhoz tartozóan megfelelő számítógépi programok megalkotásával.

A következő pontokban ezen vizsgálatokat ismertetjük tájékoztató jelleggel.

4.1. Lineáris hőtágulási együttható vizsgálata

Mint már említettük az aszfalt a lineáris hőtágulási együtthatóját már a 80-as évek közepén is mértünk, egy erre a célra kialakított dilatométerrel. E paraméter meghatározására azonban az aszfalt repedési hőmérsékletét mérő ARH-berendezés alkalmassá volt tehető megválasztott lehűtési sebességgel. Ennél a vizsgálatnál nincs erőmérés és a hajtóműnek sincs szerepe. A hűtés folyamán a próbatest hőmérsékletét és alakváltozását (zsugorodását) kell mérni.

A próbatest és felszerelése a következő eltérésekkel azonos az ARH vizsgálatnál alkalmazottakkal:

- A próbatestnek csak az egyik véglapjára kell a húzófejet felragasztani és ez lesz a felső szerkezetbe csatlakoztatva, így lóg a próbatest.
- A próbatestre szerelt felső keretbe legyenek az útdók mérőrudjai rögzítve, az alsó keretben legyenek a kisebb súlyú útdók (elmozdulás-mérők)

Az adott (pl.: 10°C/óra) szabályozott lehűlési sebesség indítása 10-15°C hőmérsékleten történik. A próbatest induló méretének (útdók induló állapotának) rögzítését +5 °C-on végzi el a vizsgálatot levezető program. A vizsgálat beállítható hőmérsékletig folytatható a -5°C és -30°C közötti hőmérsékleti tartományban. Az α mérését, számítását 0°C után kezdi el a program, ekkor rögzíti az addigi alakváltozást (L_0).

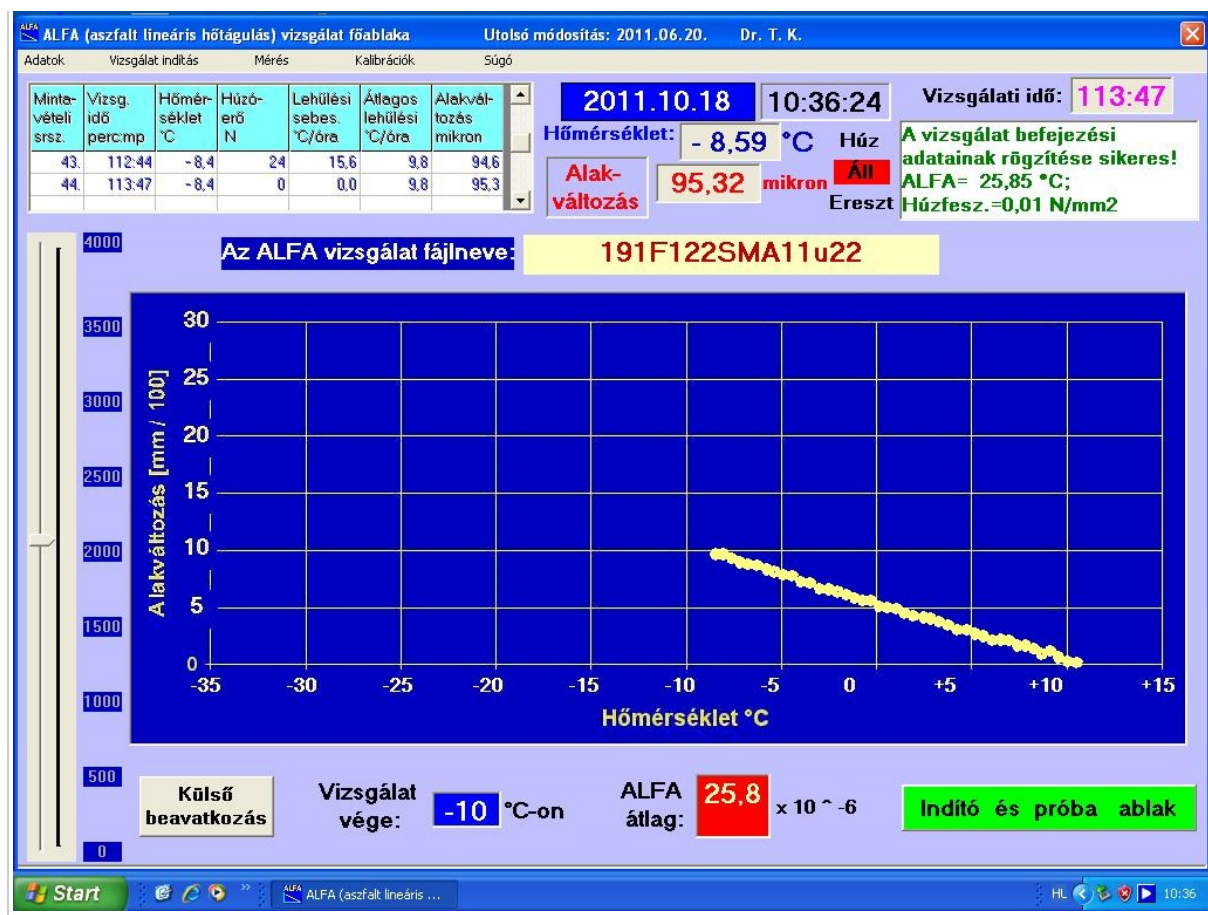
$$\alpha_T = \frac{L_T - L_0}{2 * 10^5 * (T - T_0)} \quad (7)$$

ahol,

L_T - az útdók által mért alakváltozás T hőmérsékleten [1/10000 mm],

L_{T_0} - alakváltozás a mérés kezdetének tekintett T_0 hőmérsékleten,

$2*10^5$ - a mért bázishossz [200 mm],



7. ábra

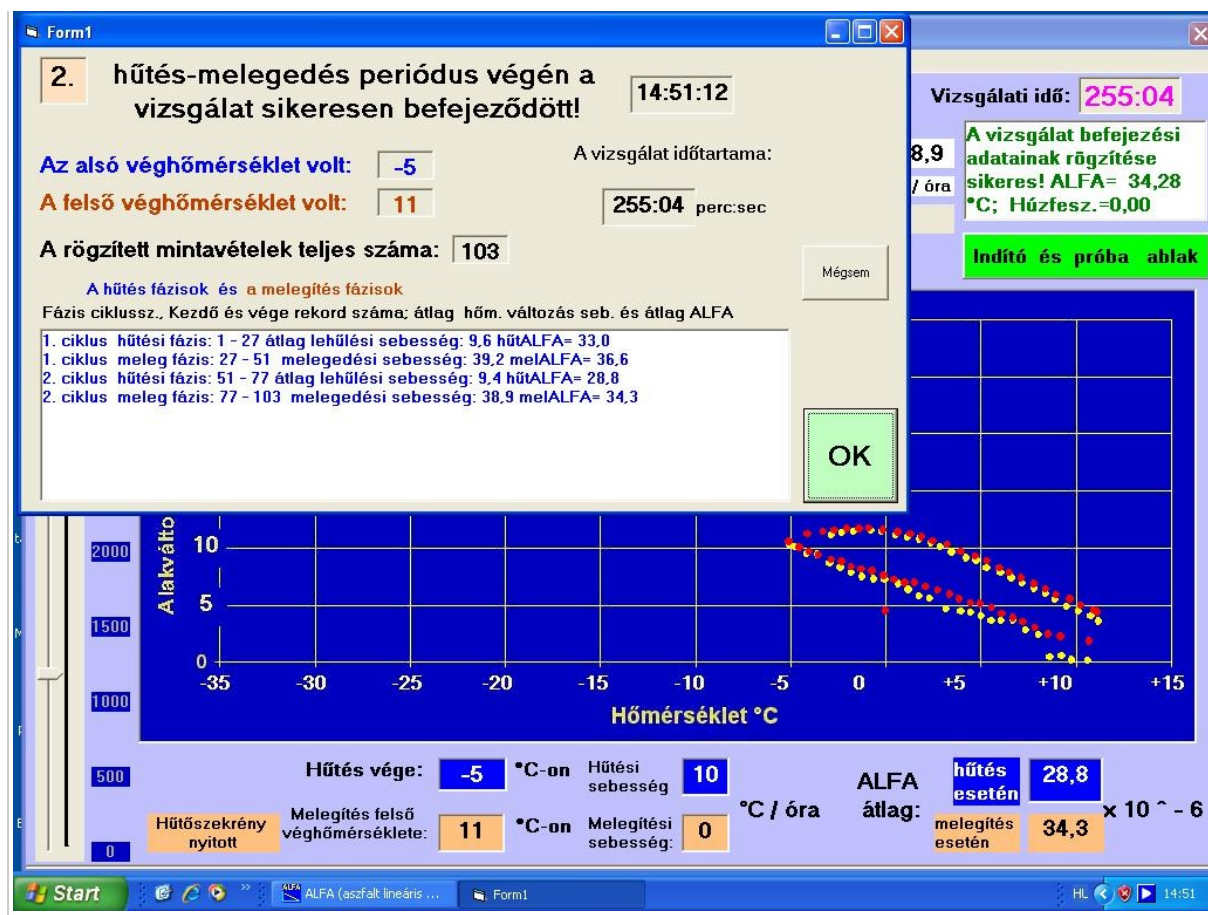
A lineáris hőtágulási együttható vizsgálata. A vizsgálatot ennél a mérésnél -8,6 °C-nál fejeztük be. Az SMA-11 kopóréteg lineáris hőtágulási együtthatója 10°C/óra lehülési sebesség esetén; $\alpha = 25,8 \times 10^{-6}$

4.2. Az ismétlődő hőváltozási dilatáció vizsgálata

Az aszfaltburkolatok, főként a kopórétegek állandó napi és évszaki hőmérséklet-változásnak vannak kitéve, melynek következtében valamelyik irányba alakváltoznak, illetve termikus húzó, vagy nyomó feszültségek keletkeznek benne.

A laboratóriumban a lineáris hőtágulási együttható vizsgálatának kiterjesztésével, a számítógépi program megfelelő módosításaival lehet ezt a jelenséget alacsony hőmérsékleten valamelyest szimulálni.

A vizsgálati folyamat úgy változik, hogy az adott sebességű hűtés végén a megadott hőmérsékleten a program kikapcsolja a hűtést és figyelmezteti a kezelőt a próbatest hűtőtér ajtajának kinyitására. Így a próbatest a laboratórium környezeti hőmérséklettől függően 20-30°C/óra sebességgel felmelegszik 10-15°C hőmérsékletre. Ekkor kezdődhet egy újabb periódus hűtési fázisa. Közben az alakváltozás és hőmérséklet mérése folyik és a program rögzíti az adatokat. Meghatározza a periódus mindkét fázisában az α értékét is.



8. ábra

Aszfalt dilatáció mérés két periódusban. A felső görbe a melegedési fázisban és a piros pontok a 2. periódusban

4.3. Húzás-vizsgálat a húzószilárdság és merevségi modulus meghatározására

Az aszfaltkeverékek húzószilárdságát, modulusát több vizsgálati módszerrel meghatározhatjuk:

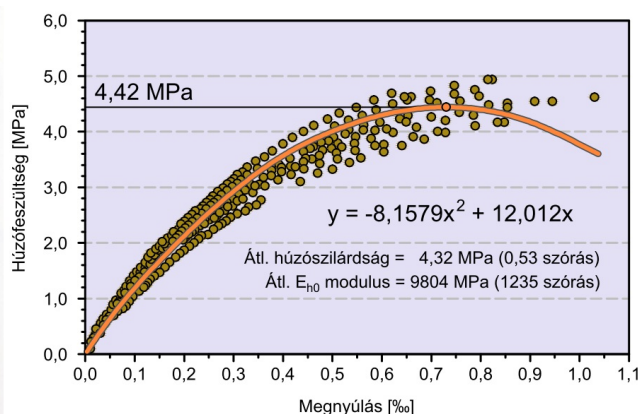
- hengeres próbatest hasítás vizsgálatával;
- hasáb próbatestek különféle hajlító vizsgálataival; és
- hasáb, vagy hengeres próbatest tengely irányú húzás vizsgálatával.

A legutóbb felsorolt vizsgálatot „tisza húzásnak” is nevezhetjük. Ez a vizsgálati módszer végrehajtható az ARH vizsgáló berendezésben, az ahhoz kialakított próbatesttel és szerelvényeivel. A vizsgálat egy beállított, változatlan hőmérsékleten tartott (temperált) próbatest hajtómű általi húzásával történik. A húzási sebesség a programban beállítható a 0,113,0 N/mm²/perc közötti feszültség növekedési intervallumban, de az alakváltozási (megnyúlási) sebesség is programozható. A hajtóművet az útdok és az erőmérő által küldött jelek alapján folyamatosan a megfelelő előtolási sebességre állítja a program. Az alakváltozás (megnyúlás) mérését itt is a próbatest 200 mm hosszú bázis szakaszán mérjük.

A merevségi modulus a hasítás vizsgálatnál már régen bevált módszerrel határoztuk meg. Az alakváltozás-feszültség görbén (függvényen) a szakítószilárdság 2/3 részénél választott ponthoz tartozó alakváltozás ($\epsilon_{2/3}$), illetve az origóból a ponthoz húzott egyenes alapján számítjuk a kezdeti modulus [N/mm²].

$$E_0 = \frac{2/3 * \sigma_{hszil.}}{\epsilon_{2/3}} \quad (8)$$

A 9. ábrán bemutatjuk a tíz évvel ezelőtti, az ARH berendezéssel először elvégzett vizsgálatunk alapján az ismétlési szórás ellenőrzésére 10 párhuzamos próbatesten elvégzett húzásvizsgálatok eredményeit. (A vizsgálatokat ez esetben -10 °C hőmérsékleten hajtottuk végre.)



9. ábra

a) A húzás vizsgálat képernyője. b) 0,1 N/mm²/perc feszültség növekedési sebességű egytengelyű húzásvizsgálat -10°C-on

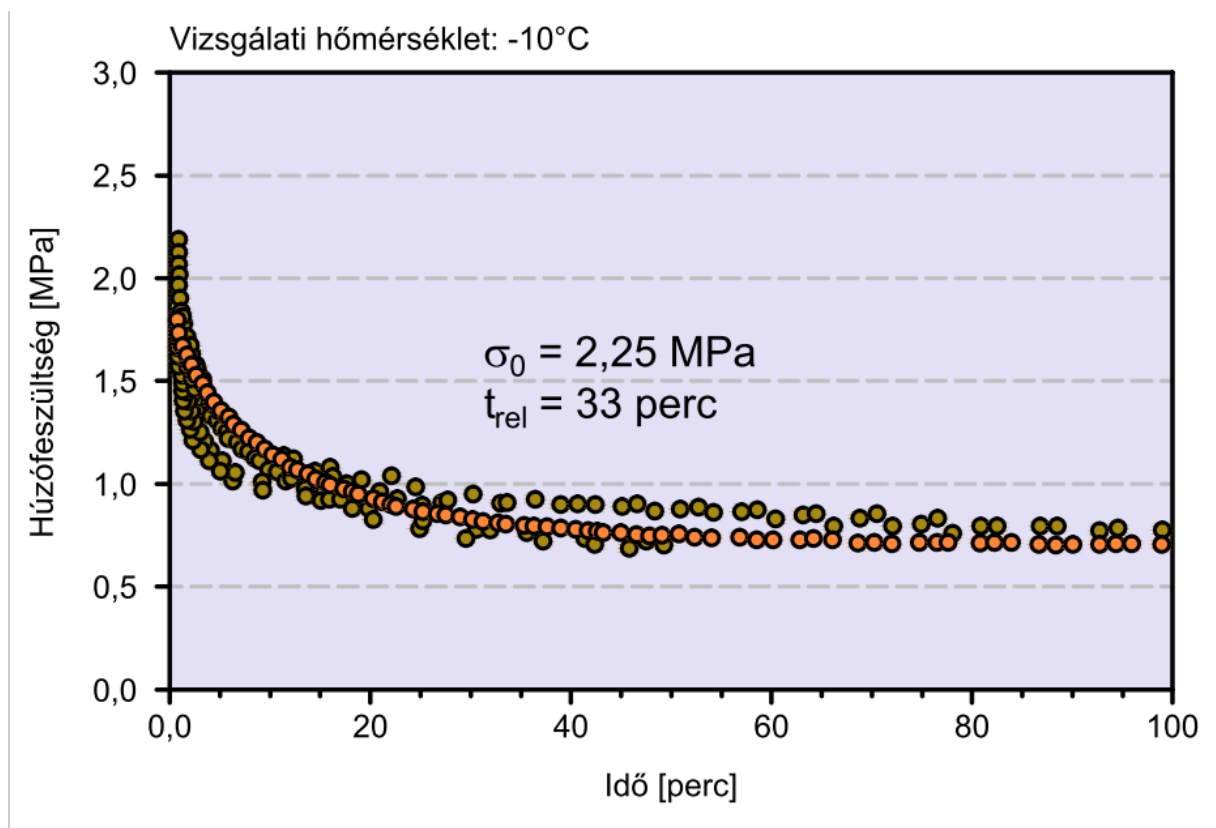
A 9. ábra a) része a húzásvizsgálat képernyőjét szemlélteti. Csökkenő hőmérsékletekkel a rugalmassági modulus és ezzel együtt a termikus feszültség is egyre gyorsabban növekszik, a relaxációs feszültség csökkenése romlik. A tíz évvel ezelőtti lehetőségeinkhez képest a próbatest készítése, méretre vágása, a húzófejek centrikus felragasztása, a klímater, a közvetítő elektronika is mára egyaránt korszerűsödött. Az akkori VB 3.0 programot felváltotta a fejlettebb VB 6.0 vezérlő program és ezek a módosítások nyilván az ismétlési szórást ARH berendezésen végrehajtott mindegyik vizsgálati módszernél csökkentették.

4.4. A relaxációs idő vizsgálata

A relaxációs vizsgálatnál a próbatest, az eszközök, az ARH berendezés változatlan. A próbatest hőmérséklete a vizsgálat folyamán beállítottan állandó. A vizsgálatot vezérlő program feladata nagy feszültség növekedési sebességgel a próbatestben felnövelni a feszültséget a megadott kezdeti s_0 értékre. A program az ehhez a feszültséghez tartozó alakváltozást (megnyúlást) a hajtómű által rögzíti és az a vizsgálat folyamán változatlan. Ezután a program - az alakváltozás rögzítésének pillanatát tekintve t_0 kezdeti időnek - az eltelt idő függvényében figyeli a feszültség csökkenését. A vizsgálat végét a kezdeti σ_0 feszültség 35 %-ra csökkenése jelenti, azért hogy a t_{rel} relaxációs idő a $0,368 \times \sigma_0$ feszültség értéknél biztosan meghatározható legyen.

Gauer javasolta, hogy a σ_0 kezdeti feszültséget a húzószilárdság 2/3 részére válasszuk, ahhoz, hogy ezt megállapíthassuk, előbb a relaxációs vizsgálattal azonos hőmérsékleten húzásvizsgálatokat kell végezni a húzószilárdság meghatározására. A relaxációs vizsgálat nem rontja a próbatestet, de az utána elvégzett húzásvizsgálatok nálunk jelezték, hogy a próbatestre nem volt teljesen hatástalan a relaxációs vizsgálat.

A 10. ábrán bemutatjuk a tíz évvel ezelőtt általunk először elvégzett aszfalt relaxációs idő vizsgálatunk eredmény táblázatának és grafikus ábrájának képét. Mint látható, a kezdeti feszültséget $\sigma_0 = 2,248 \text{ N/mm}^2$ kis szórással beállítja program. Ez az előzőekben tiszta húzással a -10°C-on meghatározott átlagos húzószilárdság ($3,376 \text{ N/mm}^2$) 2/3- értéke. A relaxációs idő átlagértéke 33 perc, szórása nagy. A vizsgálat szerint +10°C hőmérsékleten 0,38 perc, -20°C-on pedig már 340 perc a relaxációs idő.



10. ábra

A relaxációs idő vizsgálata ismétlési szórás ellenőrzése 9 próbatesten -10°C-on

4.5. Kapcsolt vizsgálatok alacsony hőmérsékleten lévő aszfalt húzó-fárasztó igénybevételekkel szembeni ellenálló képességének meghatározására

Az első fejezetben leírtuk az aszfaltburkolatok téli károsodásának az egyik - szerencsére nem sűrűn előforduló fajtáját, mikor nagy lehűlési sebességgel és -15 °C alá lehűlt aszfalt burkolaton - nagy tengelysúlyú nehézforgalomból származó hajlító húzófeszültségek a kopórétegben hozzáadódnak a még nem relaxált termikus húzófeszültséghez. Ez a körülmény a termikus feszültségtől és az aszfalt ismétlődő húzófeszültséggel szembeni fáradási ellenállásától függően a keréknyomban okozhat repedéseket.

A Konrad Mollenhauer által a Braunschweigi Műszaki Egyetemen 2008-ban készített, „Az aszfalt fáradási viselkedésének méretezési prognózisa egytengelyű húzó-fárasztó vizsgálattal” c. doktori disszertációja, illetve az ehhez kapcsolódó kutatási jelentés tanulmányozása alapján terveztük a következő vizsgálati rendszer kialakítását.[18]

Ez a vizsgálati rendszer három vizsgálati módszer kapcsolt alkalmazását teszi szükségessé:

- ARH (repedési hőmérséklet) vizsgálat egyik feladata: -15°C hőmérsékletnél a termikus húzófeszültség meghatározása. A vizsgálatot több lehűlési sebességgel is célszerű végrehajtani;
- Tiszta húzó vizsgálat végrehajtása -15°C hőmérsékleten a húzószilárdság meghatározására.
- Szinuszos erő (húzófeszültség) vezérlésű egytengelyű húzó fáradás vizsgálatok több próbatesten más-más terheléssel -15°C hőmérsékleten. A $\sigma_{\min}$ mindig egyenlő az ARH vizsgálatnál meghatározott σ_{-15} termikus húzófeszültséggel. A $\sigma_{\max}$ értékei a -15°C-on meghatározott húzószilárdság fele és 2/3-a között változhatnak, de értelemszerűen a $\sigma_{\min}$ értékénél nem lehet kisebb.

Mint az egyirányú terheléses fáradás vizsgálatoknál, itt most csak változó nagyságú húzóerő működik, az *ismétlési szám - maradó alakváltozás* függvény inflexiós jellegű. A fáradási tönkremeneteli, vagy másképpen élettartam ismétlési számot e függvénygörbe inflexiós pontja meghatározhatja. (A hivatkozott kutatási jelentés szerint a kutatás egyik problematikája annak eldöntése, hogy a vizsgálat során mit tekintünk tönkremeneteli ismétlési számnak. Ez az ismétlési szám ugyanis a fárasztási vizsgálatoknál jellemzően nem azonos maradó alakváltozás és ismétlési szám összefüggés görbéjének inflexiós pontjával, amit a vizsgálattechnika általában tekint tönkremenetelnek, bár ekkor még láthatóan nem repedezik össze, nem megy tönkre a próbatest.)

A húzó fárasztó vizsgálatokkal a $\sigma_{\min}$ termikus húzófeszültséghez a hozzáadott $\Delta\sigma_h$ húzófeszültség lépcsők révén $\Delta\sigma_h - N_h$ (élettartam ismétlési szám) ún. Wöhler görbe; határozható meg a $\Delta\sigma_h = a \times N^b$ összefüggés alapján.

Egy ilyen jellegű kutatási feladat célja lehet annak vizsgálata, hogy egy adott földrajzi területre jellemző téli klímánál, mi az a veszélyes téli hőmérsékleti zóna, amikor már bizonyos (például normál bitumennel gyártott) aszfaltok, főleg kopórétegek a megengedett keréktérhelés által okozott (hajlító) húzó feszültséggel, már viszonylag kis forgalmaknál (terhelés ismétlési számoknál) télen tönkremehetnek.

5. Összefoglalás, kutatási feladatok

Mára az aszfaltburkolatok nyári plasztikus deformációs károsodását sikerült jelentősen mérsékelni, gyakorlatilag megszüntetni, de nyomvályú mérséklésére kialakított különféle technológiai megoldások (a bitumentartalom csökkentése, a korábbiaknál keményebb bitumen termékek használata, de még az aszfalttermékekre vonatkozó EN szabványok formai előírásai is) a viszkoelasztikus aszfaltok hidegoldali viselkedését *kontrollálatlanul* rossz irányba terelték. A hidegviselkedési okokból előálló burkolati romlások nem sajátosan magyar jelenség, hanem az európai országok többségére is fennáll, amit az EAPA hangoztat is.

Elgondolkodtató, hogy az aszfalt melegoldali tulajdonságait, sőt (méretezési célú paraméterként) merevségét, fáradási tulajdonságait ma már hatékonyan vizsgáljuk, és ezekre vonatkozóan teljesítmény-szinteket is adunk, de a hidegviselkedési tulajdonságait nem vettük figyelembe. Ennek egyik valószínű oka lehet az, hogy a hidegviselkedési anyagtulajdonságok vizsgálata nem könnyű laboratóriumi mérés technikai feladat, mert igen kis alakváltozásokat nagy pontossággal kell meghatározni. A CEN az aszfaltok hidegviselkedésének jellemzésére vizsgálati módszert későn, csak 2012 évi bevezetéssel specifikált, illetve az új európai termékszabványok csak a 2016. évi bevezetésükkel nyújtják majd a követelmények előírásának elvi lehetőségét. Három évtizeddel ezelőtt kezdtünk foglalkozni laboratóriumunkban az aszfalt hidegviselkedés problémakörével. Tulajdonképpen olyan irányú átfogó célzott kutatás nem folyt, amely az aszfalt összetevőinek mennyiségi és minőségi jellemzőinek hatását mindenben tervezetten vizsgálta volna az aszfalt alacsony hőmérsékletű lényeges tulajdonságaira vonatkozóan. (Bizonyos mértékben az aszfalt merevséggel kapcsolatosan folytak azonban olyan kutatások is, amelyek az aszfalt alacsony hőmérsékleteken kialakuló merevségre irányultak.)

Az 1984-ben kialakított, négy alacsony hőmérsékleten végzett hasítás vizsgálattal (σ_{HHSZ} és E_H), a lineáris hőtágulási együttható (a) meghatározásával számított, I a relaxációt azonban mellőző, ezért fiktívnek nevezett - repedési hőmérsékletet két évtizeden keresztül alkalmaztuk kutatásokban és ipari megbízásoknál. Ezzel a vizsgálati módszerrel igen nagy számban vizsgáltunk az ipari gyakorlatban gyártott különféle aszfaltkeveréket. Sok adat származott 1986-tól – elsősorban a hazai modifikált bitumen kifejlesztését általunk is segített – az ún. BVA Bitumen Vizsgáló Aszfaltok vizsgálataiból is. (A BVA 5 minősítő vizsgálatából két jellemző a hidegviselkedést minősítette.) Már ezen vizsgálatok alapján is lehetett az aszfaltok hidegviselkedésre összefüggéseket találni, megállapításokat tenni. Ezeket a teljesség igénye nélkül az alábbiakban röviden felsoroljuk:

- Az aszfalt hidegviselkedését elsősorban a kötőanyag minőségi jellemzői, kevésbé a kötőanyag mennyisége befolyásolja;
- A bitumen közvetlen vizsgálataival közül továbbra is a Fraass féle töréspont eredménye nyújt a legtöbb információt az aszfalt várható hidegviselkedésére vonatkozóan. Ezt bővíti az alacsonyabb +4 °C hőmérsékleten végzett duktilitási vizsgálat és rugalmas visszaalakulás vizsgálat eredménye. Minél mélyebb a bitumen Fraass töréspont hőmérséklete, minél nagyobb a rugalmas visszaalakulás, annál jobb hidegviselkedést kölcsönöz az aszfaltnak. Itt megjegyezzük, hogy az SHRP szerinti bitumenvizsgálatok akkoriban még nem léteztek;
- A kötőanyag-tartalom növekvő mennyisége pozitívan befolyásolja az aszfalt alacsony hőmérsékleten mutatott tulajdonságait. A szélsőségesen nagy (8 tömeg % feletti) kötőanyag-tartalom viszont már ronthatja az aszfalt hidegviselkedését;
- A kötőanyag összetevőkkel a Fuller görbéhez közeli szemeloszlású érhető el az aszfalt nagyobb (kedvezőbb) húzószilárdsága;
- A 6,0 tf % felett a szabad hézagtartalom növekedésével húzószilárdság kedvezőtlenül csökken;
- A nagy hézagtartalmú ún. drén aszfalt kopórétegek lineáris hőtágulási együtthatója a legkisebb, $\alpha = 17 \times 10^{-6}$ körüli érték, ami a repedésérékenységet illetően kedvező. A 8 tömeg % feletti bitumennel kevert aszfaltok

(öntöttaszfalt, ÉHA) szolgáltatják a legnagyobb lineáris hőtágulási együtthatókat ($\alpha=33-37 \cdot 10^{-6}$ értékekkel), ami már kedvezőtlen hatású az aszfaltok hidegviselkedésére;

- A modifikált (elsősorban az elasztomer modifikált) bitumenek az aszfalt merevségének hőmérséklet függését kedvezően befolyásolják alacsony hőmérsékleteken, úgy, hogy a húzószilárdságuk eközben nem csökken. Mindez kedvező hatást gyakorolt a hidegviselkedésre.

A fenti általános jellegű tapasztalataink ellenére azonban hiányzik az aszfalt alacsony hőmérsékletű tulajdonságainak átfogó kutatása.

Ha áttekintjük az előbbieken leírt, az aszfalt hidegviselkedési tulajdonságait előnyösen befolyásoló tényezőket, legtöbbjük az aszfaltkeverék keréknyom képződésre, illetve a magasabb hőmérsékleten előálló (plasztikus) a deformációjára való hajlamot kedvezőtlenül befolyásolhatják.

A forgalom nagy tengely terheléseinek megjelenésétől kezdődően, immár négy évtizede az aszfalttechnológiának a fő kutatási, megoldási iránya a keréknyomképződés csökkentésére-megszüntetésére terelődött, nem igen törődve az aszfaltburkolatok téli viselkedésével, károsodásaival.

Ha az aszfaltburkolat mindkét károsodási lehetőségét – azaz a plasztikus deformációt és a téli termikus eredetű repedések kialakulását – egyaránt el akarjuk kerülni, akkor az aszfalttechnológia számára egy szűk ösvény marad. amihez az egyes aszfalt keveréktípusok optimálisnak mondható keverék-összetevőit meg kell találni. A meleg oldali tartományban való viselkedés meghatározására a keréknyom-képződési vizsgálat ma már „üzemszerűen”, a dinamikus triaxiális vizsgálat pedig kutatási célokat is tekintve is jól bevált vizsgálatok. Cikkünkben bemutattuk az aszfalt hidegviselkedési tulajdonságának megítélésére a gyakorlatban a legjobban használható, leginformatívabb vizsgálati módszert, a repedési hőmérséklet direkt mérését. Tanszékünk laboratóriuma ezt mérési módszert már jó ideje, szinte rutinszerűen tudja végrehajtani. Felhívtuk arra is a figyelmet, hogy ezzel a vizsgáló berendezéssel a hidegviselkedés megítélésére szolgáló további, főleg kutatási célú vizsgálatokat is lehet végezni. Ezek közül is elsősorban az alacsony hőmérsékleten végrehajtható (4.5. pont szerinti) fárasztó-vizsgálat megteremtése lehet egy kiemelt kutatási cél, ehhez azonban jelentősebb költség kihatással az erre a célra is alkalmas, majd 30 éves MTS gyártmányú fárasztógépünk felújítására, vezérlésének átalakítására, klímaterének teljes rekonstrukciójára is szükség lenne.

Záró megjegyzésként ismét csak azt hangsúlyozzuk, hogy a nagy teljesítményű aszfaltok tervezéséhez, gyártásához építéséhez a plasztikus deformáció-ellenállás, a fáradási ellenállás, és a hidegviselkedés megítélésére irányuló vizsgálatok mindegyikét el kell végezni, a vizsgálati tapasztalatokat pedig rendszerezetten kell értékelni, az építési gyakorlat számára is visszacsatolni.

Szakirodalom

- [1] PALLÓS I. – TÖRÖK K. – KELETI I.: Műszaki Szállítási Feltételek E, K, és R forgalmi terhelésű utakhoz alkalmazható nagymodulusú aszfaltkeverékek repedési hőmérsékletének meghatározása 2005.
- [2] FprEN 13108-1 ...13108-6:2015, Bituminous mixtures – Material specification Part 1-6, CEN/TC 227 WG1, 2015
- [3] W. ARAND: Az aszfalt fáradása alacsony hőmérsékleten. (Közúti és Mélyépítési Szemle 2007. július)
- [4] TÓTH CS.: Aszfaltkeverékek merevsége a terhelési idő, a hőmérséklet és a kőváz szemeloszlásának függvényében. (Ph.D. disszertáció, BME 2010.)
- [5] NEMESDY E. – AMBRUS K – PALLÓS I. – TÖRÖK K.: Az aszfaltkeverékek mechanikai és fizikai tulajdonságainak laboratóriumi vizsgálatai. (BME Útépítési laboratórium: Szakmérnöki segédlet. 1989 – 2002.)
- [6] NEMESDY E. – TÖRÖK K.: Aszfaltmechanikai vizsgálatok ismételhetőségének matematika statisztikai jellemzői. (Országos Közúti Főigazgatóság megbízásából, BME Útépítési Tanszék, kutatási jelentés, 1990.)
- [7] W. ARAND: Kälteverhalten von Asphalt. Teil 1. Bewertungs-hintergrund zur Beurteilung des Verhaltens von Walzasphalten bei Kälte (Die Asphaltstrasse 3/87.)
- [8] P. GAUER: Relaxationsversuche an biegetransportation Asphaltprismen bei niedrigen Temperaturen (Bundesminister für Verkehr, Bonn, Mai 1986.)
- [9] KALLAS: Low-Temperature Mechanical Properties of Asphalt Concrete (The Asphalt Institute, Research Report 82-3)

- [10] W. ARAND: Kälteverhalten von Asphalt. Teil 2. Einfluss der Zusammensetzung auf das Verhalten an Walzasphalten bei Kälte (Die Asphalt-strasse 4/87.)
- [11] PALLÓS I. – TÖRÖK K.: Az aszfaltok termikus feszültségének vizsgálatai. Az aszfaltok relaxációs repedési hőmérsékletének meghatározása. (ÁKMI Kht. megbízásából a BME Út és Vasútépítési Tanszék, kutatási zárójelentés 2001.)
- [12] PALLÓS I.: Az aszfaltok hidegviselkedési tulajdonságainak vizsgálatai. (Egyetemi doktori értekezés, BME 1992.)
- [13] PALLÓS I.– TÖRÖK K – TÓTH S. Az aszfalt relaxációs repedési hőmérsékletének meghatározására irányuló vizsgálati módszer kidolgozása, hazai bevezetése a SHRP –M 010 szerinti módszer adaptálásával. Kutatási Jelentés 2003.
- [14] NEMESDY E.–AMBRUS K.–PALLÓS I.–TÖRÖK K.: Az útépítés aszfalttervezési eljárásainak komplex aszfaltmechanikai vizsgálati rendszerrel való fejlesztése. (UKIG megbízásából végzett kutatás zárójelentés. BME Útépítési Tanszék, Budapest, 1995.)
- [15] TÖRÖK K. – PALLÓS I.: Az aszfalt hidegviselkedése, alacsony hőmérsékletű termikus repedés érzékenységének vizsgálatai (IX. Budapesti Nemzetközi Útügyi Konferencia 2006. előadás)
- [16] M. SPIEGEL: Tieftemperaturverhalten von bituminösem Baustoffen. (Ph.D. Dissertation. ISTU Wien, 19. Mitteilungen, 2008.)
- [17] RVS 08.16.06. Anforderungen an Asphaltschichten – Gebrauchsverhaltensorientierter Ansatz. Wien, am 12. März. 2013.
- [18] K. MOLLENHAUER: Dimensionierungsrelevante Prognose des Ermüdungsverhaltens von Asphalt mittels einaxialer Zug-Schwellversuche ((Ph.D. Dissertation. Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, 2008)

Adatok

Megjelent itt

5. szám

2015. tavasz



Szerző

dr. Török Kálmán

dr. Török Kálmán

dr. Pallós Imre

Témakörök

Kiemelt • Kötőanyagok • Útépítés

Kulcsszavak

Befogadva

2015. május 6.

Abstract

In the past five years the analysis and quality control of cold state characteristics of asphalt has been lacked in the qualification system of design, production and construction of asphalt mixtures in Hungary. The summer plastic deformation type deterioration of asphalt pavements has been considerably decreased or eliminated by now but these technological solutions have an unfavourable side-effect beyond control on the cold performance of visco-elastic asphalts. In the Road Construction Laboratory of Budapest Technical University authors have been analysed cold performance of asphalt pavements since the middle of the 1980 decade. The aim of this article besides scientific presentation is to raise attention and provide information at the practical side of this topic.

Hozzászólás

* Név	
* Email	
Honlap	
Hozzászólás	
Hozzászólás elküldése	

[Bejegyzések](#)

[Galéria](#)

[Impresszum](#)

[Interjúk](#)

[Könyvajánló](#)

[Nemzetközi szemle](#)

[Témakörök](#)



Magyarországi hídadatbázis alkalmazhatósága meglévő közúti hidak földrengésvizsgálatához

Szerző(k) **Simon József és Vigh László Gergely**

Kivonat

Az elmúlt évek tapasztalatai azt mutatják, hogy a földrengési határállapot mértékadó lehet hídjaink jelentős részénél. Meglévő hídjaink szeizmikus viselkedése nem ismert, meghatározásához szükséges a hidak szerkezetének pontos leírása. A meglévő közúti hídadatbázis alacsony ismereti szintet biztosít, azonban elegendő a hidak tipizálásához, mely alapján paraméteres vizsgálattal meghatározhatóak az egyes szerkezeti típusok kritikus kialakításai, elemei. A vizsgálatok pontosításához az adatbázis bővítésére van szükség, melynek rendszerét kidolgoztuk és bemutatjuk. A cikkben a hidak osztályba sorolása, valamint a sűrűbordás típusú hidak közelítő, teljes hídállományra kiterjedő szeizmikus kiértékelése is bemutatásra kerül.

1. Bevezetés

A hatályos Eurocode 8 (CEN 2008a,b) szabvány előírja minden új vagy megerősítendő hídszerkezet teljeskörű szeizmikus vizsgálatát. Az utóbbi időben számos új híd vagy megerősítés kapcsán kerültek elő olyan problémák, melyek a földrengési teher miatt adódtak. Zsarnóczy és m.társai (2014) munkájukban tipikus magyarországi gerendahidak szeizmikus teljesítőképességét vizsgálták, mellyel a kritikus kialakítások és szerkezeti elemek köre körvonalazódott, azonban a teljes meglévő hídállomány tekintetében még mindig nem rendelkezünk átfogó vizsgálati eredményekkel. Az eddigi eredmények alapján valószínűsíthető, hogy az Eurocode 8 által előírt intenzitású földrengés esetén még a szerkezetileg megfelelő hidakban is jelentősebb károsodások keletkezhetnek. Ezeknél a hidaknál megerősítésre vagy szeizmikus szigetelés beépítésére van szükség (lásd Hárosi híd megerősítését Simon és Vigh (2015a) munkájában, illetve megerősítési esettanulmányokat Simon és Vigh (2013a) cikkében).

Ez ösztönözte kutatásunk megkezdését, melynek két fő célja van: 1) a meglévő hídállomány vizsgálata (a kritikus hídszerkezetek és szerkezeti részletek körének megállapítása, a várható károsodások becslése és javaslattevél lehetséges megerősítési módokra); 2) javaslattevél új szerkezetek esetén alkalmazható tervezési koncepcióra, mellyel a földrengési hatásokkal szembeni ellenállás hatékonyan és gazdaságosan elérhető.

A teljes hídállomány szeizmikus teljesítőképességének meghatározásának céljából szükséges a teljes hídállomány többszempontú leírása, statisztikai kiértékelése. Ehhez olyan adatbázisra van szükség, mely hidanként megfelelő információval szolgál számunkra különböző modellezési szintek kidolgozásához, egyszerűsített vagy pontosabb földrengésvizsgálat elvégzéséhez.

A felépített adatbázisnak tartalmaznia kell a híd alapadatait (név, helyszín, milyen közúti vagy vasúti vonalon van, építés éve stb.), geometriai adatokat a geometriai modell felépítéséhez (támaszközök száma, nyílások mérete, statikai rendszer, ívesség, ferdeség, pillérmagasságok, keresztmetszetek, alapozás kialakítása stb.), az anyagmodellek felvételéhez anyagtulajdonságokat (beton és betonacél minőség, acél osztály, talaj besorolása stb.), illetve egyéb statikai rendszert vagy terhelést meghatározó adatokat (saruk típusa, kiosztása, dilatációk megléte, mérete, rétegrend az önsúly számításához stb.).

Jelen cikkben elemezzük a már meglévő hídadatbázisokat Magyarországon, ellenőrizzük, hogy mely szükséges adatokat tartalmazzák, melyek amik hiányoznak, de elengedhetetlenek a földrengésvizsgálat végrehajtásához. Ezután javaslatot teszünk az adatbázis meglévő rendszerének kibővítésére úgy, hogy az ne csak üzemeltetői igényeket elégítsen ki, hanem szerkezeti analízisre, földrengésvizsgálatra is alkalmazható legyen. A kibővítéssel akár a teljes meglévő hídállományon (hidanként) elvégezhető a kívánt statikai vagy földrengésvizsgálat is.

A 3. pontban látni fogjuk, hogy a meglévő adatbázis jelen állapotban nem alkalmas egyedi hidak vizsgálatára, hiszen a szolgáltatott ismereti szint alacsonynak bizonyul, így a hídállomány szeizmikus teljesítőképessége

típushidak vizsgálatával hajtható végre. A cikkben bemutatjuk hogyan értékeltük ki a meglévő adatbázist, hogyan választottunk ki típusszerkezeteket parametrikus földrengési vizsgálatokhoz. Egy ilyen típusszerkezet, a sűrűbordás hidak esetére megmutatjuk hogyan lehet a paraméteres vizsgálatokat végrehajtani, kritikus szerkezeti elrendezéseket meghatározni, valamint hogyan lehet egy közelítő becslést adni a teljes állomány szeizmikus teljesítőképességére.

2. Meglévő hídadatbázisok Magyarországon

2.1. Közúti hídadatbázis

A Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ (KKK) megbízásából a Cartosoft Kft. (<http://www.cartosoft.hu/>) 2001 óta fejleszti a Híd Alrendszer nevű adatbázist. A Híd Alrendszer kezdetekben a közúti nyilvántartás alrendszereként foglalkozott a közúti hidak műszaki nyilvántartásával. A szakmai igények szerinti folyamatos bővítésnek köszönhetően ma már önálló rendszerként üzemel, megteremtve az alapjait az országos szintű Egységes Hídnyilvántartási Rendszer (EHR) kialakításának (KKK 2001). Az adatbázis elérhető a <http://www.hidadatok.hu> webcímen.

A meglévő EHR útüzemeltetési céllal jött létre, csak a legszükségesebb műszaki tartalmakkal van ellátva. Az adatbázis felépítését az 1. ábra mutatja, melyen csak azokat az adatokat jelöltük, amelyek alkalmazhatóak a földrengésvizsgálatokhoz, illetve azt megelőzően a hídállomány statisztikai értékeléséhez és típusszerkezetek kiválasztásához.

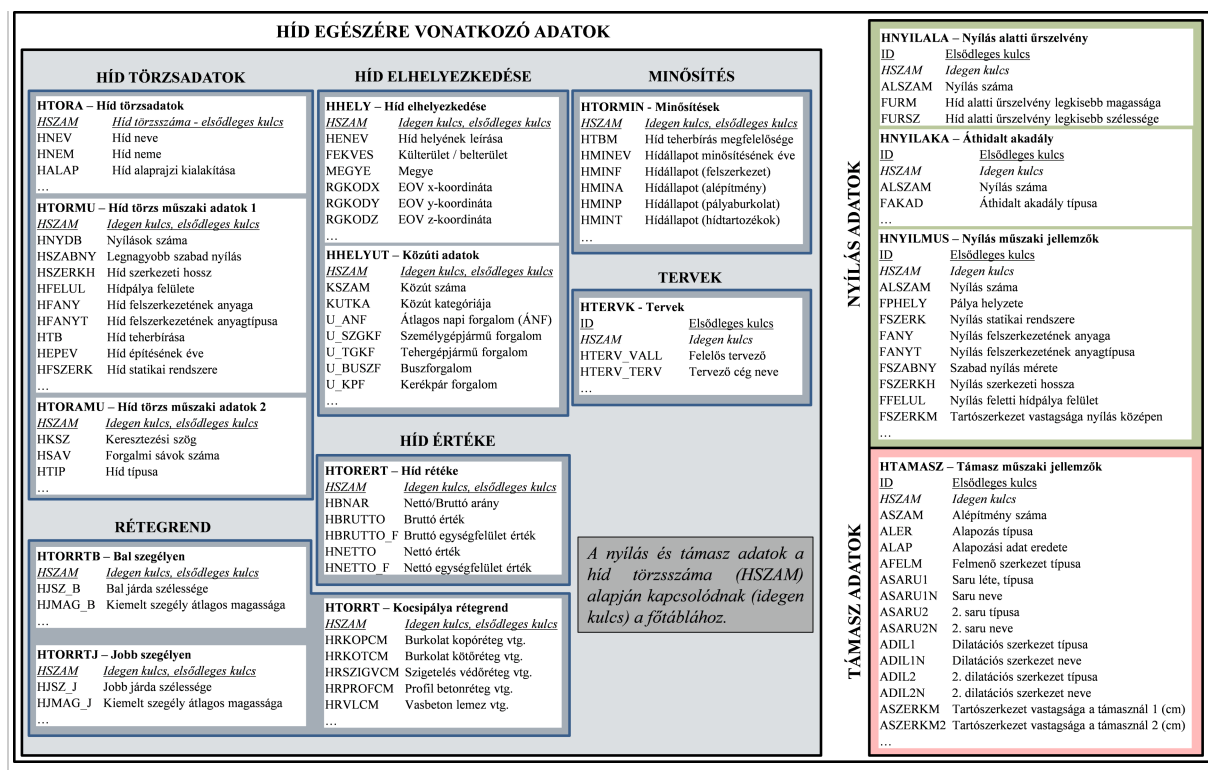
Az adatbázisban rögzített hidak mindegyike rendelkezik a legalapvetőbb adatokkal, melyek egyszerűen a nyilvántartás miatt szükségesek, leltárszerűen jellemzik az állományt. Ilyen adatok: a híd helye, fő méretei, szerkezeti kialakítása, anyaga stb. Az adatbázis törzsadatok, törzs műszaki adatok (HTORA, HTORAMU, HTORMU adatbázis táblák) tartalmazzák a legfontosabb geometriai és műszaki adatokat is: támaszközök száma, felszerkezet anyaga, típusa, szerkezeti rendszer, nyílások mérete, hídpálya felülete, hídszélesség, sávok száma stb.

A teljes hidat jellemző további adatbázis táblák a híd elhelyezkedését (HHELY: megye, EOY koordináta stb.), a közúti kategóriát (HHELYUT: közútkategória, forgalmi adatok), a híd értékét (HTORET: bruttó és nettó teljes és fajlagos értékek), a tervezői adatokat (HTERV: tervező cég, felelős tervező), a híd minősítését (HMIN: minősítés éve, hídállapot), valamint a rétegrendeket (HTORRTB, HTORRTJ, HTORRT: rétegrendek a bal és jobb szegélyen, a kocsi pályán) tárolják. Ezek a táblák 1:1 kapcsolatban állnak a törzsadatok tartalmazó fő táblával (HTORA), ahol a híd törzsszáma (HSZAM) szolgáltatja az idegen kulcsot minden egyes tábla esetén.

Az EHR adatbázis a szokásos útüzemeltetői adatbázisoknál, mint például a National Bridge Inventory (FHWA 2002), többet nyújt műszaki tartalom szintjén. Az adatbázis mind a nyílásokról (HNYILALA, HNYILAKA, HNYILMUS), mind a támaszokról (HTAMASZ) külön adatokat tárol. Ennek segítségével részletesebb képet kapunk a híd geometriájáról, külön az egyes nyílások kialakítása, hossza, szerkezeti rendszere, szerkezeti magassága megismerhető, a támaszok tekintetében pedig a saruk, dilatációk kialakításáról, a felmenő szerkezeti rendszerről, az alapozás típusáról kaphatunk információt. A táblák ez esetben 1:N kapcsolatban vannak a fő táblával, ahol az idegen kulcsot itt a híd törzsszáma nyújtja (HSZAM).

A meglévő EHR adatbázis földrengésszámításhoz való alkalmazhatóságáról, illetve az adatbázis felépítési rendszeréről bővebben a 3. pontban írunk.





1. ábra

A meglévő EHR adatbázis (KKK 2001) struktúrája. Az ábra csak a hídálomány kiértékeléséhez és földrendésvizsgálat elvégzéséhez szükséges egyedeket és attribútumokat tartalmazza. Az egyedek nevei vastag betűvel, az elsődleges, illetve idegen kulcsok aláhúzással, illetve dőlt betűvel vannak jelölve

2.2. Vasúti hídadatbázis

A nemzeti infrastruktúra jelentős részét teszi ki a vasúti hálózat, mely állami tulajdonú, a személyforgalom mellett jelentős áruforgalom zajlik, így a rendszer legfontosabb csomópontjai, azaz a hidak károsodása nagy mértékű nemzetgazdasági problémákat kelthet. A kutatás jelenlegi fázisában csak közúti hidak földrendésvizsgálatával foglalkozunk, azonban a vasúti hidak vizsgálata is kulcsfontosságú, így ebben a pontban bemutatjuk a meglévő vasúti hídadatbázist, valamint tömören összefoglaljuk a vasúti hidakkal kapcsolatos eddigi tapasztalatainkat.

A Magyar Államvasutak (MÁV) egy műszaki és gazdasági adatokat egyaránt tartalmazó hídgazdálkodási rendszert (MÁV-HGR) fejlesztett (MÁV 1990). A hídnilyántartás tartalmazza a hidak pontos helyét (vonat, szelvény), leltári adatait, a híd típusát, geometriai jellemzőit, nyílások számát, szerkezeti elemei anyagát, méretezési terhet, a tényleges teherbírást, a vasúti felépítmény adatait (rendszer, vágányszám), és a híd élete során említésre, rögzítésre méltó minden eseményt, beavatkozást (Erdődi 2003).

Tájékoztató jelleggel (Erdődi 2003) alapján bemutatjuk a MÁV által kezelt hidak megoszlását hídtípus szerint (1. táblázat). Látható, hogy a hidak közel 90%-a beton, vasbeton (esetleg kő és tégl), szerkezeti rendszerük főleg lemez, teknő, tartóbetétes vb. híd, átereszt, keretszerkezet. Ezek túlnyomórészt integrált szerkezetek, támaszközüik legtöbb esetben 5-10 méter között mozog. A hidak több, mint 90%-a egy nyílású. Ez földrendés szempontjából kedvezőbb, hiszen az általában kritikus elemként kezelt pillérek itt elmaradnak.

Hídtípus	Tényleges szám szerint		Nyilántartási szám szerint		Vágánynyílás szerint	
	db	%	db	%	vnyfm	%
Tartónélküli nyílt átereszt	61	0,71	64	0,56	33	0,06
Fatartós átereszt, fahíd	15	0,17	15	0,13	11	0,02

Kőfedlapos átereszt	81	0,94	125	1,09	96	0,18
Kő, tégl, beton, vb. hidak, átereszek	7736	89,95	10696	93,65	27930	52,73
Feszített vb. hidak	18	0,20	19	0,17	1848	3,49
Rácsos acélhidak	136	1,58	87	0,76	9088	17,16
Egyéb acélszerkezetű hidak	438	5,1	312	2,73	7656	14,46
Gyalogos felüljárók	79	0,92	77	0,67	5572	10,52
Ideiglenes hidak (provizórium)	35	0,41	26	0,23	727	1,37
Pályavasúti hídállag összesen	8599		11421		52960	

1. táblázat

Kincstári tulajdonú, MÁV Rt. által kezelt, üzemeltetett hidak megoszlása híd típus szerint (Erdődi 2003).

A fentebb vázolt vasbeton szerkezeti rendszerek a kis támaszköz, illetve a túlnyomórészt egyenylású kialakítás és integrált szerkezeti megoldás miatt feltehetően nem érzékenyek földrengési hatásokra.

A hidak kisebb részét képező, de jelentős számban jelen lévő gerindemezes és rácsos acélhidak egyenylású kialakítással már nagyobb támaszközökkel vannak jelen, így a felszerkezeti tömeg esetlegesen elegendően nagy lehet ahhoz, hogy földrengési hatásokra a saruban, hídfőben károsodás keletkezzen. A hosszirányú vizsgálatok esetén támpont lehet a hidat egyszabadságfokú rendszerként vizsgálva, a teljes felszerkezeti tömeget figyelembe véve becsülni a földrengés során kialakuló erőket, majd ezt összevetni a híd építéskor (vagy felújításakor) hatályos szabványban foglalt fékezőerővel.

Többtámaszú, nagyobb nyílású ($L > 40-50$ m) acélhidak esetén a tapasztalatok azt mutatják, hogy a földrengésvizsgálat mértékadó lehet mind a saruk, mind a pillérek és alapozásuk szempontjából. Ennek tükrében a későbbiekben mindenképp célként kell kitűzni legalább a kulcsfontosságú, nagy fesztávú, többtámaszú acélhídjaink földrengésvizsgálatát, melyet a teljes rendszer, a többi (feltehetőleg földrengésre kevésbé érzékeny) szerkezet vizsgálata követhet.

A 3. pontban a meglévő EHR közúti adatbázis földrengésszámításhoz való alkalmazhatóságával, illetve az adatbázis felépítési rendszerének kibővítésével kapcsolatban tett megállapítások, ajánlások a későbbiekben adaptálhatóak egy továbbfejlesztett vasúti hídadatbázis esetére is.

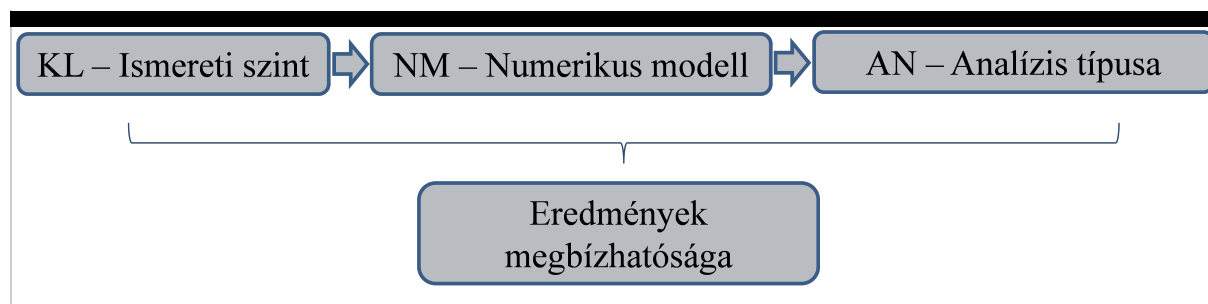
3. Meglévő hídállomány földrengésvizsgálatának kérdései

Az EHR-ben, illetve annak elődjében az Országos Közúti Adatbankban (OKA) tárolt adatok már egy korábbi kutatásban, vizsgálatban is felhasználásra kerültek szerkezeti analízisre. Vigh és Kollár (2006) kutatásában közúti hidak közelítő analízisét dolgozták ki nehézárművek útvonal-engedélyeztetéséhez, illetve ehhez egy felhasználói programot is készítettek. A vizsgálatok csak a felszerkezet analízisére térnek ki, az alépítménnyel nem foglalkoznak. Már ebben a vizsgálatban is kiderült, hogy egyes esetekben (ilyenek például az ívhidak, boltozatok) a tárolt adatok nem elégségesek, feltételezéseket kell tenni ezen hiányos adatok tekintetében, majd konzervatív módon becsülni a szerkezet teherbírását.

Földrengésvizsgálat esetén az eredményeket döntően befolyásolja az alépítmény kialakítása, az egyes szerkezeti elemek tömege és merevsége. Az eredményeinek megbízhatósága nagyban függ a vizsgált híddal kapcsolatos meglévő ismereti szinttől (KL). Az alkalmazott numerikus modell kidolgozása során fontos a modellezendő híd geometriájának és anyagtulajdonságainak ismerete, melyből a tömeg- és merevségi viszonyok számíthatóak, az ismereti szint és a numerikus modell (NM) együttesen pedig az alkalmazott analízis típust (AN) határoolja be (2. ábra).

Fejlettebb numerikus modellek és magasabb szintű analízis általában megbízhatóbb eredményekre vezet, ám alacsony ismereti szinten a túl részletes modellezés éppen ellenkező tendenciát mutathat. Alacsonyabb ismereti szinten ezért lehetőség szerint többféle alternatívát kell vizsgálni minden olyan esetben, ahol feltételezésekre, egyszerűsítésekre van szükség.

A geometriával és anyagtulajdonságokkal kapcsolatos ismereti szinteket vázoltuk fel a *2. táblázatban*, a lehetséges modellezési szinteket a *3. táblázat*, míg az alkalmazható földrengési analízis típusokat pedig a *4. táblázat* mutatja. Ezeket a következő pontokban részletesen bemutatjuk, majd elemezzük, hogy a meglévő adatok alapján milyen vizsgálati szint javasolt a teljes hídállomány elemzéséhez (*3.4. pont*), majd meghatározzuk a vizsgálatok pontosításához szükséges adatok körét, az adatbázis bővítésének struktúráját a *4. pontban*.



2. ábra

Az eredmények megbízhatóságának származtatása.

3.1. Ismereti szintek (KL)

A geometria és kialakítás tekintetében komponenstől függően két vagy három ismereti szintet határoztunk meg, ahogyan azt a *2. táblázat* is mutatja.

Első ismereti szint

Az első ismereti szinten a minimálisan ismert adatok körét úgy határoztuk meg, hogy elegendőek legyenek tipikus szerkezetek elemzésével, az építési idő és az építéskor hatályos szabványban foglalt terhek alapján megbecsülni a szerkezet valódi geometriáját, kialakítását. Ilyenek a globális geometriai adatok (a híd statikai rendszere, támaszközök száma és mérete, a felszerkezet anyaga); a hídfők és pillérek kialakítása, magassága; az alapozás kialakítása. A saruk és dilatációk ismeretének hiányát szintén első ismereti szintbe soroltuk, hiszen az általános gyakorlatban a saruk kiosztása könnyen feltételezhető, a dilatációs hézag nagysága pedig egyszerű számításokkal megbecsülhető. Az anyagminőségeket ezen a szinten feltételeznünk kell, melynek alapja itt is az építési év és a szerkezeti rendszer lehet. A talajjellemzőket, a talaj megtámasztó hatását konzervatív módon kell becsülni a hiányos adatok miatt.

Második ismereti szint

Ezen a szinten a globális geometria pontosítására kerül sor. Ismertek a keresztezési szögek, a saruk állása. A szerkezeti elemek (hídfő, pillérek, felszerkezet, alapozás) kialakítása ismert, a keresztmetszeteket már nem becsüljük, az elemek átlagos keresztmetszettel jellemezhetőek. A saruk és dilatációk mérete, kialakítása tervből ismert. Az anyagjellemzők tervből ismertek, a talajbesorolás rendelkezésre áll a földrengésvizsgálat végrehajtásához.

Harmadik ismereti szint

Harmadik szinten a pontos felszerkezeti geometria, vonalvezetés ismert, az elemeket nem átlagos, hanem szegmensenként egyedi keresztmetszettel tudjuk jellemezni. Az anyagjellemzők helyszíni mérések alapján vesszük fel, míg a talaj rétegződése, a talajjellemzők fúrások útján ismertek.

GEOMETRIA		
Szint	Leírás	Megjegyzés
<i>Globális geometria</i>		
KL-G1	Felszerkezet pontos geometriája nem, csak a támaszközök	Íves hidak nem modellezhetőek, keresztezés

	száma és nagysága ismert	merőlegesnek feltételezve
KL-G2	Keresztezési szög (hídfelek és pillérek állása, saruk iránya ismert)	Íves hidak nem modellezhetőek
KL-G3	Felszerkezet pontos geometriája ismert	-
<i>Felszerkezet</i>		
KL-SS1	Felszerkezet típusa, támaszköze ismert (esetleg ismertek a szerkezeti magasságok is)	Keresztmetszet feltételezése, konstans keresztmetszet
KL-SS2	Tervek alapján átlagos keresztmetszet	Konstans keresztmetszet a híd hossza mentén
KL-SS3	Tervek alapján pontos keresztmetszetek (szegmensek)	-
<i>Saruk</i>		
KL-B1	Nincs, nem ismert	Feltételezett típus és kiosztás
KL-B2	Típus, kiosztás tervből ismert	-
<i>Dilatáció</i>		
KL-EJ1	Nem ismert	Becsült méret
KL-EJ2	Tervből ismert/mért	-
<i>Hídfelek</i>		
KL-AB1	Hídfelek kialakítása, típusa, magassága ismert	Keresztmetszet feltételezése, konstans keresztmetszet
KL-AB2	Tervek alapján átlagos keresztmetszet, vasalás	Konstans keresztmetszet magasság mentén
KL-AB3	Tervek alapján pontos keresztmetszetek (szegmensek)	-
<i>Pillérek</i>		
KL-P1	Pillér kialakítása, típusa, magassága ismert	Keresztmetszet feltételezése, konstans keresztmetszet
KL-P2	Tervek alapján átlagos keresztmetszet, vasalás	Konstans keresztmetszet magasság mentén
KL-P3	Tervek alapján pontos keresztmetszetek (szegmensek)	-
<i>Alapozás</i>		
KL-F1	Alapozás típusa ismert	Kialakítás feltételezése
KL-F2	Alapozás részletei tervből ismertek	-
ANYAGTULAJDONSÁGOK		
Szint	Leírás	Megjegyzés
<i>Szerkezeti anyagok</i>		
KL-M1	Feltételezett	Tipikus anyagjellemzők felvétele
KL-M2	Tervből ismert	-
KL-M3	Mérésekkel meghatározott	-
<i>Talajjellemzők</i>		

KL-S1	Nem ismert	A helyszínre jellemző talajtulajdonságok feltételezése
KL-S2	Talajbesorolás ismert (A, B, C stb.)	Földrengésjellemzőkhöz szükséges
KL-S3	Pontos rétegződés ismert	Alapozás pontosabb figyelembe vétele lehetséges

2. táblázat

Meglévő hidak geometriájával és anyagtulajdonságaival kapcsolatos ismereti szintek.

3.2. Numerikus modellezési szintek (NM)

A szerkezet modellezése (3. táblázat) és a rajta végrehajtott analízis típusa (4. táblázat) szorosan összefügg egymással. A felszerkezet és a pillérek kétszintű modellezése történhet rugalmas, illetve képlékeny viselkedést is követni képes gerendaelemekkel. Az esetek túlnyomó többségében a felszerkezet rugalmas viselkedése, míg a pillérek esetén képlékeny viselkedés várható.

A hídfők modellezése a hídfő elhagyásától a teljes hídfő héjelemekkel történő megépítéséig sokféle szinten lehetséges. Hosszabb gerendahidak esetén a hídfő és háttöltés hatásának elhanyagolása nem befolyásolja jelentősen a szerkezeti viselkedést. A hídfők általában merev tömbként viselkednek, modellezésük történhet lineáris vagy képlékeny viselkedést követni tudó gerendaelemmel. A hídfő és a szárnyfalak kiterjedt felületét gerendaráccsal, a csomópontokba elhelyezett tömegpontokkal modellezhetjük.

Jelen mérnöki gyakorlatban a saruk modellezése a megfelelő szabadságfokok összekötésével (felszerkezeti és pillér csatlakozási pontban) történik, azonban a saruk tényleges viselkedése megadható lineáris vagy nemlineáris rugókarakterisztikával is. Magasabb szintű modellezés esetén lehetőség van a meglévő dilatációs hézag beépítésére a modellbe. Ilyen esetben a dilatáció záródásával a dilatáció által elválasztott két elem (pl. ártéri és mederhíd felszerkezete) között ütközés jön létre, melyet numerikusan is tudunk kezelni megfelelő erő-elmozdulás karakterisztika megadásával.

Az alapozás modellezése gyakorlati esetekben koncentrált lineáris rugókkal történik. Az alapozás geometriája, kialakítása és a talajjellemzők függvényében ezek a rugóállandók meghatározhatóak. Lehetőség van azonban nemlineáris rugókkal az alapozás nemlineáris viselkedését is közelítőleg figyelembe venni (Simon 2013), illetve cölöpalapozás esetén az egyedi cölöpöket modellezni rugalmas vagy képlékeny gerendaelemekkel.

A talaj megtámasztó hatását lineáris vagy nemlineáris karakterisztikájú rugókkal modellezhetjük, mellyel a talpnál és köpenynél lévő függőleges, illetve a köpenynél lévő vízszintes erő-elmozdulás karakterisztika vehető figyelembe.

A háttöltés modellezése szorosan összefügg a hídfő modellezésével. Már említettük, hogy hosszú gerendahidaknál a modellezés elhagyható. A talaj megtámasztó hatása, a passzív földnyomás erő-elmozdulás karakterisztikája modellezhető egyszerűbb esetben lineáris, magasabb modellezési szinten pedig nemlineáris rugókkal.

Hidak földrengésvizsgálatokhoz szükséges modellezéséről bővebben a (Simon 2012)-ben található információ.

3.3. Analízis típusok (AN)

Az analízis anyagi linearitását (lineáris, nemlineáris) az alkalmazott elemek határozzák meg (nemlineáris gerenda, dilatációnál modellezett ütközés, képlékeny háttöltés stb.). Másik szempont az analízis megválasztásánál, hogy idő- vagy frekvenciatérben kívánjuk-e végrehajtani azt.

A gyakorlatban leggyakrabban alkalmazott analízis a modális válaszspektrum analízis, melyet csak rugalmas modellen hajthatunk végre. Ez az eljárás többszabadságfokú rendszerek esetén (ilyenek a hidak is) általában konzervatív eredményeket szolgáltat. Az eredmények pontosabb meghatározására lineáris analízis esetén időtörténeti analízis segítségével juthatunk. Ez esetben a frekvencia-tér helyett már időben vizsgáljuk a földrengés hatását, amely során egyidejű, ezzel együtt kevésbé konzervatív igénybevételeket kapunk.

Nemlineáris elemek esetén lehetőség van visszavezetni a feladatot lineáris vizsgálatra (Simon és Vigh 2013b). Ebben az esetben effektív merevségekkel és effektív csillapítással kell dolgoznunk, mely során a kompatibilitás fenntartására iterációs lépésekre lehet szükség, illetve másik megközelítés szerint lehetőség van az elemek

képlékeny viselkedésének figyelembe vételére a már gyakorlatban is ismert q - viselkedési tényezőös eljárással.

A nemlineáris vizsgálatokhoz is alkalmazhatunk időtörténeti analízist. A képlékeny halmozódó alakváltozás, valamint a ciklikus viselkedés nagy mértékben függ az alkalmazott földrengési tehertől. A szabvány szerint (EC8-1) elvégezhetjük az analízist a szabványos rugalmas spektrumra illesztett mesterségesen generált földrengéssel, vagy a tervezési helyszínre vonatkozó földrengési paraméterek alapján, az adott helyszínre legjobban jellemző meglévő rögzített földrengési rekordokat választhatunk a vizsgálatokhoz.

ALKALMAZOTT ELEMÉK		
<i>Szint</i>	<i>Leírás</i>	<i>Megjegyzés</i>
<i>Felszerkezet</i>		
NM-SS1	Rugalmas gerendaelem	Megfelelő modellezés, felszerkezet képlékenyedése nem várható
NM-SS2	Nemlineáris gerendaelem	Az esetek túlnyomó többségében nem szükséges
<i>Saruk</i>		
NM-B1	Lineáris rugók (fix saru merev, mozgó saru nulla merevség)	Jelen gyakorlatban alkalmazott megoldás
NM-B2	Lineáris rugók	Figyelembe veszi a saruk rugalmasságát, effektív merevséggel
NM-B3	Nemlineáris rugók	Figyelembe veszi a saru tényleges, ciklikus viselkedését
<i>Dilatáció</i>		
NM-EJ1	Nincs modellezve	Egyszerűen a dilatáció utólagos ellenőrzése
NM-EJ2	Nemlineáris rugókarakterisztika	Elemek közötti ütközés modellezése
<i>Hídfők</i>		
NM-AB1	Rugalmas gerendaelem + merev gerendarács a felület modellezésére	Megfelelő modellezés, általában merev tömbként viselkedik
NM-AB2	Nemlineáris gerendaelem + merev gerendarács a felület modellezésére	Az esetek túlnyomó többségében nem szükséges
NM-AB3	Héjelem a teljes felület modellezésére (talaj-szerkezet kapcsolat)	Pontosabb geometria (pl. szárnyfalak) modellezése
<i>Pillérek</i>		
NM-P1	Rugalmas gerendaelem	Lineáris vizsgálatokhoz
NM-P2	Nemlineáris gerendaelem, képlékeny csukló a pillér aljában	A képlékeny csukló karakterisztikája fenomenológiai modell alapján
NM-P3	Nemlineáris gerendaelem, "fiber-section"	N+M interakció dinamikus kezelése, képlékenyedés akár kiterjedt szakaszon is
<i>Alapozás</i>		
NM-F1	Lineáris rugókkal	Alapozási síkra számított lineáris rugóállandókkal
NM-F2	Nemlineáris rugókkal	Alapozási síkra számított nemlineáris rugókarakterisztika

NM-F3	Lineáris gerendaelemek + lineáris rugók	Teljes cölöpalapozás modellezése, talaj-szerkezet kölcsönhatás lineáris rugókkal modellezve
NM-F4	Nemlineáris gerendaelem + nemlineáris rugók	Teljes cölöpalapozás modellezése (képlékeny csukló kialakulhat a cölöpben is), talaj-szerkezet kölcsönhatás nemlineáris rugókkal modellezve
<i>Háttöltés</i>		
NM-BF1	Nincs modellezve	Hosszabb gerendahidaknál elhanyagolható
NM-BF2	Lineáris rugók	Háttöltés megtámasztó hatása lineáris rugókarakterisztikával
NM-BF2	Nemlineáris rugók	Háttöltés megtámasztó hatása nemlineáris rugókarakterisztikával

3. táblázat
Hídkomponensek modellezési szintjei.

ANALÍZIS TÍPUSOK		
Szint	Leírás	Megjegyzés
AN1-MMRSA	Lineáris válaszspektrum analízis	Lineáris elemek, gyakorlatban alkalmazott analízis
AN2-ELA	Ekvivalens lineáris analízis	Nemlineáris elemek effektív merevséggel modellezve
AN3-LTHA	Lineáris time-history analízis	Lineáris elemek, időtörténeti vizsgálat
AN4-NLTHA	Nemlineáris time-history analízis - mesterséges rekordok	Nemlineáris elemek, ciklikus viselkedés követése
AN5-NLTHA	Nemlineáris time-history analízis - valós rekordok	Nemlineáris elemek, ciklikus viselkedés követése

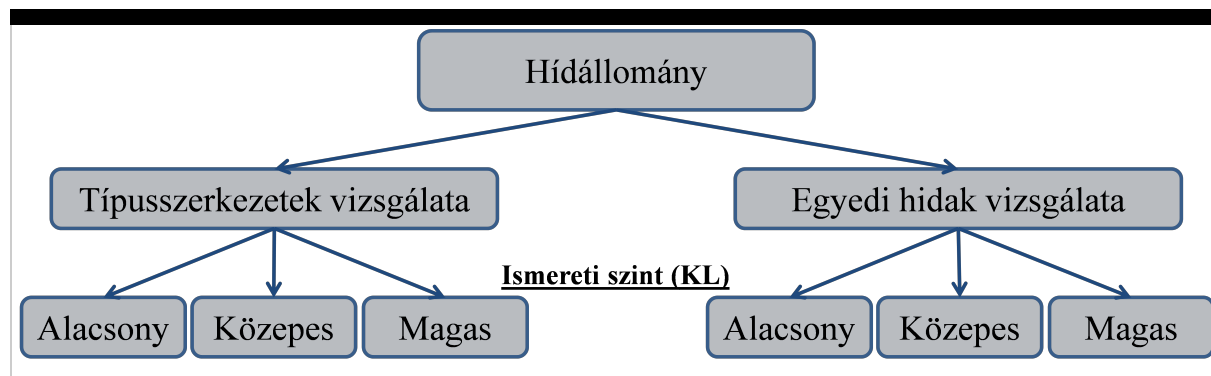
4. táblázat
Földrengésvizsgálat során alkalmazható analízis típusok.

3.4. Hídállomány vizsgálatának lehetőségei

Egy egyedi híd vizsgálata esetén lehetőség van igen magas ismereti szint elérésére viszonylag kis erőforrások mozgósításával (pl. tervek alapján a pontos geometria, keresztmetszeti méretek és anyagjellemzők begyűjtése). Teljes hídállomány esetén ezt csak egy nagyszabású projekt keretein belül lehet véghez vinni. A meglévő adatbázis a 2.1. és a 3.1. pont összevetése alapján első (alacsony) ismereti szintet biztosít (illetve a pillérek esetén néhol azt sem, mert a pillérmagasság csak közvetett módon, a híd alatti szabad űrszelvény által tárolt). Ennek értelmében nem érdemes egyedi hidakat vizsgálni (3. ábra), hiszen az eredmények jelentősen függenek az ismerethiányból fakadó feltételezésektől. Természetesen egyedi hidakat is vizsgálhatunk ilyen módszerrel, ekkor azonban a feltételezett paraméterek széles skáláját kell meghatároznunk, mely paraméteres vizsgálatra vezet, majd az eredményeket mérlegelve konzervatív módon kell eljárunk az egyedi híd teljesítőképességének kiértékelése során.

Az állomány hídról hídra való vizsgálata közepes, illetve magas ismereti szint esetén ajánlott. Jelen alacsony szinten, melyet az EHR adatbázis biztosít kézenfekvőbb statisztikai módszerekkel elemezve az adatbázis által olyan típusszerkezeteket meghatározni, melyek a hídállományt jól reprezentálják (3. ábra). Ezen szerkezeteken elvégzett közelítő paraméteres földrengésvizsgálat alapján becsülni lehet nagyságrendileg a teljes hídállomány földrengési veszélyeztetettségét. Ez az eljárás erős alapot nyújt a későbbi adatgyűjtés irányának meghatározásához, megmutatja, hogy mely hidak esetén érdemes részletesebb vizsgálatot végrehajtani, mely paraméterektől függ leginkább a hidak érzékenysége.

A 3. ábrán bemutatott megközelítési módok egyikére példa az USA keleti államaiban elvégzett átfogó vizsgálat (Nielson 2005), ahol típushidak törékenységi görbéit állították elő az EHR-hez hasonló meglévő adatbázis, a National Bridge Inventory (FHWA 2002) statisztikai elemzése alapján. Egyedi hidak országos szintű földrengési érzékenységeinek elemzésére Olaszországban került sor nemrégiben (Borzi és m.társai 2014), ahol hídról hídra magas szintű vizsgálati szinten végezték el a hidak törékenységi analízisét. A magas ismereti szint előfeltétele volt ezen projekt végrehajtásának, így a munkát előzetes nagyszabású információgyűjtés és a meglévő hídadatbázis kibővítés előzte meg.



3. ábra
Teljes hídállomány vizsgálatának lehetőségei.

A teljes hídállomány vizsgálatához egy háromszintű vizsgálati rendszert dolgoztunk ki, mely az ismereti szinteken alapszik (5. táblázat). Ez a három szint előrevetíti egy kibővített adatbázis irányába támasztott követelményeket is. Az 5. táblázatban látható, hogy egyes esetekben magas vizsgálati szintnél sem követeljük meg olyan információk begyűjtését melyek az elfogadhatónál nagyobb ráfordítással járnak. Ilyen például a pontos talajrétegződés, valamint a szerkezeti anyagminőségek mintavételezésen alapuló ismerete. A táblázatban összefoglaltuk azt is, hogy mely vizsgálati szinteken milyen numerikus modell és analízis típus alkalmazható, illetve vastagon jelöltük, hogy melyek azok, melyek alkalmazása ajánlott a megbízható eredmények érdekében. Itt figyelembe vettük az információhiány és az analízis és numerikus modell fejlettségének ellentmondását, melyet már korábbi fejezetekben is említettünk.

		VIZSGÁLATI SZINT		
		Alacsony	Közepes	Magas
KL - ISMERETI SZINT	Globális geometria	G1	G2	G3
	Felszerkezet	SS1	SS2	SS3
	Saruk	B1	B2	B2
	Dilatációk	EJ1	EJ2	EJ2
	Hídfők	AB1	AB2	AB3
	Pillérek	P1	P2	P3
	Alapozás	F1	F2	F2
	Szerkezeti anyag	M1	M2	M2, M3
	Talajminőség	S1	S2	S2, S3
NM - NUMERIKUS MODELL	Felszerkezet	SS1	SS1, SS2	SS1, SS2
	Saruk	B1, B2, B3	B1, B2, B3	B1, B2, B3

	Dilatációk	EJ1, EJ2	EJ1, EJ2	EJ1, EJ2
	Hídfők	AB1, AB2, AB3	AB1, AB2, AB3	AB1, AB2, AB3
	Pillérek	P1, P2, P3	P1, P2, P3	P1, P2, P3
	Alapozás	F1, F2, F3, F4	F1, F2, F3, F4	F1, F2, F3, F4
	Háttöltés	BF1, BF2, BF3	BF1, BF2, BF3	BF1, BF2, BF3
AN - ANALÍZIS TÍPUSOK	Lineáris	AN1	AN1	AN1
		AN2	AN2	AN2
		AN3	AN3	AN3
	Nemlineáris	AN4	AN4	AN4
		AN5	AN5	AN5

5. táblázat

A három vizsgálati szinthez (alacsony, közepes, magas) tartozó ismereti (KL), numerikus modell (NM) és analízis típus (AN) szintek a 2., 3. és 4. táblázat alapján. Vastag betűvel az adott vizsgálati szinthez minimálisan alkalmazandó vagy ajánlott esetek vannak feltüntetve.

4. Javaslat a meglévő adatbázis bővítésére

A 2.1. pontban bemutatunk a KKK által fejlesztett meglévő közúti hídadatbázist, az EHR-t, valamint annak felépítéséről is szó esett. A 3. pontban felvázoltuk a teljes hídállomány vizsgálatának lehetőségeit, a vizsgálati szinteket, valamint azt, hogy jelen adatbázis adatai alapján melyik szint alkalmazható, mik a hiányosságok.

A hídadatbázis kibővítése rendkívül nagy ráfordításokkal jár, így többszintű kibővítést javasolunk, mellyel lépésenként növelhető az ismereti és így a vizsgálati szint is. A 6. táblázatban összefoglaltuk, hogy mely adatok szükségesek egy adott szint eléréséhez. A legtöbb adat meglévő tervek alapján beszerezhető, így az ismereti szint jelentősen növelhető egy szervezett adatgyűjtéssel, mely nem igényel helyszíni munkát, vizsgálatokat.

4.1. Többszintű adatgyűjtés meghatározása

Alacsony vizsgálati szint

Alacsony vizsgálati szint esetén a legfontosabb gyűjtendő adat a pillérek kialakítása, felmenő szerkezet típusa (egyedi, portál stb.) és magassága. Rövid gerendahidak, illetve sűrűbordás, lemez- és kerethidak esetén a hídfő kialakítása, méretei jelentősen befolyásolhatják a viselkedést, így még alacsony vizsgálati szinten is javasolt a hídfők kialakításának és legalább magasságának az ismerete. Az adatgyűjtés része kell, hogy legyen az adatbázisban már meglévő, de esetleg hiányos adatok feltöltése. Ilyen adatok: dilatációk megléte; saruk megléte, típusa; alapozás típusa. Vizsgálható hidak az adatok alapján: egy egyenes felszerkezettel rendelkező két- vagy többtámaszú gerenda, lemez vagy sűrűbordás hidak. Íves hidak, illetve speciálisabb felszerkezettel rendelkező hidak (ívhid, függőhid, ferdekábeles híd stb.) nem vizsgálhatóak, viszont ezen szerkezetek a hídállomány igen kis részét teszik ki, valamint a legtöbb íves híd esetén az ívesség elhanyagolása nem befolyásolja jelentősen a földrengésvizsgálat eredményeit.

Alacsony vizsgálati szinten a meglévő adatok alapján az egyes híd típusok statisztikailag megfelelően kiértékelhetőek. Típushidak vizsgálatával az állomány kiértékelhetővé válik. Ez a szint már elegendő akár egyedi hidak vizsgálatához is, ám ekkor feltételezéseket kell tennünk, melyek gondos előzetes vizsgálatokat (pl. meglévő hidak vizsgálatát, tipikus tervezési szabályok vizsgálatát) igényelnek.

Közepes vizsgálati szint

Közepes vizsgálati szinten a globális geometria pontosításra kerül. Vizsgálhatóak több felszerkezettel (tipikusan kettő) rendelkező hidak is, melynél fontos adat a felszerkezetek távolsága. A felszerkezet ez esetben is csak egyenes lehet, azonban a felszerkezet és alépítmény, valamint a felszerkezet és saruk egymáshoz viszonyított

irányultsága modellezhető. A felszerkezet, pillér és hídfő keresztmetszete átlagos keresztmetszettel van figyelembe véve, a keresztmetszet típusától függően különböző konstansokra lehet szükség. Ilyen konstans lehet a téglalap keresztmetszet két oldalának hossza, kör keresztmetszet esetén az átmérő, felszerkezet szekrénykeresztmetszete esetén pedig a felső lemez szélessége, vastagsága, gerinc magassága, vastagsága stb. Ezeket a későbbiekben definiálni kell, majd ennek függvényében meghatározni az egyes hidakra, keresztmetszetekre ezeket a konstansokat. Ezen a szinten megkövetelt még a saruk típusának és a dilatációk meglétének és méretének ismerete. A pontosabb modellezéshez szükség van az alapozás típusára, valamint megint a típustól függően konstansokra, melyek síkalap esetén az alap méreteit, cölöpalap esetén a cölöpök számát, méretét, kiosztását jelölhetik. A földrengési teher pontosításához a híd tervezési helyszínén el kell végezni a talajbesorolást (A, B, C, D stb.). Minden szerkezeti elem esetén meg kell határozni meglévő tervek alapján a szerkezeti anyag típusát, anyagjellemzőket.

VIZSGÁLATI SZINT			
	Alacsony	Közepes	Magas
Globális geometria	-	Felszerkezetek száma	Felszerkezetek száma
		Felszerkezet tengelyek távolsága (ha kettő van)	Felszerkezet tengelyek távolsága (ha kettő van)
		Felszerkezet tengelye és támaszok (pillér és hídfő) által bezárt szög	Felszerkezet tengelye és támaszok (pillér és hídfő) által bezárt szög
		Felszerkezet tengelye és saruk által bezárt szög	Felszerkezet tengelye és saruk által bezárt szög
			Támaszok helyzete (X) koordináta
			Támaszok helyzete (Y) koordináta
			Támaszok helyzete (Z) koordináta
			A felszerkezet vízszintes értelmű ívsugara (nyílásonként)
Felszerkezet	-	Keresztmetszet típusa	Szegmens lokális koordinátái a nyíláson belül
		Konstans 1	Keresztmetszet típusa
		Konstans ..	Konstans 1
		Konstans n	Konstans ..
		Anyagminőségek	Konstans n
			Anyagminőségek
Saruk	-	Típus besorolás	Típus besorolás
			Konstans 1
			Konstans ..
			Konstans n
Dilatáció	-	Megléte	Megléte
		Méret	Méret
Hídfők	Típus	Típus	Típus

	Magasság	Konstans 1	Konstans 1
		Konstans ..	Konstans ..
		Konstans n	Konstans n
		Anyagminőségek	Anyagminőségek
Pillérek	Rendszer	Rendszer	Rendszer
	Magasság	Közös?	Közös?
		Keresztmetszet típusa	Szegmens lokális koordinátái magasság mentén
		Konstans 1	Keresztmetszet típusa
		Konstans ..	Konstans 1
		Konstans n	Konstans ..
		Anyagminőségek	Konstans n
			Anyagminőségek
Alapozás	-	Típus	Típus
		Konstans 1	Konstans 1
		Konstans ..	Konstans ..
		Konstans n	Konstans n
		Anyagminőségek	Anyagminőségek
Talajminőség	-	Talajbesorolás	Talajrétegződés
			Rétegek száma

6. táblázat

Meglévő adatbázis kibővítéséhez szükséges gyűjtendő adatok listája vizsgálati szintenként besorolva.

Ha az adatbázis közepes vizsgálati szintnek megfelelő adatokkal fel van töltve, akkor a megjelölt hidakon akár egyedileg, hidanként is elvégezhető magasabb szintű vizsgálat, pontosabb analízis (pl. nemlineáris időtörténeti analízis) felhasználásával. A kevesebb feltételezett bemenő adat miatt az eredmények megbízhatóbbak, az egyedi, vizsgált hídra jellemzőbbek lesznek, így a teljes állomány kiértékelése is pontosabbá válik.

Magas vizsgálati szint

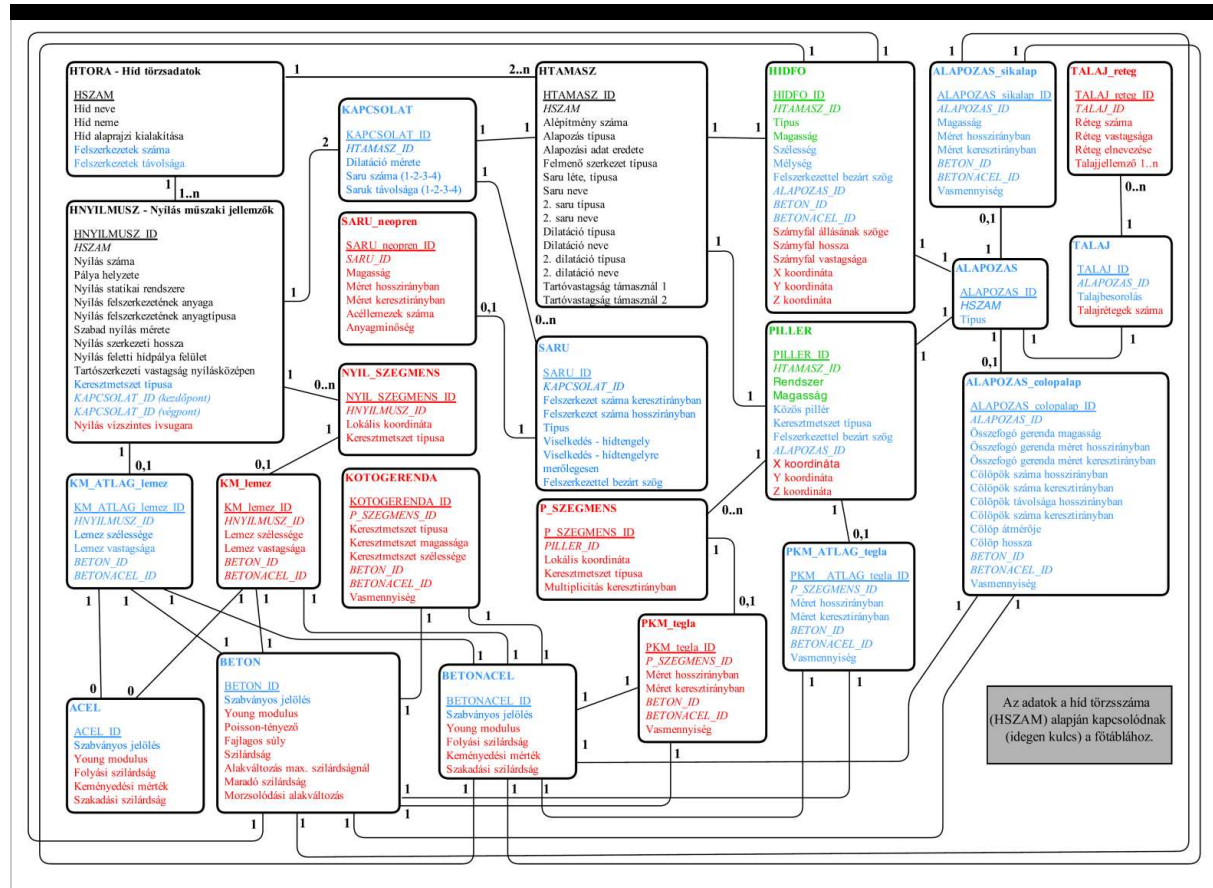
Magas vizsgálati szinthez a felszerkezet pontos geometriája szükséges, mellyel már íves hidak is modellezhetőek, illetve lehetőség szerint bővíthető akár a típushidak köre is pl. rácsos felszerkezetű hidak vizsgálatával. Ehhez az egyes támaszok pontos helyzetét meg kell adnunk egy tetszőlegesen (lehetőleg a híd kezdőpontjában) felvett koordinátarendszerben, illetve a támaszok közti ívek sugarát is rögzíteni kell az adatbázisban. Pontosításra kerül a felszerkezet, a pillérek, valamint a hídfők keresztmetszete is. Az átlagos keresztmetszet helyett minden keresztmetszet váltás (illetve, ahol mérlegelés alapján indokolt) esetén meg kell adni a keresztmetszet adatait. Mivel a saruk viselkedése nagyban befolyásolja a viselkedést, ha lehetséges meg kell adni a saru típusán kívül a főbb geometriai adatokat, esetleg anyagminőségeket (pl. neoprén saru esetén szélesség, magasság, acéllemezek száma, ha van stb.). A talaj esetén, ha rendelkezésre állnak fúrási adatok meg kell adni a talajrétegződést. Az anyagminőségek pontosítása helyszíni vizsgálatokkal történhet. Ha ez nem lehetséges, meg kell adni, hogy az adatok tervből származnak.

Magas vizsgálati szinten a pontosabb geometria miatt bővül a vizsgálható hidak száma (íves hidak, speciális felszerkezetű hidak), valamint az adatok pontosításával az egyedi híd károsodása pontosabban meghatározható.

Az eredmények megbízhatóságát növeli a saruk viselkedésének mélyebb ismerete (mellyel a saruk károsodása, a felszerkezet esetleges leesése pontosabban modellezhető), valamint a talajjellemzők és így a földrengési teher pontosabb ismerete.

4.2. A kibővített adatbázis tervezett struktúrája

A hiányzó adatok adatbázisba való feltöltéséhez az adatbázis rendszerét is ismernünk kell. A többszintű bővítéshez különböző struktúrákat adtunk meg, melyet a 4. ábra mutat.



4. ábra

A meglévő EHR adatbázis többszintű kibővítésének (1. szint: zöld; 2. szint: kék; 3. szint: piros) tervezete.

Az új táblákat úgy határoztuk meg, hogy a meglévő adatbázishoz könnyen hozzáilleszthető legyen, valamint a többszintű bővítés során fokozatosan adódnak új táblák vagy attribútumok a meglévő struktúrához. Az ábrán a meglévő adatokat feketével, míg az első, második és harmadik szintű bővítést rendre zöld, kék és piros színnel jelöltük. Az egyed-kapcsolat diagramon vastag betűvel a tábla neve, aláhúzással az elsődleges kulcs, dőlt betűvel pedig az idegen kulcsok vannak jelölve. A kapcsolati vonalakon feltüntettük a kapcsolódás fokszámát is (egy hídnak pl. min. 2, max. n támasza van). Olyan esetekben, ahol több tábla közül is választhatunk a kialakítás függvényében (pl. a felszerkezet vagy pillér keresztmetszet típusa), ott csak egy példát adtunk meg a 4. ábrán, de természetesen későbbi mérlegelést követően további táblák definiálhatóak (pl. nem a példában bemutatott lemez, hanem szekrény keresztmetszet a megfelelő konstansokkal).

5. Felhasználás

Már említésre került, hogy jelen adatok ismeretében, alacsony ismereti szinten a meglévő adatbázis statisztikai elemzésével típusszerkezetek parametrikus vizsgálata adhat első lépésként közelítő képet a problémás szerkezetek köréről.

A meglévő EHR adatait a KKK-val együttműködve kaptuk meg kutatási célból, majd ezeket az adatokat SQLite (<http://www.sqlite.org/>) és Matlab segítségével rendeztük egy statisztikai kiértékeléshez, majd később

szerkezeti analízishez is használható adatbázisba. A módszerünk előnye, hogy lehetőség van az adatbázisból hidanként kinyert adatokat Matlab segítségével bemenő adatként felhasználva megépíteni a híd numerikus modelljét. Ezzel közvetlen kapcsolatot teremtettünk a híd fizikai adatai és a modellezés között. Jelen esetben az adatok hiányossága miatt ez a megközelítés még nem alkalmazható, azonban egy későbbi adatbázis bővítés után lehetőség van a teljes hídállomány bármely hídjának egyedi automatikus analízisére.

5.1. Típushidak kiválasztása

A hídállomány típushidak szerinti osztályozása több szempontból is hasznos: 1) azonos osztályba tartozó hidak azonos szerkezeti komponensekkel bírnak; 2) adott osztályon belül szűkíthető, kompaktabb paramétertervet vehető figyelembe; 3) feltételezhető, hogy egy osztályba tartozó hidak esetén közel azonos meghatározó paraméterekkel rendelkező hidak viselkedése azonos, így egy paraméteres vizsgálat eredményeiből becsülni lehet az egyes hidak viselkedését.

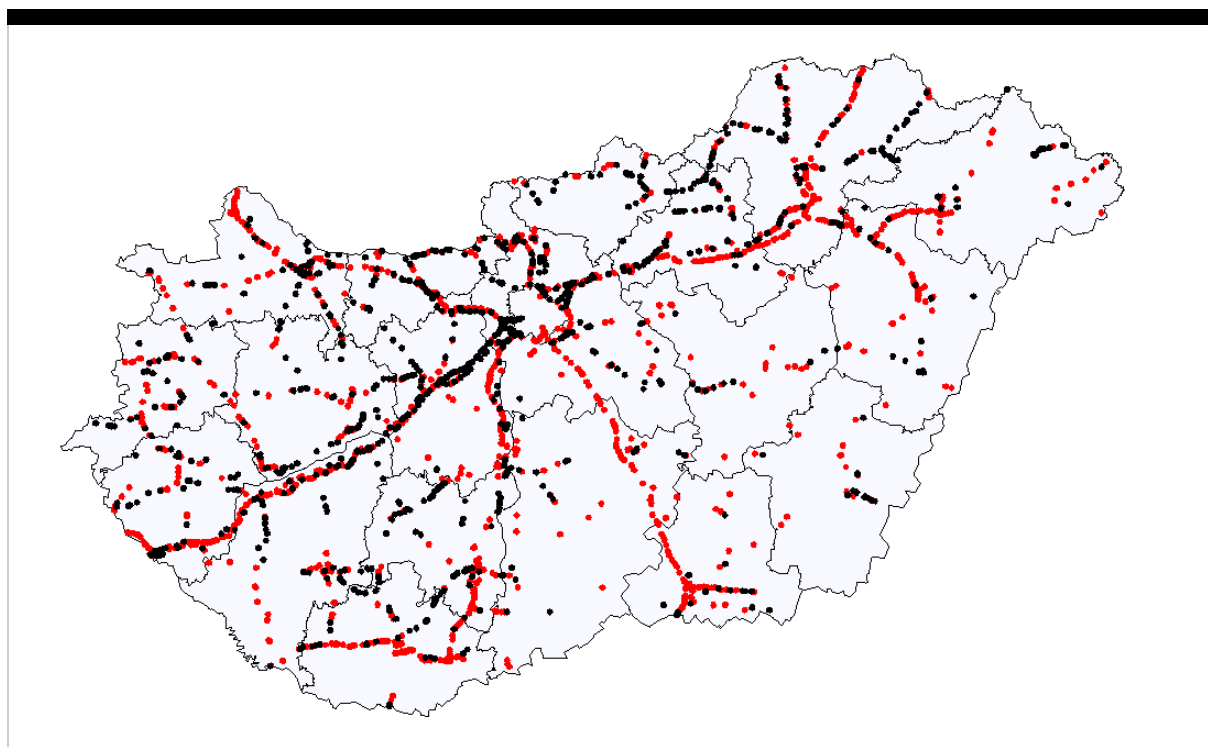
A típushidak kiválasztásánál négy fő szempontot vettünk figyelembe. Egyrészt a vizsgálatokat leszűkítettük a magasabb rendű utakra: autópálya, autóút, első és másodrendű főút. Ezen hidak száma körülbelül 3200. Ezt követően az egyes hidakat szerkezeti rendszer és anyag szerint, valamint előfordulási számuk és relatív értékük szerint soroltuk be. Ezeket az adatokat mutatja be a 7. táblázat.

Felszerkezet típusa, rendszere	Db	Érték	
		Bruttó	Nettó
Beton és vasbeton	83.1	44.4	45.3
Monolit vasbeton lemez	24.1	5.5	4.4
Monolit vasbeton keret	7.6	0.8	0.6
Egy- vagy kétcéls vasbeton szekrény	0.7	1.3	1.2
Előfeszített sűrűbordás	49.9	32.6	34.4
Szakaszosan betölt feszített vasbeton	0.7	4.2	4.8
Acél	1.0	12.4	10.4
Hegesztett, gerinclemezes gerenda	0.4	3.5	3.6
Szegecselt rácsos tartó	0.4	4.7	1.6
Hegesztett szekrénytartó ortotróp lemezzel	0.2	4.2	5.2
Öszvér	1.3	5.7	4.7
Öszvér gerinclemezes gerenda	1.0	1.7	1.7
Öszvér szekrénytartó	0.3	4.0	3.0
Beton, vasbeton, téglá boltozat és cső, hullámlemezes cső	9.0	1.2	1.2
Beton, vasbeton cső	3.0	0.2	0.1
Kő vagy téglá boltozat	1.0	0.1	0.0
Tubosider	5.0	0.9	1.1
Egyedi nagy hídszerkezetek (pl. Duna hidak)	2.3	33.9	37.2
Különböző szerkezeti rendszer	2.3	33.9	37.2

7. táblázat

A csoportosítás alapján látható, hogy a magasabb rendű utakon lévő hídjaink többsége (>83%) vasbeton híd, emellett a vasbeton hidak relatív értéke meghaladja a teljes hídállomány értékének 40%-át. Értéküket tekintve nagy súllyal vannak jelen acél és öszvér, valamint speciális nagy hídszerkezetek, úgy mint Duna hidak, völgyhidak. Ezek nagyban hozzájárulnak a teljes állomány összértékéhez, azonban számuk viszonylag kicsi (<5%). Nagy számban (9%), de kis értékkel vannak jelen a különböző beton és vasbeton csövek, átereszek. Mivel ezek földbe ágyazott szerkezetek, a későbbiekben ezek vizsgálatától eltekintünk a kutatásunk során.

A speciális hídszerkezeteket leszámítva tíz típusú hidat határoztunk meg végül, melyek száma 85%-át fedi le a magasabb rendű utakon lévő hidaknak. Az látható, hogy a leggyakrabban alkalmazott szerkezeti típus a sűrűbordás híd (kb. 1600 híd, ~50%), illetve a vasbeton lemez híd (24.1%). A többi híd egy- vagy többnyílású folytatólagos gerendahíd különböző felszerkezettel. A hídállomány kiértékeléséhez kiválasztott hidakat az 5. ábra mutatja, melyen a leggyakrabban alkalmazott sűrűbordás hidak pirossal vannak kiemelve.



5. ábra

Szeizmikus analízishez kiválasztott hidak magasabb rendű utakon. Piros pontokkal a sűrűbordás hidak vannak jelölve.

5.2. Típus szerkezetek további elemzése, analízise

A továbbiakban a legnagyobb számban előforduló típus szerkezetre, a sűrűbordás hidakra mutatjuk be, hogyan végezhető el az adott típus szerkezet pontosabb elemzése, a paraméteres vizsgálat paraméterterének felvétele, majd az állomány közelítő kiértékelése.

Az analízis elvégzéséhez első lépésként meg kell ismerni a pontos szerkezeti rendszert, az építéstechnológiát, a kialakítást. A modellezési szint kiválasztásakor figyelembe vettük a meglévő alacsony ismereti szintet. Ennek értelmében minden elemet lineárisan rugalmas elemekkel vagy rugókkal modelleztünk, illetve lineáris válaszspektrum analízist hajtottunk végre. Sűrűbordás hidak esetén modellezési kérdés lehet a felszerkezet alépítmény kapcsolat, a cölöpalapozás, valamint a háttöltés hídfő kapcsolata. A felszerkezetet folytonosnak, az alépítménnyel való kapcsolatát keresztengelyben felvett csuklóssal vettük figyelembe. Mind a cölöpalapozás, mind a háttöltés megtámasztó hatását ekvivalens, lineáris rugókkal modelleztük. A modellezéssel kapcsolatos kérdésekről részletesebben a (Simon és Vigh 2015b)-ben találunk információt.

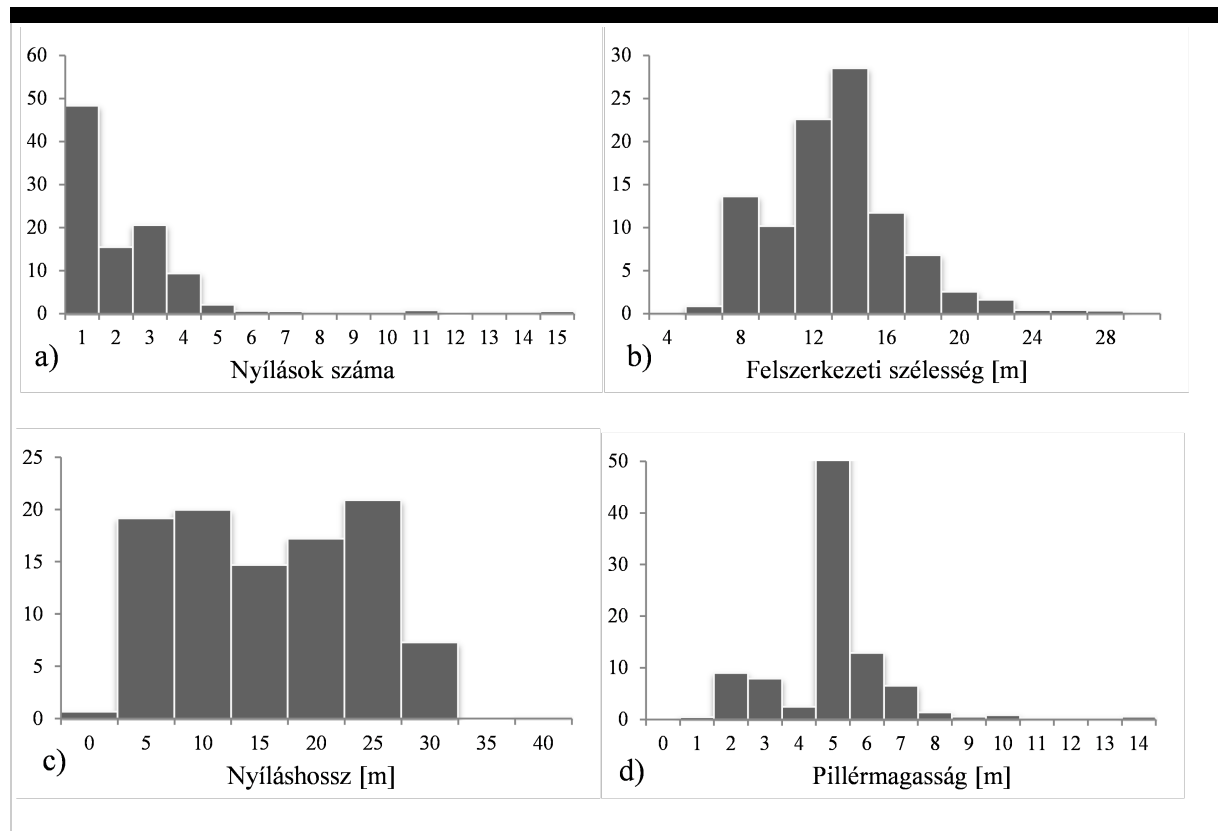
A következő lépés a paraméteres vizsgálat paramétereinek meghatározása. A legfontosabb paramétereket, a

globális geometriát az adatbázis statisztikai elemzésével határoltuk be. A nyílások számának, felszerkezet szélességének, támaszköznek, illetve pillérmagasságnak a hisztogramjai láthatóak a 6. ábrán.

A legtöbb híd egynyílású, míg többnyílású esetben a három nyílás a leggyakrabban alkalmazott kialakítás. Ezek a hidak többnyire autópálya aluljáróként funkcionálnak. Érdekes megemlíteni, hogy ezzel a szerkezeti rendszerrel találunk akár 15 nyílású hidat is hazánkban. Az ábra alapján a vizsgálatokat 1-4 nyílásra szűkítettük.

A felszerkezet szélessége általában minimum 8 méter, mely kisebb jelentőségű utak autópálya aluljárójaként használt hidaknál jelenik meg, azonban általában a szélesség 10 és 20 m között mozog, míg a leggyakoribb a 14 m. A szélességet végül három értéknél fixáltuk: 8, 14 és 20 m.

A legfontosabb paraméterek, a támaszköz mérete és a pillérmagasság nagy különbséget mutat hídról hídra, így ezek paraméterterét finomabban kellett lefedni.



6. ábra

Sűrűbordás hidak legfontosabb geometriai paramétereinek fajlagos eloszlásai [%]: a) támaszközök száma; b) felszerkezeti szélesség; c) támaszköz mérete; d) pillérmagasság.

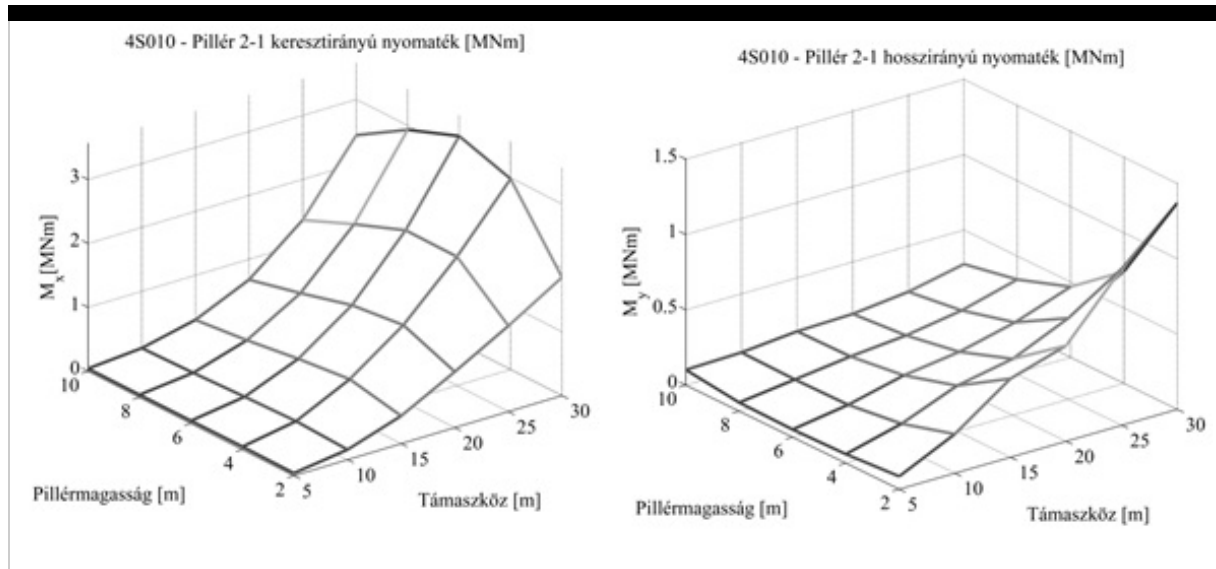
A pillérek általában áttört szerkezetű, többpilléres megoldással és pillérösszefogó fejgerendával készülnek, így ilyen kialakítású szerkezeteket vizsgáltunk csak. Mivel ezek a hidak tömegesen jelennek meg autópálya aluljáróként, a pillérek, pillérösszefogó fejgerenda, hídfők keresztmetszete és kialakítása többé kevésbé azonos. A pillérek távolsága 3-4 méter közé esik. Az alapozás többnyire cölöpalapozás, melynek kiosztása is tipizálható.

Ezek alapján a változó és fixált paraméterek a következők. Változók: nyílások száma (1-4), támaszköz (5-30 m), felszerkezet szélessége (8, 14 and 20 m), pillér magasság (2-10 m); fix paraméterek: pillér keresztmetszet (0.6 x 0.9 m), pillérösszefogó gerenda keresztmetszet (1.0 x 1.2 m), hídfő kialakítása, cölöpalapozás kialakítása. A felszerkezet magasságát ekvivalens lemezkeresztmetszetet feltételezve a meglévő hidak elemzése alapján a támaszköz függvényeként határoztuk meg, figyelembe véve merevségi és tömegi szempontokat.

A vizsgálatokat végrehajtva a támaszköz, pillérmagasság és szerkezeti szélesség függvényében rendelkezésünkre áll minden hídkomponens mértékadó igénybevétele, deformációk, mozgások. Ilyen vizsgált komponensek voltak a felszerkezet igénybevétele és mozgásai; a felszerkezet és alépítmény közötti kapcsolatban ébredő nyíróerő, majd az ebből számítható szükséges vasalás mértéke, megfelelősége; a hídfő maximális mozgásai, stabilitásvesztési veszélye; a háttöltésben ébredő maximális földnyomás; a pillér

igénybevételei; alapozás igénybevételei.

A pillérek maximális hossz- és keresztirányú hajlítónyomatékait mutatja a 7. ábra 14 méteres szélesség esetén a támaszköz és pillérmagasság függvényében. Az igénybevételekre jellemző, hogy a támaszköz növelésével, a szélesség növelésével, azaz nagyobb tömeg bevonásával növekednek minden komponens esetén. A pillérmagasság növelésével csökkennek a pillérnyomatékok, mely a pillér lágyulásának következménye. Ugyanez mondható el a pilléralapozás igénybevételeire is, azonban a hídfő, hídfőalapozás esetén, illetve a háttöltésnél fordított tendenciát mutat. A pillér lágyításával a hídfőnél alakulnak ki nagyobb belső erők. További részletek a (Simon és Vigh 2015b)-ben találhatóak.



7. ábra

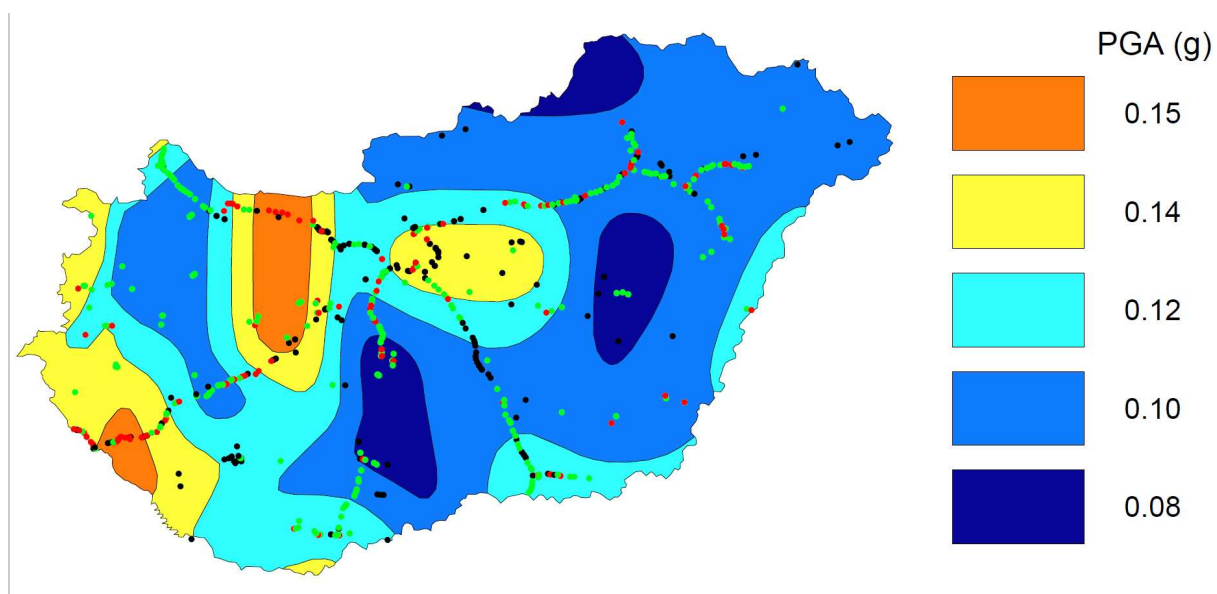
Paraméteres vizsgálat eredményei: hossz- és keresztirányú nyomatékok a pillérmagasság és a támaszköz hosszának függvényében 14 m széles 4 nyílású sűrűbordás hidak esetén.

5.3. A hídállomány értékelése

A számított igénybevételek alapján az egyes komponensek (felszerkezet, hídfő, pillérek stb.) megfelelősége kiértékelhető. A teherbírás oldalon adatok hiányában feltételezéseket kell tenni, úgy mint: a pillérek vasalása és betonminősége, a felszerkezet és alépítmény kapcsolatánál meglévő lekötővasalás mennyisége, a cölöpök teherbírása stb. Ezek megbecslése tapasztalatok alapján történhet, további ismeretek hiányában általában konzervatív módon. Egy ilyen kiértékelést mutat a 8. ábra, ahol a meglévő sűrűbordás hidak pillérének megfelelősége látható a maximális talajgyorsulási zónatérképen (Tóth és m.társai 2006) ábrázolva. A paraméterter adatai alapján meghatároztuk a pillérkihasználtságokat kétirányú hajlítás és nyomás esetére az EC2 (CEN 2005) szabványos vizsgálata alapján, majd az egyes hidakat egyenként kiértékeljük a meglévő alapvető információk paraméterterben való lineáris interpolációja segítségével.

A vizsgálatok azt mutatták, hogy a többnyílású hidak 27%-a nem felel meg ezen közelítő kiértékelés alapján. Ezek a hidak néhány kivételtől eltekintve a magasabb maximális talajgyorsulással rendelkező zónákba esnek. Meg kell említeni, hogy az adatbázis számos híd esetén nem ad meg pillérmagasságot, így azok kiértékelése nem történt meg, viszont a járatos 416 méteres autópálya aluljáróknál alkalmazott pillérmagasságot feltételezve a károsodások mértéke akár jelentős is lehet ezen hidak esetén is.

A további komponensek (pl. pillér nyírási teherbírásának megfelelősége, lekötővasalás mennyiségének megfelelősége) hasonló módon kiértékelhetők, illetve új hidak esetére a betervezendő szükséges vasmennyiségek, betonminőségek megadhatóak. További részletek a komponensek kiértékelésével kapcsolatban (Simon és Vigh 2015b)-ben találhatóak.



8. ábra

Sűrűbordás hidak közelítő kiértékelése a pillér megfelelése alapján a magyarországi zónatérképen (Tóth és m. társai 2006) megjelenítve. Jelölések: fekete pontok – nincs adat pillérmagasságra; zöld pontok – megfelelő hidak; piros pontok – nem megfelelő hidak.

6. Összefoglalás

Számos utóbbi időben épült, illetve megerősített, megerősítésre váró gerendahíd földrengrésvizsgálata azt mutatta, hogy bizonyos kialakítások esetén a földrengrési határállapot válik mértékadóvá, bizonyos komponensek (saruk, pillérek, alapozás stb.) tönkremenetele várható egy esetleges erősebb intenzitású földrengrés esetén.

Meglévő hídjaink szeizmikus teljesítőképessége nem ismert, a földrengrés során bekövetkező károsodások, esetleges összeomlás jelentős nemzetgazdasági következményekkel járhat. Ez indokolja, hogy az új hidakat a földrengrési hatást figyelembe véve tervezzük, a meglévő hidak esetén pedig próbáljuk megbecsülni a károsodásokat, illetve azok mértékét.

A vizsgálatok rendszerszintű, teljes hídállományra történő elvégzéséhez szükségünk van egy olyan adatbázisra, mely az egyes hidakat megfelelően jellemző adatokat (geometriai, anyagjellemzők stb.) tartalmazza.

A károsodások elemzéséhez szükség van a hidak magasabb szintű modelljeinek kidolgozására, melyhez az adatbázis bővítése, új adatok gyűjtése (keresztmetszeti adatok, anyagjellemzők stb.) a meglévő hidakhoz elengedhetetlen. Jelen cikkben egy többszintű bővítési folyamatot vázoltunk fel, melyben az egyes szinteket a ráfordítások mértékéhez igazítottuk. Így első szinten elegendő néhány adat beszerzése a meglévő tervekről, magasabb szinten pedig már részletesebb tervi adatgyűjtés, illetve esetlegesen helyszíni mérések is szükségesek.

A gyűjtendő adatok körének meghatározásán felül megadtuk, hogy a meglévő adatbázis milyen struktúrával bővíthető. A bővítés megtervezésekor figyelembe vettük a meglévő adatbázis felépítését, az újonnan felvételre kerülő adatok könnyedén a meglévő rendszerhez illeszthetők ezáltal.

A jelenleg rendelkezésre álló közúti hídadatbázis, az EHR útüzemeltetői célokkal lett kifejlesztve, csak a legfontosabb műszaki adatokat (támaszközpontok száma, szerkezeti rendszer, felszerkezet anyaga stb.) tartalmazza. Ezen alacsony ismereti szinten az egyedi hidak vizsgálata helyett a hidak osztályba sorolását javasoljuk, majd ezen osztályokban típusszerkezetek kiválasztásával, azok földrengrési analízisével célszerű a vizsgálatokat elvégezni.

Egy rövid példán bemutattuk, hogy a meglévő alapadatok segítségével hogyan határozhatóak meg a teljes országos hídállományt jól reprezentáló híd típusok, illetve bemutattuk egy híd típus részletesebb statisztikai elemzésével hogyan vehető fel az a paraméterter, mellyel parametrikus földrengrésvizsgálatot végrehajtva a kritikus kialakítások és komponensek meghatározhatóak. A meglévő adatbázis segítségével egy közelítő kiértékelést is végre tudtunk hajtani a parametrikus vizsgálatok alapján, a hidak elhelyezkedésének ismeretében pedig nem csak a kritikus hidak száma, de helyzete is megadható, így segítve egy esetleges beavatkozáshoz,

megerősítési tervhez szükséges döntéseket.

A jelenlegi adatbázis (illetve annak elődjének) rendszerszintű alkalmazására bemutattunk egy korábbi kutatást, felhasználást. Már ebben az esetben is felmerültek a bemenő adatokkal kapcsolatos hiányosságok. Az általunk javasolt kibővített adatbázis az általunk elkészített numerikus modellekkel összekötve egy olyan hatékony rendszert biztosít, mellyel nem csak földrendésvizsgálat, de bármely szerkezeti analízis elvégezhető az egyes hidak pontosított modelljén, így alkalmazható lehet akár nehézgépjárművek útvonaltervének számításához, egyszerű statikai számításokhoz, megfelelőség kimutatásához, rendszerszinten pedig ezáltal optimális döntések megtételéhez egy esetleges megerősítési, beavatkozási terv során.

Köszönetnyilvánítás

Köszönet illeti Sitku Lászlót (Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ) és Pásztó Gábort (Cartosoft Kft.) az EHR adatainak szolgáltatásáért és a meglévő közúti adatbázissal kapcsolatos kérdések megválaszolásáért. A cikk a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült.

Hivatkozások

Borzi B., Ceresa P., Franchin P., Noto F., Calvi G.M. and Pinto P.E. (2014). Seismic Vulnerability of the Italian Roadway bridge stock, Earthquake Spectra, (megjelenés alatt).

Erdődi L. (2003). MÁV hídgyártási rendszer fejlesztése. Sínek világa, 46.(185) , 30-38.

European Committee for Standardization (CEN) (2005). EN 1992-2:2005 Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 2: Concrete bridges – Design and detailing rules, CEN.

European Committee for Standardization (CEN) (2008a). EN 1998-1:2008 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings, CEN.

European Committee for Standardization (CEN) (2008b). EN 1998-1:2008 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 2: Bridges, CEN.

FHWA (2002). National Bridge Inventory Data.

KKK (2001). EHR: Egységes Hídnnyilvántartási Rendszer.

MÁV (1990). MÁV-HGR: MÁV Hídgyártási Rendszer.

Nielson B.G. (2005). Analytical Fragility Curves for Highway Bridges in Moderate Seismic Zones, PhD dissertation, School of Civil and Environmental Engineering, Georgia Institute of Technology.

Simon J. (2012). Numerical model development for seismic assessment of continuous girder bridges, in: Proceedings of the Conference of Junior Researchers in Civil Engineering, Budapest, Hungary, pp. 216-224. ISBN:978-963-313-061-2.

Simon J. (2013). Parameter identification for dynamic analysis of pile foundation using non-linear p-y method, in: Proceedings of the Second Conference of Junior Researchers in Civil Engineering, Budapest, Hungary, pp. 161-170.

Simon J., Vigh L.G. (2013a). Hidak megerősítése szeizmikus hatásokkal szemben, in: Építményeink védelme 2013, Ráckeve, Magyarország, pp. 1-15. ISBN:978-963-89016-5-1.

Simon J., Vigh L.G. (2013b). Response spectrum analysis of girder bridges with seismic isolators using effective stiffness, in: WASET 2013 World Academy of Science, Engineering and Technology: International Conference on Civil, Structural and Earthquake Engineering, Istanbul, Turkey, pp. 1353-1362.

Simon J., Vigh L.G. (2015a). Application and assessment of equivalent linear analysis method for conceptual seismic retrofit design of Háros M0 highway bridge, Periodica Polytechnica, (elfogadva).

Simon J., Vigh L.G. (2015b). Parametric seismic analysis of multi-girder bridges in Hungary, Final Report, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Hidak és Szerkezetek Tanszék.

Tóth L., Győri E., Mónus P., Zsíros T. (2006). Seismic Hazard in the Pannonian Region, The Adria Microplate: GPS Geodesy, Tectonics, and Hazards, Springer Verlag, NATO ARW Series 61, 369-84.

Vigh, A., Kollár, L.P. (2006). Approximate analysis of bridges for the routing and permitting procedures of overweight vehicle, Journal of Bridge Engineering, 11(3). 282-292.

Zsarnóczy Á., Vigh L.G., Kollár L.P. (2014). Seismic Performance of Conventional Girder Bridges in Moderate Seismic Regions, Journal of Bridge Engineering, 19(5), 9 p. Paper 04014001.

Adatok

Megjelent itt

5. szám

2015. tavasz



Szerző

Simon József

Okleveles építőmérnök (MSc), a BME Hidak és Szerkezetek Tanszék doktorandusz hallgatója.

Vigh László Gergely

Okleveles építőmérnök, PhD. A BME Hidak és Szerkezetek Tanszéken egyetemi docens.

Témakörök

Hidak és műtárgyak • Témakörök

Kulcsszavak

alacsony vagy moderált szeizmicitás • földrengési teher • hídadatbázis • modális válaszspektrum analízis • szeizmikus hatás

Befogadva

2015. május 6.

Abstract

Experiences show that seismic loads may be dominant for a large majority of bridges in Hungary. The seismic behavior of existing bridges is not known, the detailed description of the structures is essential to determine the seismic performance. The existing road bridge database provides only low knowledge level, however it is sufficient for bridge classification on which the estimation of critical layouts and components through parametric study may be based. More sophisticated analyses require the extension of the database, which is elaborated and presented in the paper as well as the bridge classification and the nationwide seismic evaluation of multi-girder bridges.

Hozzászólás

* Név

* Email	
Honlap	
Hozzászólás	
	Hozzászólás elküldése

[Bejegyzések](#)

[Galéria](#)

[Impresszum](#)

[Interjúk](#)

[Könyvajánló](#)

[Nemzetközi szemle](#)

[Témakörök](#)

© **Copyright Útügyi Lapok** 2013 • *Minden jog fenntartva.*



A kerékpáros forgalom elemzése Budapesten

Szerző(k) **Bencze-Kovács Virág, Bereczky Ákos és Ábel Melinda**

Kivonat

A budapesti kerékpáros forgalom volumene az elmúlt 20 évben jól érzékelhetően növekszik, a kerékpáros forgalomról 1994-től állnak rendelkezésre adatok. Jelenleg három állandó, éjjel-nappal működő mérőberendezés számlálja a kerékpárosokat, 24 órás folyamatos adatsort szolgáltatva. A Budapesti Közlekedési Központ 2014. áprilisában és szeptemberében városszerte 31 helyszínen (10 helyszínen augusztusban is) kerékpáros forgalomszámlálást végeztetett. A BKK 2014. évi felméréseit és minden korábbi mérési eredményt felhasználva készült elemzés a budapesti kerékpáros közlekedés forgalmi és baleseti adatainak összefüggéseiről.

1. Bevezetés, célkitűzések – Milyen adatok állnak rendelkezésre?

A budapesti kerékpáros forgalom volumene az elmúlt 20 évben jól érzékelhetően növekszik. Az integrált fejlesztés azonban nem alapulhat szubjektív tapasztalatokon, a stratégiai tervezés és a tényleges városi közlekedésfejlesztési, tervezési, üzemeltetési feladatainak támogatásához tényadatokra, egységes módszertan szerinti mérésekre van szükség.

A kerékpáros forgalomról 1994-től állnak rendelkezésre adatok. Jelenleg három állandó, éjjel-nappal működő mérőberendezés számlálja a kerékpárosokat, 24 órás folyamatos adatsort szolgáltatva. A Múzeum körúti mérőberendezés a Kálvin tértől az Astoria felé tartó kerékpársáv, a 2012-től működő Andrassy úti másik mérő pedig mindkét irányú kerékpársáv forgalmát számlálja.

A Budapesti Közlekedési Központ 2014. áprilisában és szeptemberében városszerte 31 helyszínen (10 helyszínen augusztusban is) kerékpáros forgalomszámlálást végeztetett. Utóbbi helyszíneken mindhárom mérés során kérdőíves felmérést is végeztünk, alkalmanként 500-500 kerékpárost megkérdezve.

A BKK Egységes Forgalmi Modell projektjében 2013. novemberében a forgalmi felmérések során a gépjárműforgalom számlálásával egyidejűleg a kerékpáros forgalmat is rögzítettük: 8 helyen végeztünk 16 órás kerékpáros számlálást.

A BKK 2014. évi felméréseit és minden korábbi mérési eredményt felhasználva készült elemzés a budapesti kerékpáros közlekedés forgalmi és baleseti adatainak összefüggéseiről.



1.1. Általános célkitűzések

A kerékpáros forgalom-elemzés fő célja, hogy átfogó képet adjon a budapesti kerékpáros közlekedés helyzetéről: a forgalomnagyságokról és a forgalom törvényszerűségeiről, továbbá a kerékpározás közlekedési részarányáról. A keresztmetszeti és csomóponti forgalomfelvételek elemzésével a forgalmi igények megjelenése és változása követhető, tervezési feladatok során felhasználhatók az adatok, például az alkalmazandó kerékpárforgalmi infrastruktúra típusa meghatározására (a gépjárműforgalom adataival együtt vizsgálva).

A baleseti elemzéssel megvizsgálható a kerékpáros forgalom változásának és a kerékpáros balesetek számának összefüggése, továbbá az egyes infrastruktúra kialakítások esetleges összefüggése a balesetekkel.

A kerékpáros forgalom részarányára vonatkozó aktuális százalékos érték és a célérték meghatározás kulcskérdés a fejlesztési tervek megfogalmazáskor. A BKV Zrt. 2004-es háztartás-felvételi adatai alapján a kerékpározás részaránya Budapesten 1,5% volt (összes utazásszámhoz képest). A 2011. évi népszámlálás (KSH) 3%-ot mutatott ki. A Budapesti Közlekedési Központ célja, hogy a főváros közlekedésfejlesztési stratégiájában, a Balázs Mór-tervben foglaltaknak megfelelően 2030-ig ez 10%-ra növekedjen, ennek későbbi ellenőrzésére, követésére adatok és módszertan kialakítása szükséges.

1.2. A 2014. évi mérési program célkitűzései

A Budapesti Közlekedési Központ 2014-ben kerékpáros forgalomfelvételt és -elemzést készített, melynek főbb célkitűzései az alábbiak voltak:

- Az összes fellelhető korábbi (térben és időben részleges) adat összegyűjtése és összerendezése, elemezhetővé tétele; illetve a témában fellelhető egyéb irodalom (cikkek, diplomatervek, közvélemény-kutatások) összegyűjtése.
- Az elmúlt évek forgalomfelvételi adatainak összehasonlító elemzése alapján a trendek kimutatása, ugyanakkor szakmai javaslattétel a kerékpárosforgalom-elemzés hosszú távú módszerére is.
- Adattár alapjának létrehozása, mely felhasználható a forgalmi modellezésnél és a térinformatikai adatbázisoknál, és hasznos információkat nyújt a városlakók és a szakmai közélet számára a kerékpározási szokásokat illetően.
- Forgalmi mennyiségi mérések: egy-egy keresztmetszetben időszakosan, rendszeresen mért forgalmak alapján lokális trend olvasható ki, azaz az adott helyen mért forgalom növekedése/csökkenése.
- Célforgalmi (relációs) vizsgálatok: képet adnak a forgalom területközi eloszlásáról és az alap szokásjellemzőkről.
- Kerékpárral közlekedő kikérdezettek utazási szokásjellemzőinek vizsgálata: a teljes alapsokaságot jellemző/leíró alpmennyiségekre és a közlekedői magatartást leíró összefüggések meghatározására szolgáló felvételek; elsősorban népszámlálási és háztartásfelvételi adatok alapján.

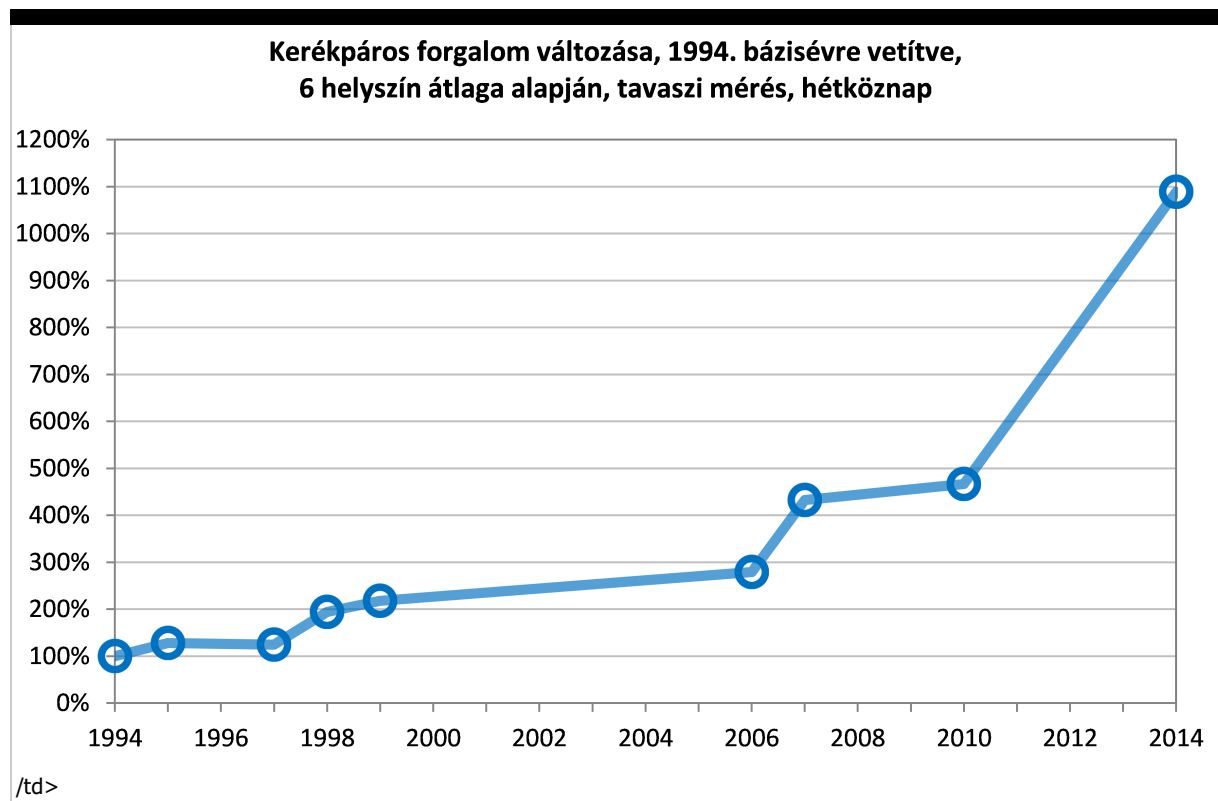
- Attitűd vizsgálatok (modal split vizsgálat és speciális kutatások): közlekedői preferenciák változása, kiemelt közlekedői profilok vizsgálata (turizmus, hétvégi kerékpározás, stb.).
- A friss mérési adatok alapján, csúcsórai, és napi forgalmak meghatározása, napszaktényezők és napi szorzók meghatározása, trendelemzés.
- A MOL Bubi működési területén a kerékpáros forgalom jellemzőinek vizsgálata.
- Balesetelemzés.
- A távlati mérési rendszer módszertanára vonatkozó javaslat összeállítása.

A mérési programot, forgalomfelvételeket, az adatok elemzését, a korábbi adatokkal összevont elemzést, valamint a mérési módszertanra kidolgozott javaslatot a BKK megbízásából a BKK Közlekedésstratégia szakterületének szakmai irányítása mellett a FŐMTERV Zrt. végezte el és dolgozta ki.

2. Kerékpáros forgalomfelvételek

2.1. Korábbi adatok összegyűjtése

A budapesti kerékpáros forgalomról 1994-től állnak rendelkezésre adatok a Fővárosi Önkormányzat megbízásából a Metróber Kft. által végzett felméréseknek köszönhetően. A mérések néhány évente zajlottak, eltérő helyszíneken. Néhány állandó helyszín is van a teljes mérési sorozatban, ezek alapján a forgalom 1994-2014 közötti változását az alábbi ábrán (1. ábra) mutatjuk be. 20 év alatt a belváros területén történt számlálások (6 helyszín tavaszi-őrszi, hétköznap végzett mérések összevont átlaga) alapján tízszeresére nőtt a kerékpáros forgalom.

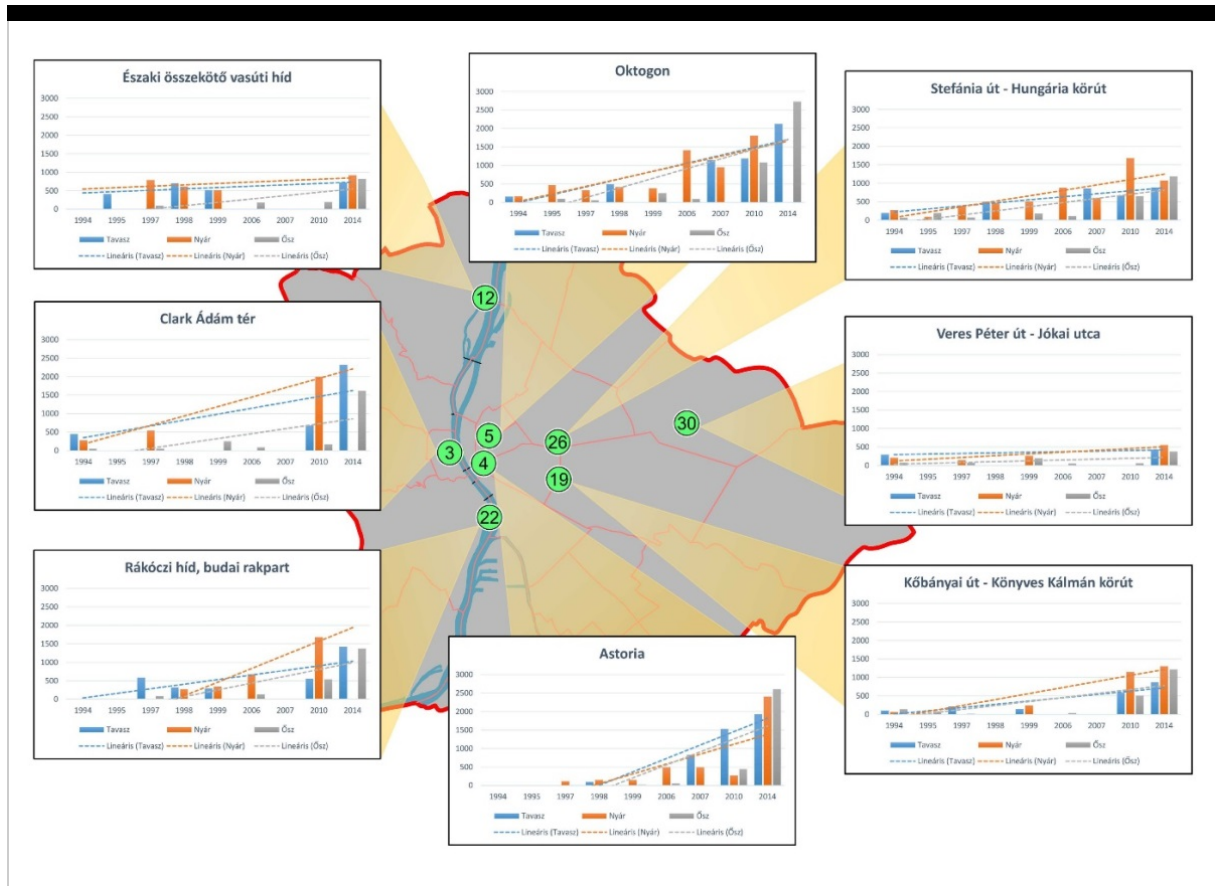


1. ábra

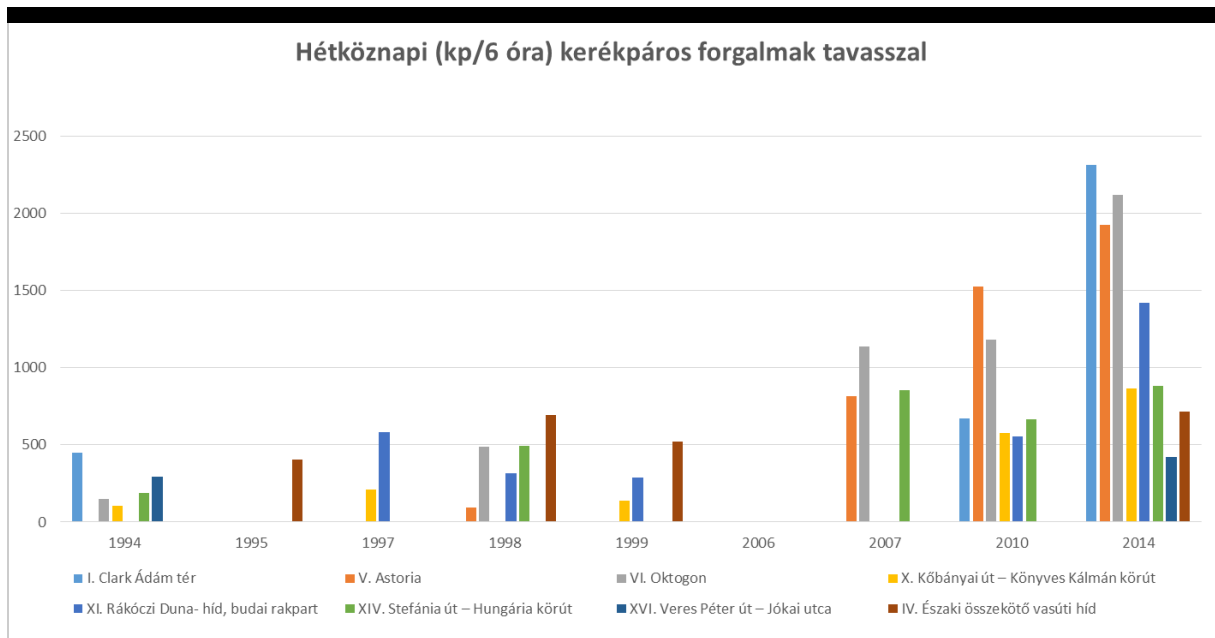
Kerékpáros forgalom nagyságának változása, 1994. bázisára vetítve, 6 helyszín átlaga alapján, tavaszi mérés, hétköznap (BKK, 2014)

„A rendelkezésre álló adatok alapján a város belső pontjain figyelhető meg leginkább a kerékpáros forgalom növekedése a Kiskörút és a Nagykörút térségében, míg a külső mérőpontokon nem ugrásszerű a növekedés. Az összehasonlítás alapja az Oktogon, a Clark Ádám tér, az Astoria, a Rákóczi híd, illetve az Északi összekötő vasúti híd, a Veres Péter út, a Kőbányai út és a Stefánia út térségében 1994 és 2014 közötti években számlált kerékpáros forgalom (3. ábra).” [1] A 2. ábra mutatja be a belső és külső mérési pontokon a forgalom

nagyságának változását (a zölddel jelölt számok a mérési helyszínek sorszámát jelentik).



2. ábra
1994-2014. közti mérési eredmények belső és külső mérési pontokon (FŐMTERV, 2014)

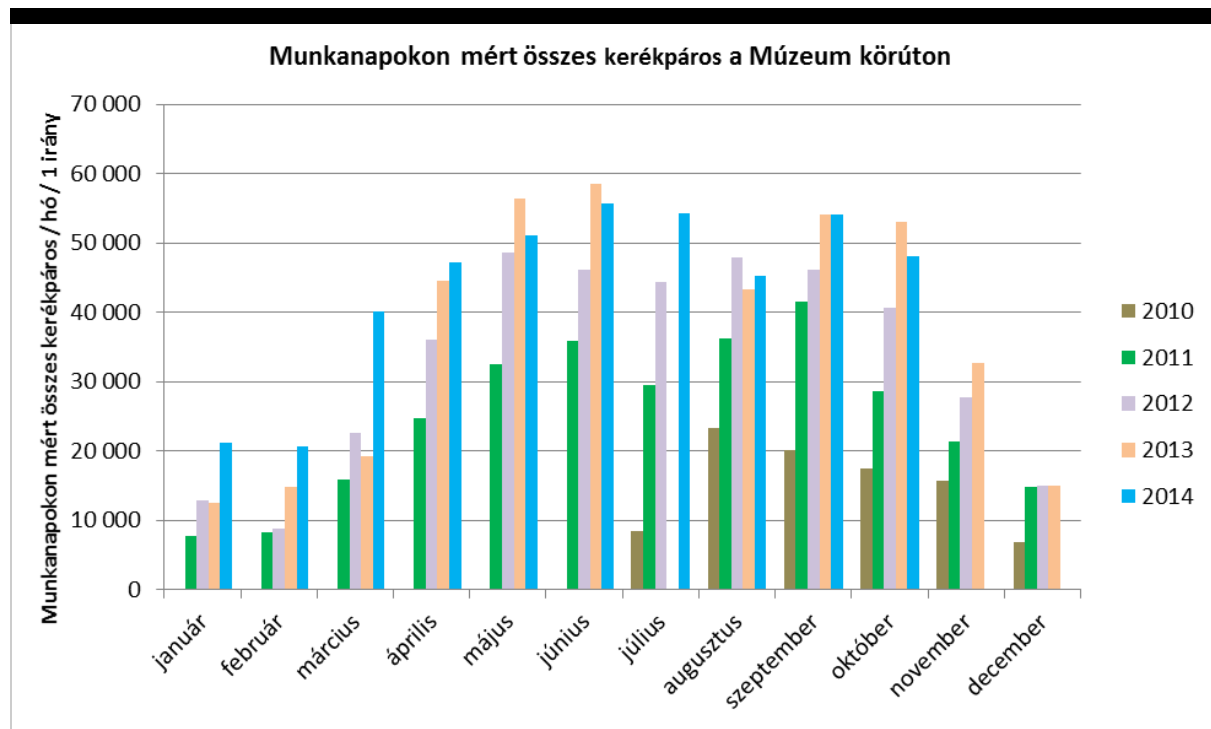


3. ábra
1994-2014. közti mérési adatok 8 helyszínen csúcsidőszakban [összesen 6 óra] (FŐMTERV, 2014)

2.2. Állandó mérőhelyek

Budapest első állandó (kerékpáros) mérőhelye a 2010-ben civil közadakozásból telepített, majd időközben a BKK üzemeltetésébe átvett Múzeum körúti detektor. A mérőállomás egész évben, éjjel-nappal számlálja a

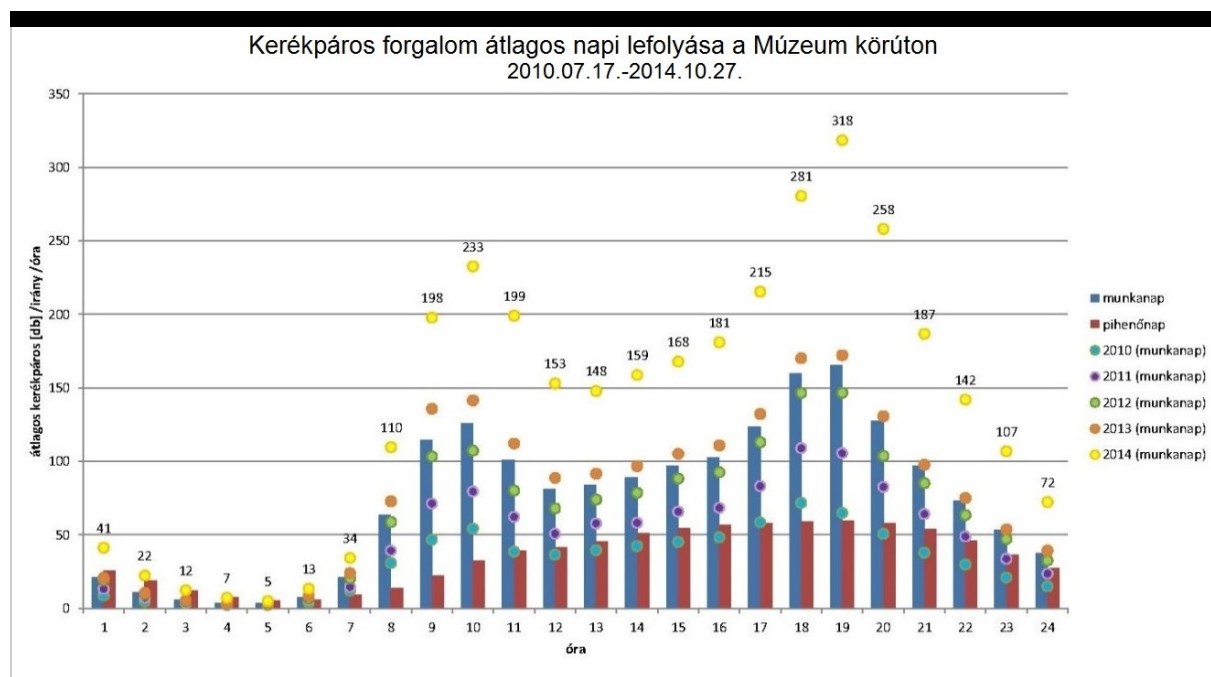
Múzeum körúti kerékpársávon az Astoria felé haladókat. A több éves adatsor alapján néhány összefoglaló ábrát közlünk. A 4. ábrán jól látható, hogy a kerékpáros forgalom éveken át növekedett, 2014-ben a 2013-asnak nagyjából megfelelő adatokat kapunk, ennek valószínű oka a 2014-es csapadékos nyár. (A 2013. júliusi adat a berendezés meghibásodása miatt nem áll rendelkezésre.)



4. ábra

Munkanapok átlagos kerékpáros forgalma a Múzeum körúton (BKK, 2014)

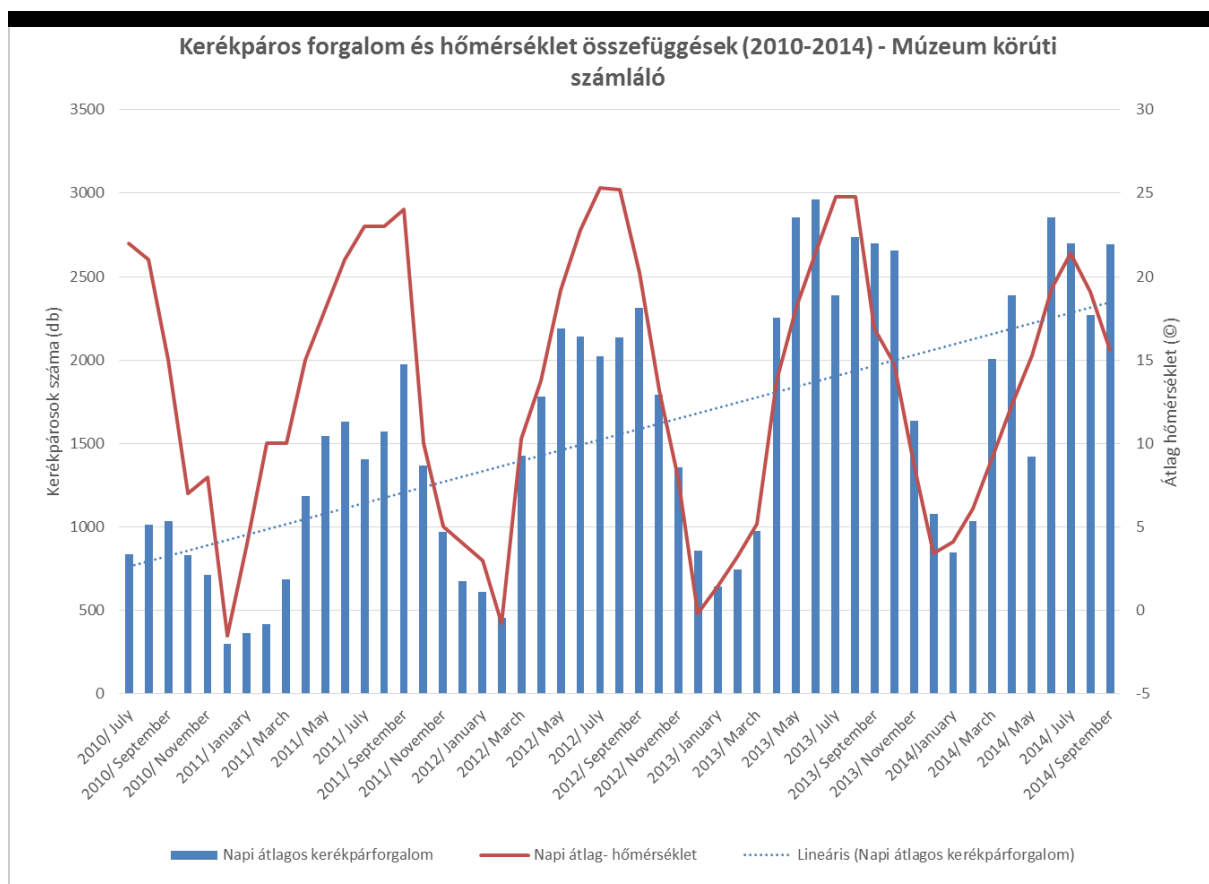
A forgalom napi lefolyására jellemző a délelőtti és a délutáni „csúcs” időszak, ami a közlekedési célú (hivatás-) forgalom jellemzője (5. ábra).



5. ábra

Kerékpáros forgalom átlagos napi lefolyása a Múzeum körúton (BKK, 2014)

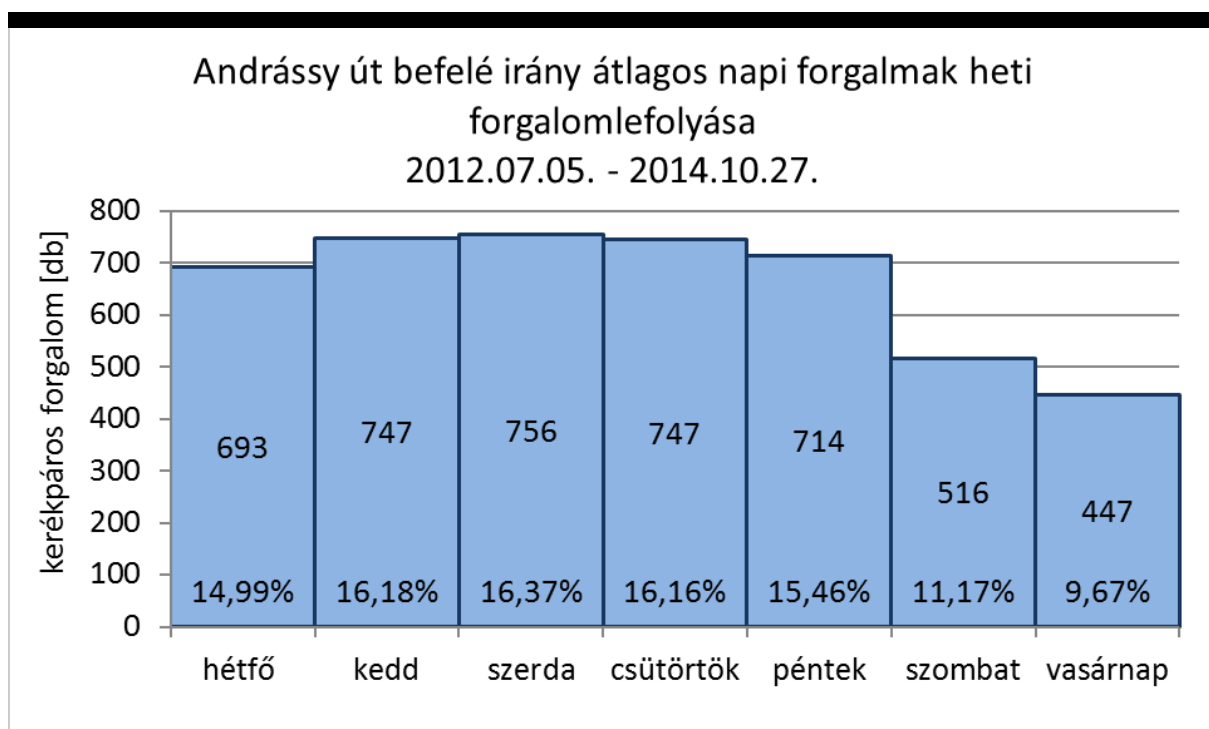
„Az időjárás hatása a kerékpározásra kimutatható, [alacsonyabb átlaghőmérsékletű, csapadékban átlagosan gazdagabb időszakban] a kerékpárosok száma csökken, ugyanakkor az évek előrehaladtával azonos hőmérséklet és csapadékviszonyok mellett a forgalom nő (6. ábra).” [1]

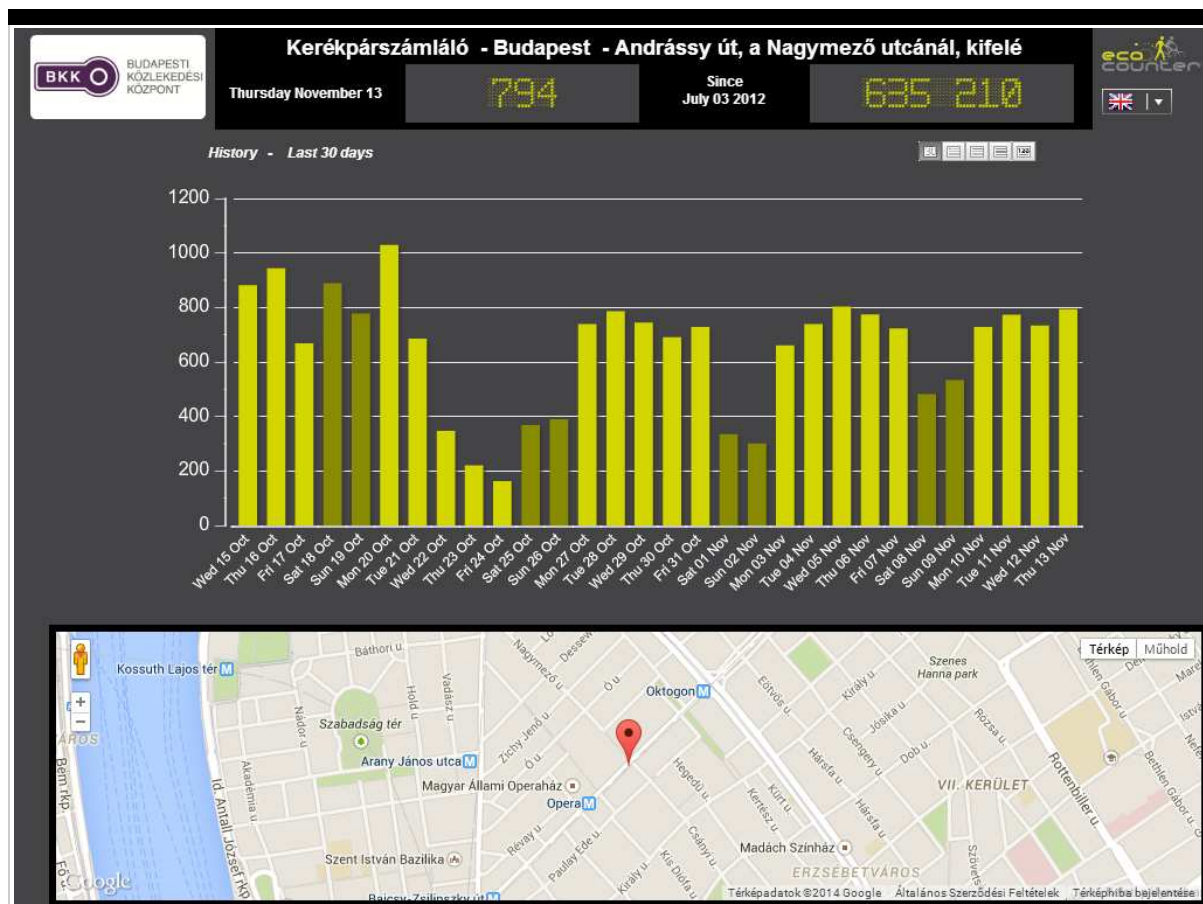


6. ábra

Kerékpáros forgalom és hőmérséklet összefüggések (2010-2014) – Múzeum körúti számláló (FŐMTERV, 2014)

Az Andrássy út – Nagymező utca kereszteződésében 2012 óta üzemel 1-1 detektor (8. ábra), mind a két irányt mérve. 2014 végére már 2 teljes évnyi adatsor rendelkezésre áll, így az adatok elemezhetőek (7. ábra).





8. ábra

Az Andrassy úti mérő interneten elérhető adatfelülete

Mindhárom állandó mérőhely adatai nyilvánosak és elérhetők az alábbi linkeken:

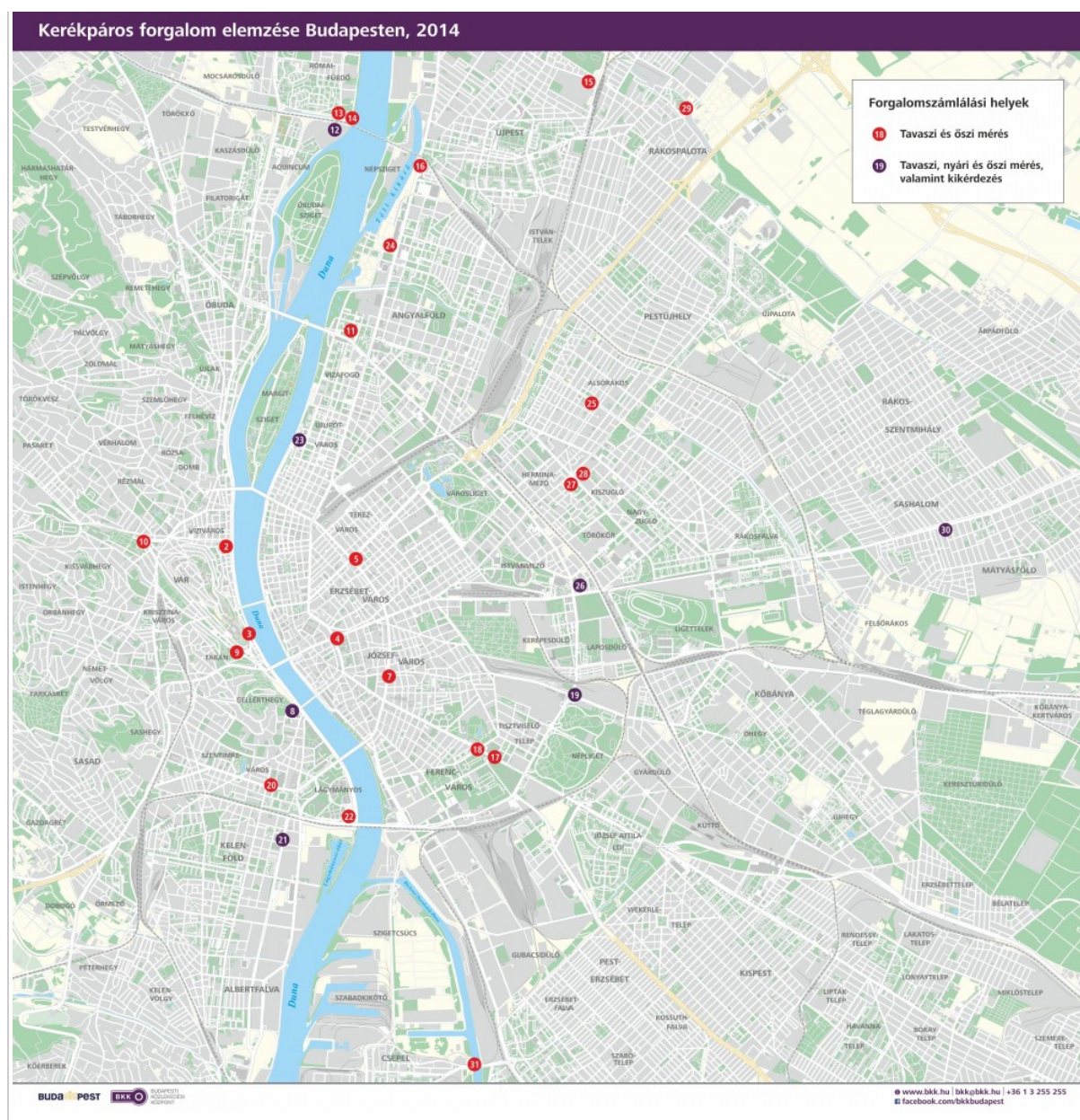
<http://kerekpárosklub.hu/szamlalo/adatok>

<http://kerekparszamlalo-andrassy-befe.le.visio-tools.com/>

<http://kerekparszamlalo-andrassy-kife.le.visio-tools.com/>

2.3. Mérési program 2014

A kerékpáros forgalom felvételét 2014-ben tavasszal és ősszel 31 helyszínen 7.00 és 9.00 illetve 16.00 és 19.00 között, száraz időjárású napokon hajtottuk végre. A 9. ábrán lilával jelölt 10 mérőhelyen nyári mérést és mindhárom évszakban kérdőíves kikérdezést is végeztünk 2+2+2 napon (tavasszal, nyáron és ősszel), a többi helyszínen 1+0+1 nap mérést végeztünk. A mérés célja a napi kerékpárforgalom nagyságának, időbeli lefordulásának meghatározása volt helyszínenként, a mért adatok alapján a napi forgalom az 5. fejezet szerinti szorzótényezők alkalmazásával számítható ki.



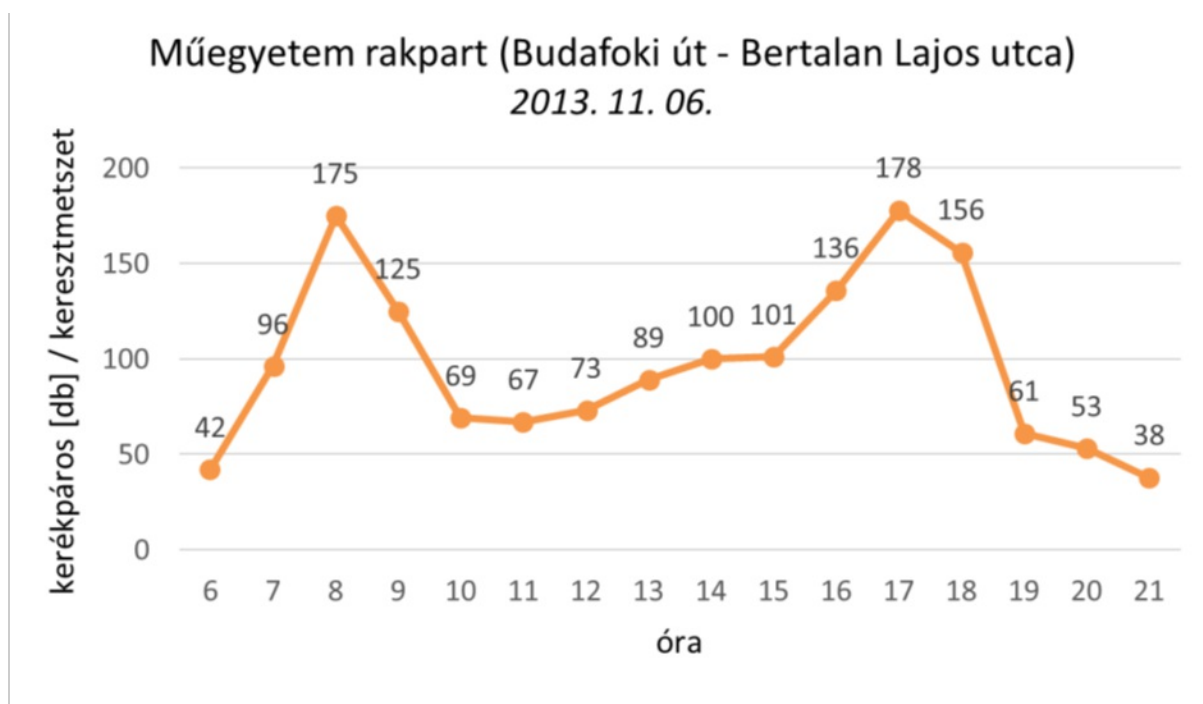
9. ábra

A 2014-es forgalomfelvételek helyszínei (BKK, 2014)

2.4. Egységes Forgalmi Modell

A Budapesti Közlekedési Központ a „Budapest és agglomerációjának teljes területére egységes forgalmi modell létrehozása” tárgyú projekt keretében a kerékpáros közlekedési mód is leképezésre kerül. A kerékpáros infrastruktúra leképezésén túl a kerékpáros utazások és szokásjellemzők is felvételre kerültek. A 2015 végén záródó projekt keretében kerékpáros forgalomfelvételek és további kikérdezéseket tervezünk.

2013 őszi mérések során 58 db, a forgalmi modellezés szempontjából fontos keresztmetszetben a közúttal közösen számlált 5 órás és emellett 8 db helyszínen 16 órás mérés adatait szintén megvizsgáltuk. A 10. ábra a Műgyetem rakpart (Budafoki út - Bertalan Lajos utca) kerékpáros forgalom lefolyását ábrázolja:



10. ábra

16 órás mérés eredménye a Műegyetem rakparton

A projekt keretében a következő kerékpárosokat is érintő számlálások és kikérdezések lesznek a jövőben: 2014 ősz, 2015 tavasz.

3. Eredmények

3.1. Forgalmi adatok, napi forgalmak, trendelemzés

Jelenlegi volumen trendek

- Budapest belső területén a kerékpáros forgalom nagysága ugrásszerűen megnőtt az elmúlt 10 évben (*ld. 1. ábra*).
- A pesti oldal külső szakaszain a forgalom csak enyhébb mértékben emelkedett (*ld. 2. ábra*).
- „1994-1999-ig a hétfői kerékpáros forgalom napi értéke lényegesen meghaladta a hétköznapiét (150-250%), míg 2006-tól a folyamat megfordult, és a 2010-es évben már a hétköznapi forgalom dominál a hétfői napi forgalomhoz képest.” [1]
- „Az automata mérési eredmények elemzése alapján a késő őszi, téli, kora tavaszi, vagyis a nem kifejezetten kerékpárosbarát időjárású időszakokban a leginkább markáns a forgalom növekedése, ami egyértelműen abba az irányba mutat, hogy a kerékpár egyre inkább az időjárástól független, mindennapos közlekedési eszközzé válik.” [1]

A főbb helyszíneken mért (állandó mérőberendezés által, Múzeum körút) illetve számított (napi szorzótényezőből felszorozott adatok) napi kerékpáros forgalomnagyságokat az *1. táblázatban* foglaljuk össze.

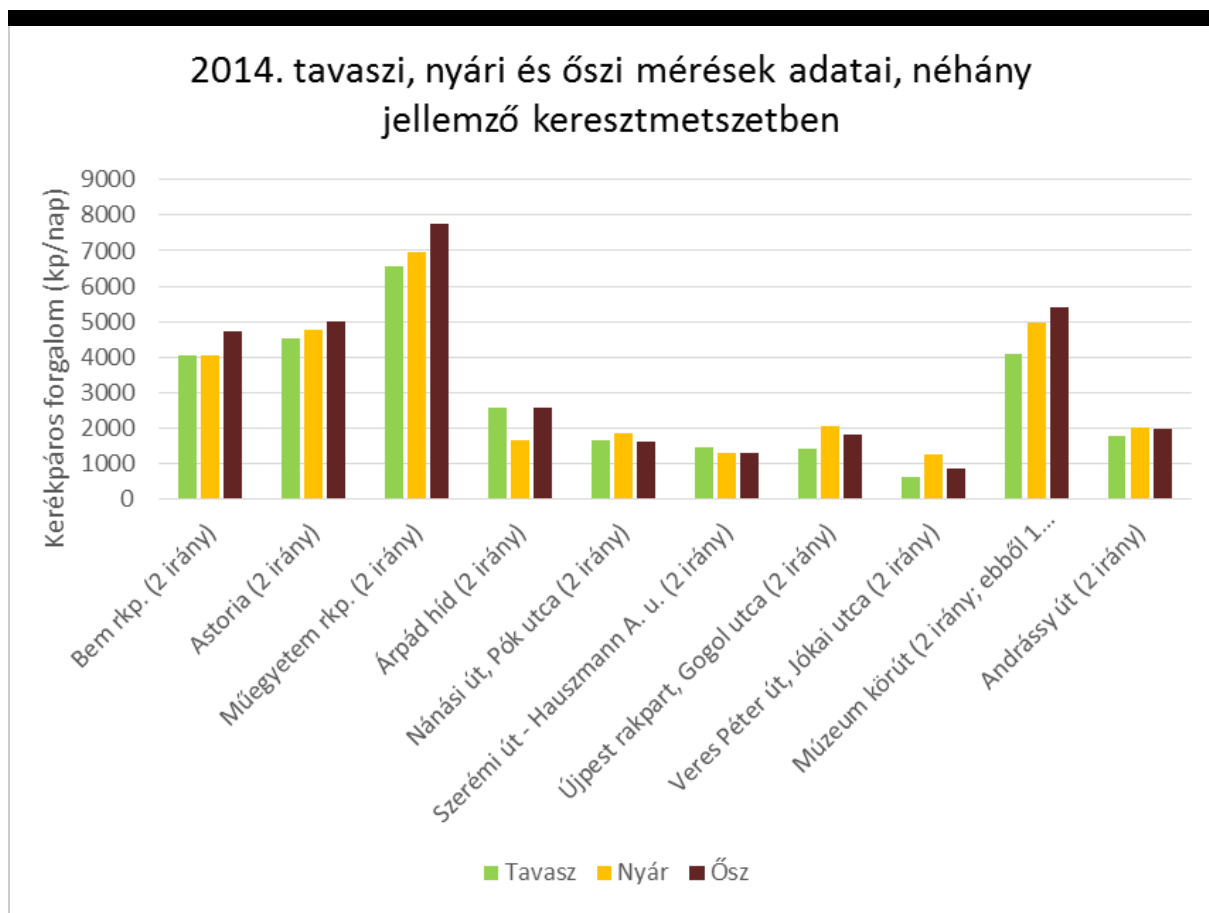
Mérési pont	Napi forgalom (hétköznapi)kerékpár/nap/irány		
	2014. tavasz	2014. nyár	2014. ősz
Múzeum körút	2300	2200	2600
Nagykörút (Oktogon)	690	-	810
Baross u. (József krt.)	560	-	740
Rákóczi út (Astoria)	160	150	260
Andrássy út (Oktogon)	1800	-	1960

Batthyány tér	2000	2000	2300
Szent Gellért tér	3300	3500	3800
Lánchíd	1350	-	1200
Árpád híd, északi oldal	1450	720	1450
Újpesti rkp. (Gogol u.)	700	1000	900
Veres Péter út	260	500	320
Kőbányai út	380	420	380
Rákospatak u.	560	-	400

1. táblázat

Napi forgalm nagyságok az egyes mérési helyszíneken (BKK,2014)

- A Nagykörúton és a Rákóczi úton a kerékpáros forgalom egyaránt növekszik, annak ellenére, hogy kerékpáros közlekedés szempontjából jelenleg egyik sem ideális a gépjárműforgalom volumene (és sebessége) miatt.
- A Lánchídon 1450 kerékpáros haladt át áprilisban naponta Pest felé, 1250 kerékpáros pedig Buda felé. A kerékpárosok 27%-a választja közlekedésre az útpályát, és 36-36%-uk a kétoldali járdákat.
- Az Andrássy úton az Egységes Forgalmi Modell eredményadatai alapján a gépjárműforgalom 11.000 jármű/nap/irány. A kerékpáros forgalom a teljes járműforgalomnak több mint 15%-a.
- A Szent Gellért tér nevezhető a legforgalmasabbnak, a Szabadság-hídtól délre eső keresztmetszetben irányonként több mint 3000 kerékpáros halad el naponta.
- Az Árpád-hídon nyáron fele akkora kerékpáros forgalom volt mérhető, mint tavasszal és ősszel (ami a közlekedési célú forgalmat jelent). Ennek fordítottja tapasztalható az Újpesti rakparton, és a Veres Péter útnál, azaz nyáron valamivel nagyobb volt a forgalom.
- A Szerémi úton (*ld. 11. ábra*) a forgalom az év során csökkent, ennek magyarázata az 1-es villamos építése, mely 2014-ben kezdődött a helyszínen. A kerékpárutat a mérési pont közelében több ponton is elterelték, korlátozták, így kerékpárral közlekedve az útvonal kényelmetlenebbé vált.



3.2. Kerékpáros Közösségi Közlekedési Rendszer (MOL Bubi) forgalmi adatai

A mérési programban 2014 őszén nyílt lehetőség a MOL Bubi kerékpárok mérésére. A mérés időpontjában alig néhány napja üzemelt a teljes rendszer, így az adatok nem reprezentatívak. A gyűjtőállomások által lefedett területen a kezdeti mérés ellenére már jól látható a MOL Bubi kerékpárok megjelenése – akár 4-6% volt az összes kerékpározóhoz viszonyított arányuk (2. táblázat).

Helyszín	Összes kerékpár	BUBI kerékpár	BUBI %
Bem rakpart	2 009	77	3,8%
Csalogány utca	384	11	2,9%
Clark Ádám tér	2 558	134	5,2%
Astoria	2 376	104	4,4%
Oktogon	2 472	140	5,7%
József körút	599	18	3,0%
Baross utca	479	10	2,1%
Szent Gellért tér	3 272	198	6,1%
Krisztina körút	620	27	4,4%
Szilágyi Erzsébet fasor	663	1	0,2%
Fehérvári út - Bocskai út	255	3	1,2%
Budai rakpart, Rákóczi híd	1 285	2	0,2%
Újpest rakpart - Gogol u.	797	3	0,4%

2. táblázat

MOL Bubi kerékpárok részaránya a kerékpáros forgalmon belül (FŐMTERV, 2014)

3.3. Felületválasztás elemzése

A mérések során a felületválasztási szokásokat is vizsgáltattuk. „A kerékpárral közlekedők, ahol tehették, a kerékpározásra kijelölt felületeket (kerékpárút, kerékpársáv) használták – 90% feletti arányban. Az olyan útszakaszokon, ahol a gépjárműforgalommal vegyesen úttest lehet, illetve kell kerékpározni (például Lánchíd, Nagykörút), a tényleges felületválasztás függ a közúti gépjármű forgalom nagyságától, a járda gyalogos forgalmától, a járda és az úttest szélességétől.” [1]

A József körút Baross utcai kereszteződésénél minden 3. kerékpárral közlekedő a járdát választotta. Feltételezhetően azért, mert a közutat nem találják alkalmasnak (biztonságosnak vagy kényelmesnek) a kerékpározásra (gépjárművek torlódása és relatív gyorsajtása).

Néhány jellemző adatot a 3. táblázat tartalmaz:

Helyszín	Úttest	Úttest	Járda	Járda
Lánchíd, Pest felé*	36%		19%	45%
Lánchíd, Buda felé*		33%	36%	31%
*A Lánchíd esetében jellegzetes, hogy a nem irányhelyes járdát is használják a kerékpárral közlekedők.				
Teréz körút, Dél felé	71%		29%	

Teréz körút, Észak felé		83%		17%
Erzsébet körút, Dél felé	77%		23%	
Erzsébet körút, Észak felé		72%		28%
József körút, Dél felé	63%		37%	
József körút, Észak felé		65%		35%

3. táblázat

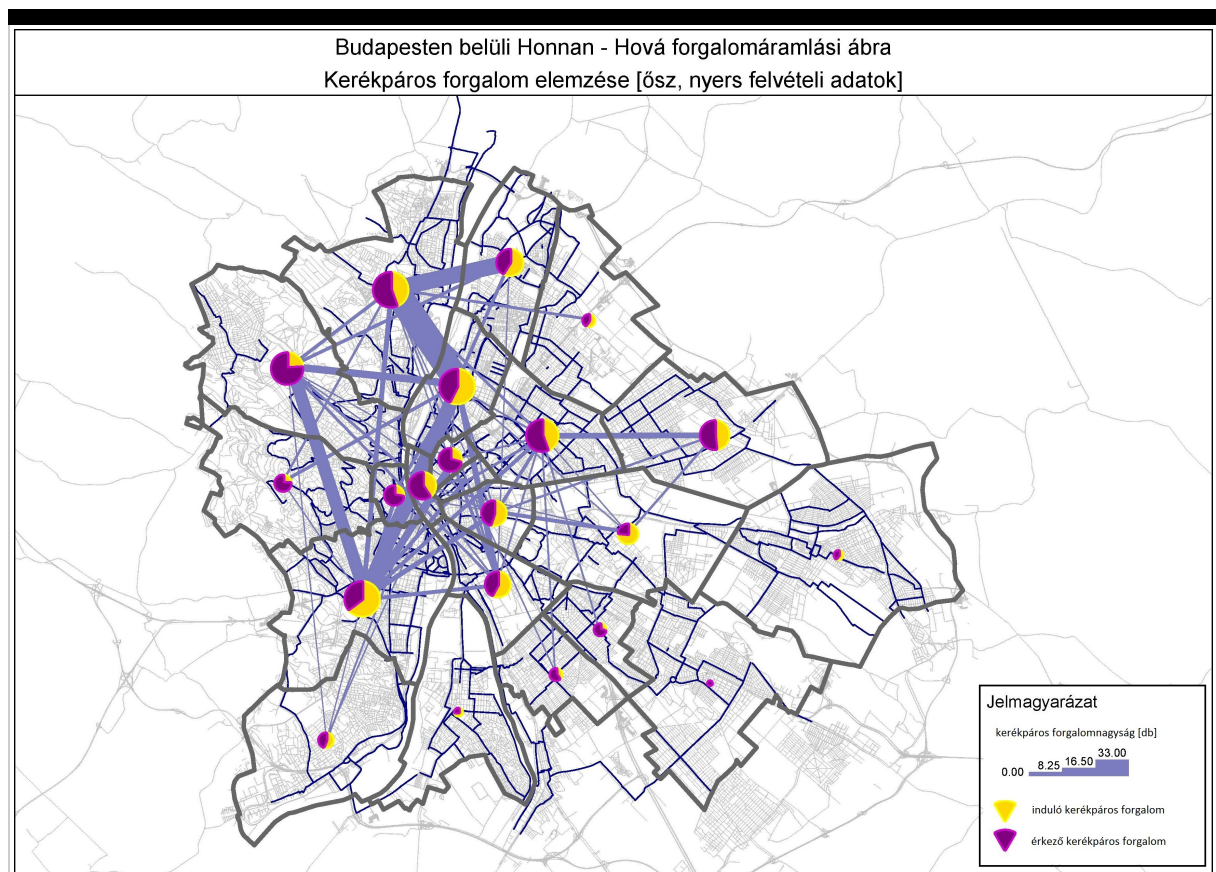
Felületválasztási adatok (Lánchíd, Nagykörút)(BKK, 2014)

A Lánchíd esetében a kerékpárral közlekedők gyakorlatilag egyenlő mértékben választották a forgalmi sávot, illetve a két járdát (a két oldal nem egyenértékű és nem is juthatunk át egyikről a másikra, így a választásnak jelentősége van, ezért külön szerepeltettük az ábrán, melyik oldali járdát választja a kerékpárral közlekedő).

3.4. Kérdőíves kikérdezés eredményei

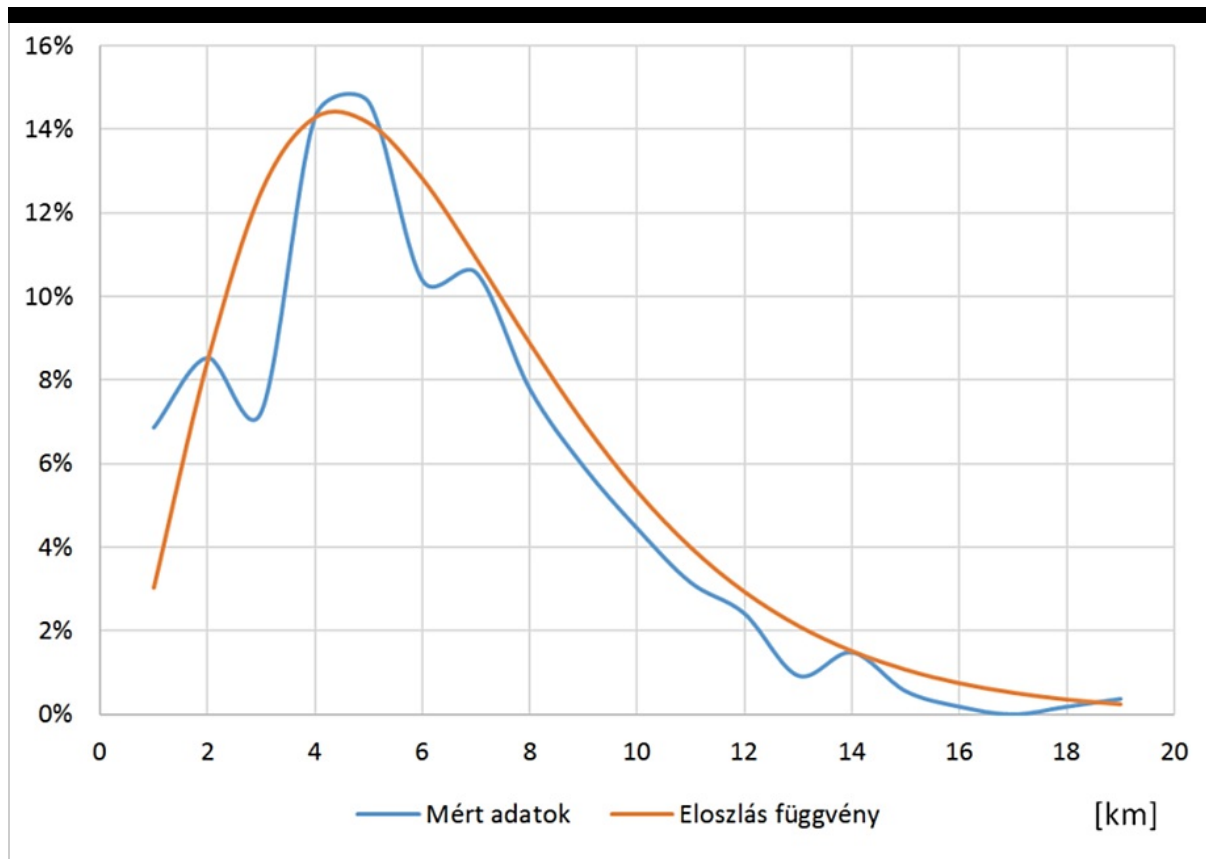
A forgalomfelvételek mellett a BKK kérdőíves kikérdezést is végeztetett 2014-ben. A kérdések a kerékpárral közlekedők alapvető utazási szokásaira irányultak (utazás gyakorisága, indoka, kiindulási- és célpontja, vegyes használat, közösségi közlekedési bérlet és/vagy autó megléte, kerékpár típusa, sisakviselés). A kikérdezés 2014 tavaszi, nyári és őszi időszakokban zajlottak, 10 helyszínen, mindhárom időszakban több mint 500 fő megállítással kikérdezésével. Fontos hangsúlyozni, hogy az eredmények nem reprezentatívak. A kikérdezést a Főmterv Zrt. végezte, legfontosabb megállapításait az alábbiakban idézzük.

A forgalom áramlása (honnan-hová): „Évszaktól függetlennek tekinthető a XI. kerület és a XIII. kerület, valamint a XIII. kerület és a III. kerület közötti »tengely«, melyek között kiemelkedő kerékpáros forgalmi igény jelentkezik. „Szomszédos kerületek között, a III. és a IV., valamint a XIV. és a XVI. kerületek között kimutatható erős kerékpáros forgalom. Az ábrák alapján (12. ábra) a kerékpáros forgalom túlnyomórészt a belvárosra koncentrálódik, míg Budapest külső kerületei között (főként a déli kerületek között), minimális a forgalom. A tavaszi és a nyári felmérésből készült ábrák szerint a jobb időjárás esetén nagyobb hajlandóság mutatkozik a külsőbb kerületekből való kerékpározásra, mint az őszi évszakban.” [1]



12. ábra

Az utazások hosszeloszlása: „A kérdőíves kikérdezés »honnan-hová« adataiból becsülhetők az utazások hossza. Az utazások hosszeloszlása igazolja, hogy a legtöbb utazás 5 km hosszú, valamint, hogy a kerékpáros utazások 90 %-a 10 km alatti. A kerékpáros utazások hosszeloszlását elemezve a 4-6 km közötti utazások a leggyakoribbak, de mintegy 40%-a az utazásoknak ennél hosszabb (13. ábra).” [1]



13. ábra

Hosszeloszlási görbe, 2014. évi kérdőíves kikérdezés alapján (FŐMTERV, 2014)

Profilok:

A tanulmány keretében végzett kikérdezés alapján lehetőség volt a különböző felhasználói profilok azonosítására életkor, nem, társadalmi-gazdasági helyzet, felületválasztási preferencia, attitűd (pl. kerékpárhasználat indoka, utazás indoka) alapján négy csoport különböztethető meg:

1. naponta, időjárástól függetlenül, gyorsaság, kényelmes, praktikusság – vásárlás, ügyintézés és munkába járási céllal
2. naponta, költséghatékony választás, munkába járók
3. naponta (időjárásfüggően), egészségtudatos választás, munkába járók
4. alkalmanként kerékpározók.

3.5. Kerékpáros forgalom Budapest hídjain

A budapesti kerékpáros közlekedés egyik fontos kérdése a hidak járhatósága. Több projekt eredményeit összegyűjtve megvizsgáltuk néhány híd kerékpáros forgalmát, összevetve az egyéni gépjármű-közlekedés adataival – ahol ilyenek rendelkezésre álltak. A különböző mérések sajátosságai miatt a hétköznapi 7-9 óra és a 16-19 óra között mért 5 órás adatokat tudjuk összehasonlítani (4. táblázat):

	Szabadság híd	Lánchíd	Lánchíd	Lánchíd	Lánchíd	Lánchíd
--	---------------	---------	---------	---------	---------	---------

MÉRÉS	Közlekedés Kft.	Főmterv Zrt.	Közlekedés Kft.	Főmterv Zrt.	Főmterv Zrt.	Főmterv Zrt.	
Dátum	2013. nov.	2012. szept.	2013. nov.	2014. jan.	2014. ápr.	2014. szept.	
Kerékpár	1445	1322	242	400	964	1021	kerékpár/5 óra teljes keresztmetszet
Egység-jármű	5625	-	7970	-	n.a.	n.a.	E / 5 óra teljes keresztmetszet
Gépjármű	-	9084	-	8750	9000 <i>becsült</i>	9000 <i>becsült</i>	Gépjármű / 5 óra teljes keresztmetszet
Kerékpáros forgalom aránya	20%	13%	3%	4%	10%	10%-	[%]

4. táblázat

Szabadság híd és Lánchíd forgalmi adatai (BKK, 2014)

A Szabadság hídon novemberi, kerékpározás szempontjából kedvezőtlen időszakban is a kerékpáros közlekedés 20%-os arányát (a kerékpáros forgalom aránya a teljes járműforgalomban, tehát kerékpár + gépjármű) mérték.

A Lánchíd adataiban megfigyelhető eltérések a kedvezőtlen, téli időjárásra vezethetők vissza. A gépjárműforgalmat 2014-ben a korábbi mérések alapján jó közelítéssel változatlanak tekintve a kerékpáros forgalom 10%-os aránya annak ellenére kimutatható, hogy a hídon önálló kerékpárforgalmi létesítmény nincs.

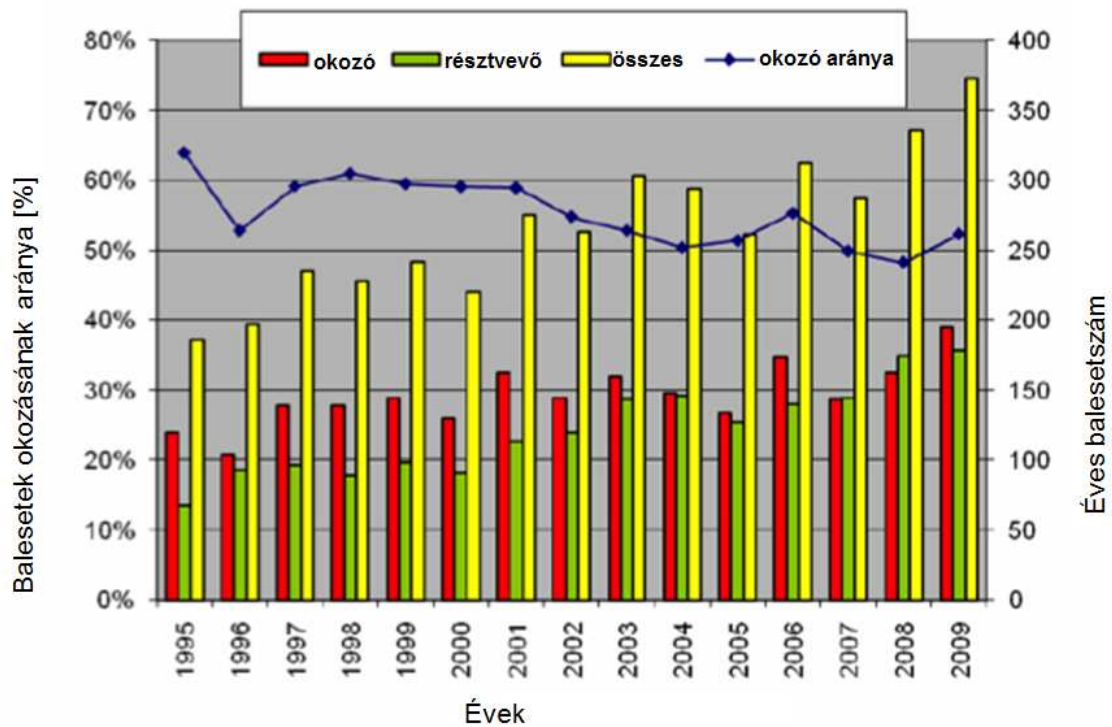
3.6. Baleseti adatok és összefüggések vizsgálata

1995-2009 között a budapesti kerékpáros közlekedés baleseti adatait a Metróber TT Kft. vizsgálta, a Fővárosi Önkormányzat megbízásából.

„Az elmúlt mintegy 20 évet tekintve a kerékpáros balesetek száma jelentős ingadozások mellett enyhén növekszik. A kerékpáros balesetek száma 1989 és 1996 évek között kb. azonos érték körül, a 200-250-es tartományban ingadozott, majd 1997. év óta az ingadozás emelkedő tendenciát mutat, a 250-300 baleset/év tartományban. A kerékpáros balesetek százalékos aránya az összes balesethez viszonyítva jelenleg 6,5-7 % körül van. Öröndetes tény ugyanakkor, hogy a kerékpárhasználók baleset okozási aránya a korábbi 60%-os szintről 50% környékére csökkent. Azaz a kerékpárral közlekedők már nem nagyobb arányban okozói a baleseteiknek, mint a közlekedés többi résztvevője. Az adatok alapján elmondható, hogy a kerékpáros forgalom nagyságának növekedése jelentősen meghaladja a balesetek arányának növekedését. A fővárosi kerékpáros baleseti számok növekedése tehát elsősorban a kerékpáros forgalom növekedéséből adódik, és nagyrészt ellensúlyozza a kerékpárosok közlekedési rutinjának javulása.

A kerékpárosok által okozott balesetek éves száma és ezen belül a súlyos balesetek aránya is stagnálást mutat. A halálos balesetek száma a 2003-as kiugró évet követően továbbra is csekély, évi 4 körüli (14. ábra).

A kerékpáros balesetek száma Budapesten

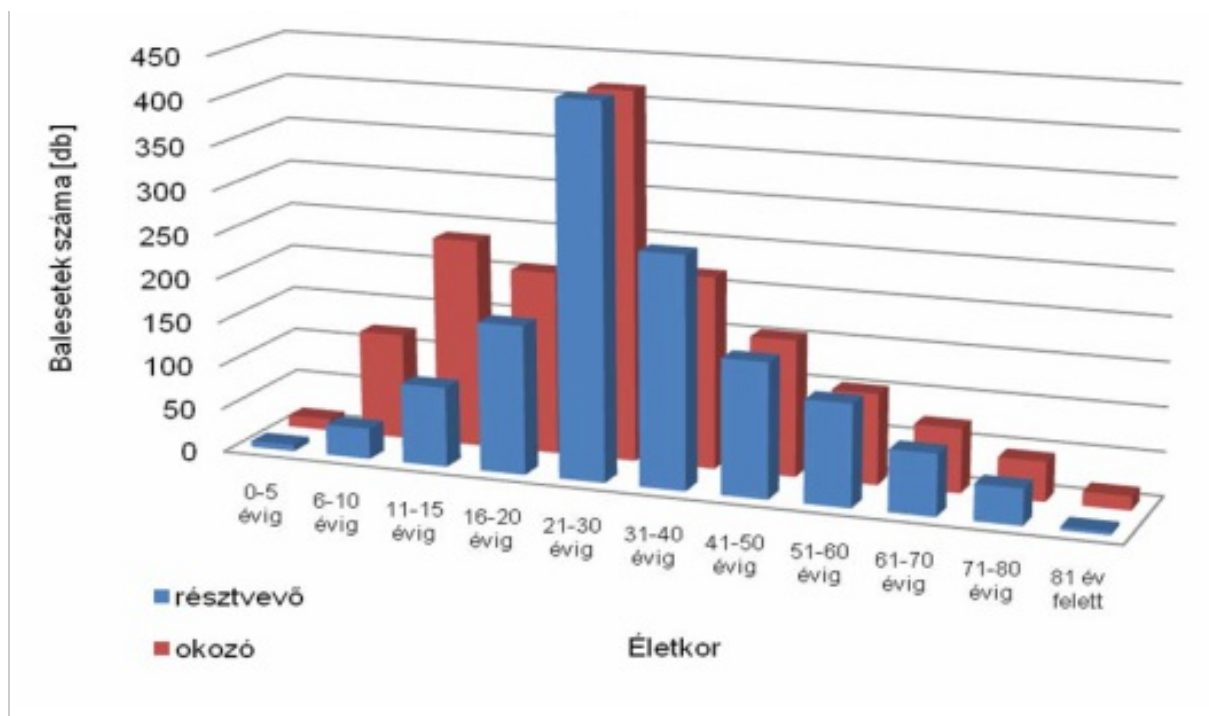


14. ábra

A kerékpáros balesetek száma Budapesten (METRÓBER TT, 2010)

A korosztályok közül a 20 évnél fiatalabbak esetén a baleseti okozás jelentősen meghaladja a résztvevőként elszenvedett balesetek arányát, míg a 21-40 év közöttiek kevésbé okozói, mint elszenvedői a baleseteknek. Ez arra világít rá, hogy kiemelten fontos az iskolás korosztály kerékpáros közlekedési ismereteinek és készségeinek javítása. Jelenleg ez hiányzik az iskolai képzés kötelező tanrendjéből, és általánosan elérhető fakultatív képzés sincsen.

A balesetek éven belüli megoszlását vizsgálva megfigyelhető a balesetek számának ugrásszerű emelkedése júniusban (~40-50 baleset/hónap), ami a nyári szünidő kezdetével nagyobb létszámban kerékpározó gyerekek jelenlétével magyarázható (15. ábra).



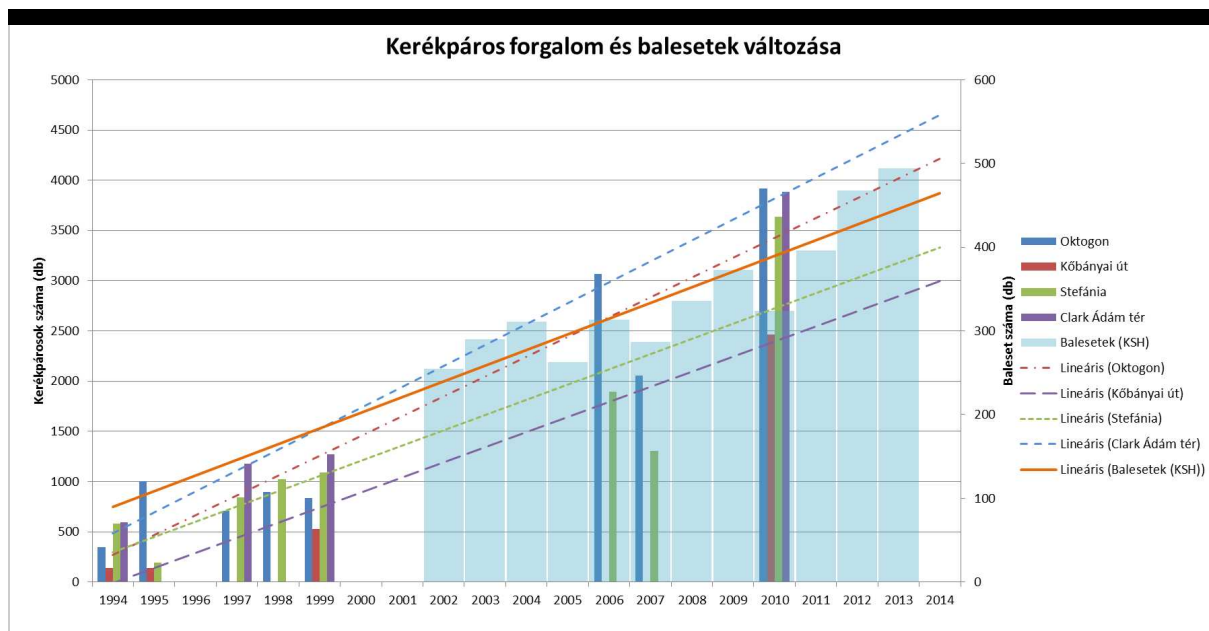
15. ábra

A kerékpáros balesetek okozóinak és résztvevőinek kor szerinti megoszlása (METRÓBER TT, 2010)

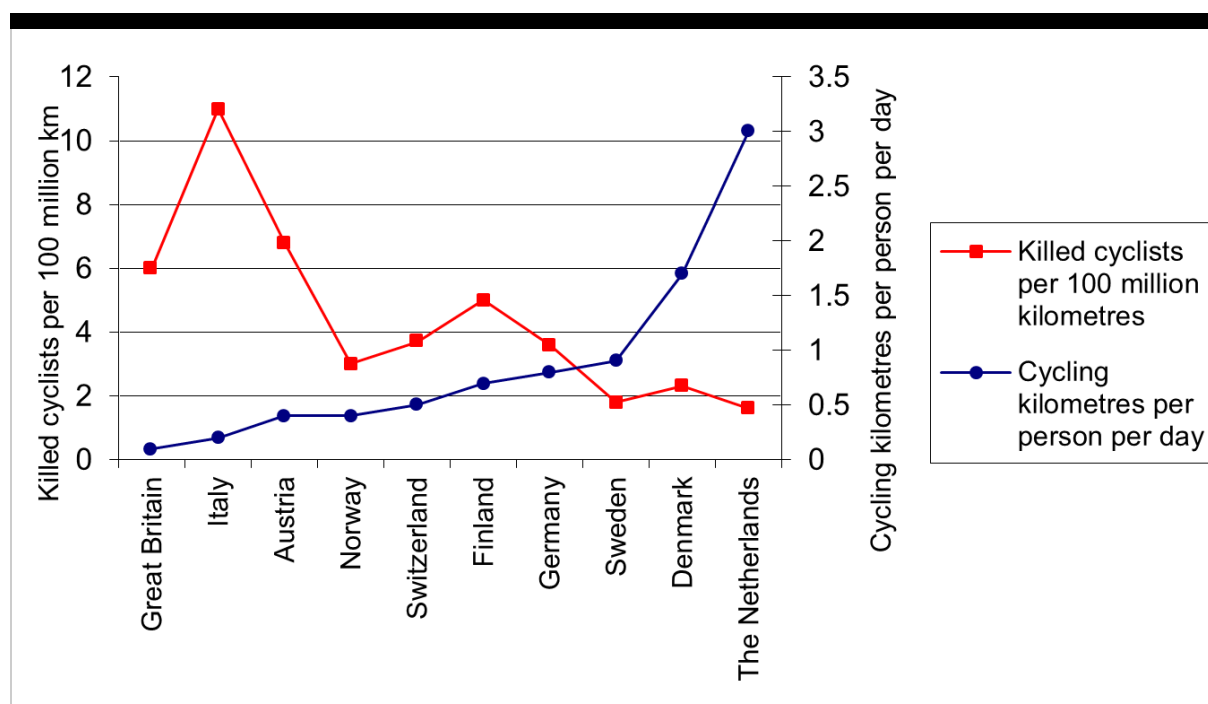
Említésre méltóak a kerékpárosok és gyalogosok közötti balesetek is (kb. 6%), melyek többségükben a járdán, illetve gyalog- és kerékpárúton való kerékpározásból, ill. szabálytalan gyalogos-átkelésekből erednek. A kerékpáros és a gyalogosforgalom fizikai szétválasztásával e balesettípus előfordulása nagymértékben csökkenthető.

Hosszú távon a balesetek számának csökkenése minden szempontból fontos. A biztonság növekedésével a kerékpárosok száma is növekszik. A megnövekedett számú kerékpáros pedig a közlekedési szokásokat ember közelebbé téve ismét a balesetszám relatív csökkenését vonja maga után, mert a gépjárművezetők hozzá szoknak a kerékpározókhoz.” [2]

A 2014-es vizsgálatához a BRFK és a KSH baleseti adatait használva a FŐMTERV Zrt. hivatkozott tanulmányában megállapítja: „a kerékpáros balesetek száma 2002 – 2013 között lineárisan növekedett. Részleges adatok alapján, de megerősítést nyert, hogy a kerékpáros balesetek lényegesen kisebb mértékben növekszenek, mint a forgalom, vagyis a fajlagos (teljesítményre vetített) baleseti arány csökken.” [1] A 16. ábrán szaggatott trendvonalak az egyes mérési helyszíneken mért forgalomműködést ábrázolják, a folytonos narancssárga vonal a kerékpáros balesetek (okozó, résztvevő összesen) növekedési trendjét mutatja.



„A balesetek rögzítésének módszertanához hasonló globális kerékpárforgalmi rögzítési módszertan hiányában általános forgalomnövekedési trendre legfeljebb csak következtethetünk, az egyes helyszínek korábbi mérési adataira támaszkodva és a rögzített személysérüléssel kerékpáros balesetek trendjéből megállapítható, hogy a kerékpáros balesetek lényegesen kisebb mértékben növekszenek, mint a forgalom, vagyis a fajlagos (teljesítményre vetített) baleseti arány csökken.” [1] Azaz a balesetek számának növekedése nem nő olyan mértékben, mint a forgalom. Nemzetközi példák alapján feltételezhető, hogy ez a közlekedéspolitikai beavatkozások mellett magának a forgalom növekedésének köszönhető („safety in numbers” elv). Európában, Hollandiában és Dániában a legmagasabb az egy főre vetített napi kerékpárral megtett út, és ugyanezen két országban a legalacsonyabb a 100 millió megtett km-re eső halálos kerékpáros balesetek száma (17. ábra).



17. ábra

100 millió megtett km-re eső halálos balesetek számának és fajlagos utazási hossz [km/fő/nap] összefüggése Európában
(European Cyclists Federation, 1998)

4. Hosszútávú adatfelhasználás

A Főmterv Zrt. által készített tanulmány a jövőt illető fontos eredménye a napi szorzótényezők megállapítása volt. „Az állandó mérőhelyek adataiból törvényszerűségi tényezőket képeztünk, melyekkel a rövid időtartamú számlálásokból is becsülhetők a napi forgalmak. A törvényszerűségi tényezőkkel a forgalom lefolyását elemezhetjük – főbb paraméterei modellezhetők –, és az év minden hónapjának akár minden napjára, vagy a hét napjainak szummázásával, hónap-hét napja spektrumban lebontva meglehetősen pontos szorzótényezőket állíthatunk elő, melyekkel jó közelítéssel állnak elő a napi forgalomnagyságok.

A feldolgozott adatok alapján egyfelől lehetőség nyílt a trendek meghatározására és háttér információk feltárására, a jelenlegi helyzet átfogó leírására a későbbi beavatkozások tervezéséhez. Másfelől olyan módszertani javaslatok kerültek kidolgozásra, melyek következetes végrehajtása esetén fokozatosan állhat elő valós kép Budapest teljes kerékpáros közlekedéséről.”[1]

A napi szorzótényezők definiálásához „olyan módszerre van szükség, amely ezeknek az adatoknak az előállítását ésszerűen, gazdaságosan és megbízhatóan biztosíthatja, amihez az eddigiekben említett időszaki számlált forgalmak (q) a szakaszok (s) forgalmi jellege (j) szerint levezetett törvényszerűségi szorzók (a-, b-, c-tényezők) alapján a hét napjainak forgalmai, de az éves átlagos napi kerékpárforgalmak (Q) is

meghatározhatók, a következők szerint:

$$Q_{s(j)r} = q_{s(j),x,n(d),r} * k_{n(d),n} * a_{x,j,d,r} * b_{j,d} * c_j \quad (1)$$

ahol:

- Q_s - éves átlagos kétirányú keresztmetszeti forgalom (Q) valamely szakaszon (s),
- j - a szakasz forgalmi jellegkategóriája (döntően hivatás, ill. szabadidős, vagy vegyes forgalom), ami több területi és hálózati tényező függvénye és amelyhez „megfelelően illő” törvényszerűségi „referencia állomás” adatait társítjuk,
- d - napcsoport a héten belül (hétköznapok h : (H-P); hétvégi napok w : Szo-V),
- n - a hét napjainak indexe (1=H, 2=K, 3=Sz, 4=Cs, 5=P, 6=Szo, 7=V),
- r - adott mérőhelyen a haladási irány indexe (1='BE';ÉD; KN; 2='KI'; DÉ; NK; 3='kétirányú'),
- q_x - mért napszak (x =pl. 6-10; 15-19 ó) keresztmetszeti forgalom adott szakaszon (s), napon (n),
- $k_{n(d)}$ - időjárási viszonyok korrekciós tényezője adott számlálási napra (n) és hónapra (m),
- $a_{x,d}$ - napszaktényező (a napi (24 órás) forgalom és adott napszaki (x) forgalom aránya),
- b_d - heti tényező (a heti napcsoport (d) átlagforgalmának és a mérési nap (n) forgalmának aránya),
- c - havi tényező (a hónapok átlagforgalmának és a mérési hónap forgalmának aránya).

A tanulmány által hosszú távon működtetni javasolt mérési rendszer elemei:

Hierarchikus mérőállomás hálózat kialakítása:

- 8-12 elsőrangú (folyamatos) és 20-25 másodrangú mérőhelyet tartalmazó, jelleg szerint reprezentatív mérőhálózat kialakítása, mely részben a közúti mérőhelyekkel is kombinálható. Ennek pontjain, a „mérőállomások” rangjának megfelelő számlálási naptárt alkalmazva megállapíthatók a napi, heti és havi forgalomlefolys törvényszerűségei és a teljes járműforgalomhoz viszonyított arányok.
- Szakaszok forgalmi jelleg-kategóriákba sorolása: a hálózati elemek szerepkör, területi hatókör és közlekedési indok szerinti megkülönböztetése. Szakaszonkénti mintavételes eljárás módszere és alkalmazása.
- A jelleg-kategóriák és törvényszerűségi szorzók felülvizsgálata rendszeresen szükséges. A hosszú idejű méréseket végző állomások adatainak felhasználásával megbízhatósági vizsgálatok a mintavételes eljárás eredményeinek pontosságára vonatkozóan.

5. Összefoglaló megállapítások

A (korábbi adatokat is integráló) 2014. évi mérési program eredményei alapján az alábbi megállapításokat tehetjük:

- A kerékpáros forgalom a város belső részein folyamatosan nő (1994 óta a tízszeresére), a külső kerületekben kisebb mértékű a növekedés.
- A Múzeum körúti állandó mérőhely adatai szerint a növekedés lelassult, a forgalom nagysága állandósulni látszik. A térségben soron következő kerékpárosbarát fejlesztések hatását a következő évi adatokon nyomon kell követni.
- Az állandó mérőhelyek hálózatát bővíteni kell, és a most meghatározott szorzótényezőket ismételtelen felül kell vizsgálni. A mérőberendezések által mért adatokat kézi méréssel kell ellenőrizni.
- A kerékpáros forgalom növekedési trendje és a kerékpárosokat érintő balesetek trendje elvált egymástól, a forgalom jobban nő, mint a balesetek száma.
- A kerékpározás és az időjárás közti összefüggés kimutatható: kedvezőtlen időjárásban kevesebben kerékpároznak, ugyanakkor az évek folyamán azonos időjárás mellett egyre többen kerékpároznak.
- Azokon a helyszíneken, ahol van kijelölt kerékpárforgalmi létesítmény, a kerékpárral közlekedők döntő többsége azt használja. Ahol nincs kerékpárforgalmi létesítmény, ott a kerékpárral közlekedők nagy arányban használják a járdát (Nagykörút, Lánchíd). Feltételezhetően azért, mert a közutat nem találják alkalmasnak a kerékpározásra (pl. gépjárművek torlódása és relatív gyorsajtása).
- Több helyszínen eléri, illetve meghaladja a teljes járműforgalom 10%-át a kerékpáros forgalom, függetlenül a kerékpárforgalmi létesítmény lététől (pl. Andrassy út, Szabadság híd, Lánchíd).

Irodalomjegyzék

[1] KERÉKPÁROS FORGALOM ELEMZÉSE BUDAPESTEN A 2014. ÉVBEN – FŐMTERV Zrt., dr. Berki Zsolt, dr. Monigl János, Székely András, Varannai Dóra, Budapest, 2014.

[2] KERÉKPÁROS BALESETI (2006-2009) ÉS FORGALMI ADATOK ELEMZÉSE – METRÓBER TT Kft., Kertesy Géza, Lengyel Vilmos, Budapest, 2011.

Adatok

Megjelent itt

5. szám

2015. tavasz



Szerző

Bencze-Kovács Virág

okl. építőmérnök

Bereczky Ákos

okl. építőmérnök, projektmenedzser, BKK. Szakterülete: kerékpáros közlekedés.

Ábel Melinda

okl. közlekedésmérnök, projektmenedzser, BKK. Szakterülete: forgalmi modellezés.

Témakörök

Témakörök • Városi közlekedés

Kulcsszavak

Budapest • kerékpáros forgalom • trendek

Befogadva

2015. május 6.

Abstract

Volume of bicycle traffic is definitely increasing in Budapest in the past 20 years. Data are available since 1994 on bicycle traffic. Currently three round the clock equipment performs counts providing 24 hours data series on bicycle traffic. The Centre for Budapest Transport has organised a bicycle traffic census in 2014 at 31 sites in April and September and at 10 sites even in August. Using the results of the above mentioned census as well as all former measurements a detailed analysis has been worked out concerning the connection between traffic and safety data of bicycle traffic in Budapest.

Hozzászólás

* Név	
* Email	
Honlap	
Hozzászólás	
	Hozzászólás elküldése

[Bejegyzések](#)

[Galéria](#)

[Impresszum](#)

[Interjúk](#)

[Könyvajánló](#)

[Nemzetközi szemle](#)

[Témakörök](#)

© **Copyright Útügyi Lapok** 2013 • *Minden jog fenntartva.*



Kiemelt fontosságú gyalogos létesítmények méretezésének újragondolása

Szerző(k) **Kovácsné Igazvölgyi Zsuzsanna**

Kivonat

A közterületi lépcsők és közúti vasúti peronok szoros kapcsolatban állnak egymással; talán nem vagy csak sokkal alacsonyabb szolgáltatási szintre méretezték e létesítményeket. Az útügyi műszaki előírások csak azt mondják ki, hogy az utasforgalmat figyelembe kell venni, és csak egy minimális méretet írnak elő peronok esetében. A jelzőlámpás átkelőnél sajnos sokszor tapasztaljuk, hogy szabad jelzés ideje alatt a lassúbb gyalogosok nem érnek át, illetve érik el az átkelő 2/3-át. A mérési eredmények alapján új gyalogos áthaladási sebességet javasolok bevezetni a közbelső idők számításánál, amely a forgalombiztonság növekedésével jár. A közúti villamos peronok effektív szélességi méretét mérések és mikroszimuláció alapján javaslom meghatározni különböző szolgáltatási szint alapon.

1. Bevezetés – vizsgálat indokoltsága

A gyalogosok mozgása és koncentrált várakozása a települési forgalom különleges része, sérülékeny közlekedőknek számítanak a kerékpárosok mellett. Utazásunk során mindenki gyalogol rövidebb vagy hosszabb távolságban. Az utazási láncban gyalogosan közelítjük meg a közösségi közlekedési megállókat, a parkoló autónkat, a taxi állomást vagy a kerékpártárolót. Amikor a tömegközlekedés mellett döntünk, sok esetben átszállásokra kényszerülünk. Az átszállás kapcsán létrejövő gyaloglási kényszert nem szabad egyéninek tekinteni, mert nagyobb tömegekről, csoportokról beszélünk. A közforgalmú közlekedési megállókat is gyalogosan érjük el (peron, lépcső és/vagy gyalogos átkelőhely). Publikációmban a **hazai és nemzetközi méretezési módszereket hasonlítottam össze** ezeknél a létesítményeknél, figyelemmel a saját eredményeimre. A vizsgálataim és a javasolt méretezési módszerek hazai szolgáltatási szintek bevezetését segítik olyan létesítmény típusokra, amelyekre jelenleg nincs érvényben megfelelő szabályozás. A hazai gyakorlatban a közúti villamos peronok utasforgalomra történő méretezése ugyanis sajnos hiányos. A közlekedési **létesítmények túlszűfoltak és sokszor alulméretezettek**, mert hasznos felületük hazánkban nem igazodnak az igényekhez. A zsűfolt közúti villamos peronok vizsgálata mindenképpen indokolt. Jelzőlámpás átkelőnél a szabad jelzés sok esetben nem elegendő. A leglassúbb gyalogosok egy része a szabad jelzés alatt nem ér el az átkelő kétharmadáig.

2. Jelzőlámpás gyalogátkelőhely zöldidejének felülvizsgálata és új gyalogos tervezési sebesség meghatározása

2.1. Hazai és nemzetközi méretezési módszertan és szabályozás összehasonlítása

A jelzőlámpával szabályozott átkelőhelyeken gyalogosok egy része - nemcsak az idősebb korosztály - nem tud átkelni a szabad jelzés alatt. A vonatkozó alapelvek - Városi közlekedési kézikönyv (1984) - szerint a gyalogos jelzéseket úgy kell méretezni, hogy: „a szabad jelzés alatt az első gyalogos 1,2 m/s sebességgel áterjen, 1 m/s sebességgel az úthossz kétharmadát megtehesse, a villogó zöld jelzés kezdetekor elinduló gyalogos 1,5 m/s sebességgel áterjen, 1,3 m/s sebességgel áterjen, mielőtt a keresztező forgalom első járműve a gyalogos átkelőhelyet elérné.”

Az ÚT 2-1.211 szerint az átkelési idő meghatározásánál $v=1,34$ m/s átlagos sebességet kell feltételezni, ez nagyon hasonló a német szabályozáshoz. Viszont több tanulmány már az 1990-es években (Hoxie et. al, 1994) (Langlois et al., 1997) kimutatta, hogy az átkelési és ürítési sebességet még az 1,2 m/s sebességgel is túlbecsülhetjük, ha a mozgásukban korlátozottak aránya jelentős. A mozgáskorlátozottak sebessége a fogyatékos

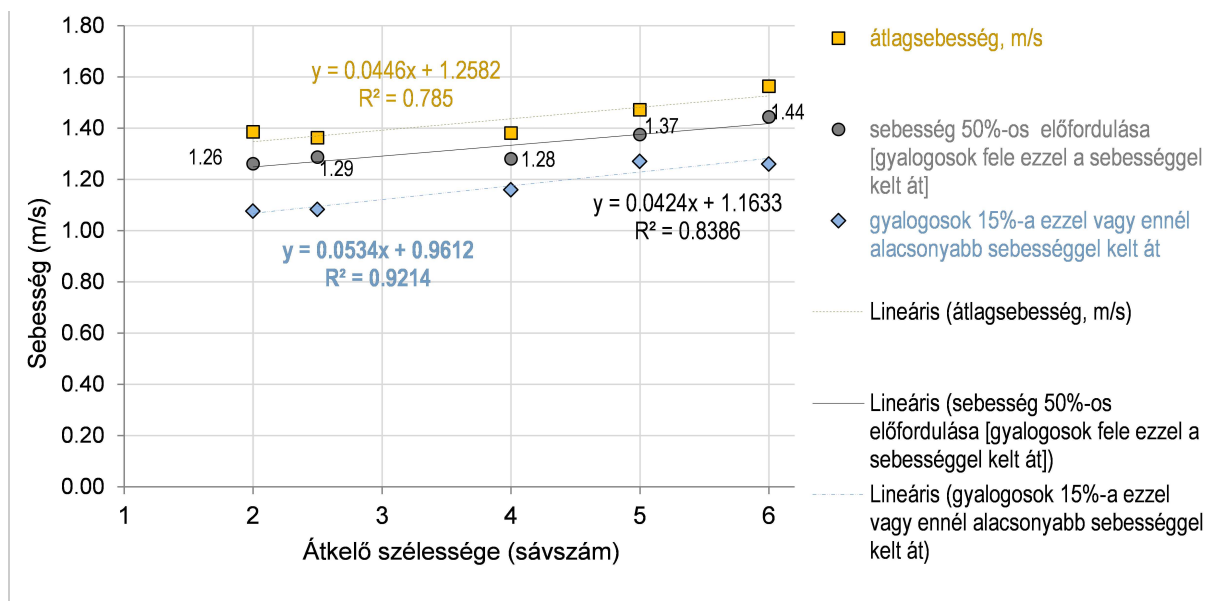
súlyosságától függően akár 0,510,7 m/s is lehet. A Magyar Útügyi Műszaki Előírásban (továbbiakban ÚME) az alábbi szerepel: „**Gyalogosok részére a legrövidebb folyamatos zöld jelzés úgy számítandó, hogy a zöld jelzés időtartama alatt az elsőnek elinduló gyalogos 1,0 m/s sebességgel (leglassúbb gyalogos) az átkelőhely 2/3-áig eljusson.** Különleges esetben is azonban a szabad jelzés elején induló gyalogosoknak 1,2 m/s sebességgel az átkelőhely felén túl kell jutnia.” A hátralévő 1/3 távolságot a leglassabb gyalogos az átmeneti idő alatt (5 s) ill. a következő fázis közbenső idejében teszi meg.

A gyalogosforgalom korábbi **budapesti mérési eredményei** (1970-es évek vége) alapján a gyalogosok átlagos sebessége a járdán 1,28 m/s, járdaszigeten átszállóhelyeken 1,39 m/s, gyalogos utcán 1,12-1,26 m/s és a jelzőlámpás átkelőhelyen **1,3911,48 m/s**. A jelzőlámpás átkelőhelyeken a jelenlegi gyalogos szabad áramlási sebességeket megvizsgáltam, illetve kiértékeltem. A nemzetközi tapasztalatok azt mutatják, hogy az átkelési idő alul van méretezve, nemcsak az idők nem érnek át biztonságosan. Tim a 65 év feletti korosztálynál a 15%-os sebességet 0,9211,16 m/s között állapította meg. (Tim et. al, 2006). **Nagy Britanniában és az Egyesült Államokban** 1,2 m/s (Aher et. al, 2012) (Langlois et. al, 1997) sebességgel méretezik a gyalogos szabad jelzést. Az amerikai méretezés 1,07 m/s (3.5f ft/s) sebesség alkalmazását is megengedi, ha az idősebb korosztály jelenléte indokolja. Ugyanis a tanulmányok rámutattak, hogy **1,2 m/s az idősebb korosztály számára túl magas sebességnek bizonyul.**

2.2. Gyalogosok jellemzőinek vizsgálata jelzőlámpás gyalogátkelőhelyeknél

A jelzőlámpák rövid szabad jelzését legjobban azzal tudtam kutatásomban alátámasztani, hogy megmértem a gyalogosok szabad áramlási sebességét. A mérések során megkülönböztettem a sávszámok alapulvételével az átkelő hosszát. A statisztikai kiértékelés után, a nemzetközi irodalomkutatás eredményeit figyelembe véve javaslatot teszek a szabad jelzések hosszának kiszámítási módjára. Az első hipotézis ebben a témakörben az volt, hogy a hosszabb gyalogátkelőn nagyobb sebességgel kelnek át a gyalogosok. A videó felvételek kiértékelése után, előállítottam a különböző átkelő hosszokra a sebesség értékeket. Összesen 790 szabályosan átkelő gyalogosnak a sebességét mértem le. A mintában előfordult idős és fiatal gyalogos egyaránt (utóbbi több mint ~70%-ban volt összességében jelen). A felvételek csúcspontján és csúcspontján kívül készültek Budapesten. A forgalomfelvételnél 3 gyalogos-típust különböztettem meg: gyermek, fiatal és középkorú (jó fizikai erőnlétű); valamint az idősebbek és felnőtt-kisgyermekkel közlekedők, akik a mozgásukban jelentősen akadályozva voltak. A pontos korcsoport megbecsülése nem volt lehetséges a mérések során. Gyalogosok 13 %-a az utóbbi kategóriába tartozott. **Az átlagsebesség, 15 %-os, 25 %-os és 50 %-os előfordulási sebesség értékek növekvő tendenciát mutatnak a sávszám növekedésének függvényében.** A 15 %-os előfordulási sebesség azt jelenti, hogy a gyalogosok 15 %-a haladt át maximum ezzel a sebességgel az átkelőn.

Az 1. ábra szemlélteti azt a feltevésemet, hogy a növekvő sávszélesség növekvő sebességet mutat az átlagsebesség, a 15 %-os és az 50 %-os előfordulás vonatkozásában. A mérési pontokra a lineáris regresszió erős összefüggést adott. A 15%-os előfordulás adta a legerősebb összefüggést ($R^2=0,94$). Az 50 %-os előfordulásra illesztett lineáris függvénykapcsolat determinációs együtthatója $R^2=0,83$, amely ugyanúgy erős összefüggésre utal.



1. ábra

Gyalogosok átlagsebessége, 15 ill. 50%-os előfordulása jelzőlámpás gyalogátkelőhelyen [forrás: Igazvölgyi]

A hosszabb átkelőn a méréseim alapján a gyalogosok jobban iparkodnak, azonban nem kényszeríthetjük őket erre. A forgalombiztonság érdekében a 15%-os gyakorisághoz tartozó sebességeket javasolok alkalmazni a méretezés során. **A közbenső szigettel ellátott átkelőknél lehetőséget kell biztosítani az egy fázisú átkelésre is.** A saját mérési eredmények és a nemzetközi tapasztalatok alapján a méretezésnél a teljes átkelő hosszát javasolom figyelembe venni, ha a mozgásukban korlátozottak aránya jelentős (>5-10%). Egy osztrák tanulmányban (**BAST Heft 217**) azt mérték ki, hogy 0,8-1,2 m/s között van a gyalogosok sebessége. Ennek alapján ők 1,0 m/s sebességet javasolnak sziget nélküli átkelők szabad jelzésének méretezésére, ahol mozgásukban korlátozott gyalogosok nem használják az átkelőt. Vakoknak és látásukban korlátozottaknak az átkelési sebességként **0,8 m/s-ot fogalmazzak meg**, de ezzel a sebességgel a szabad jelzés alatt a teljes átkelőn át kell jutni.

2.3. Eredmények, összefüggések

Mérésekkel igazoltam, hogy a jelzőlámpás gyalogos átkelőnél a **gyalogosok sebessége a tervezés során túlbecsült.** A leglassúbb gyalogos sebességre **0,75 m/s-ot javasolok alkalmazni, amely érték a szabad jelzés méretezéséhez és a közbenső idő számításához használható fel.** Az 50 % és 15%-os előfordulási gyakorisághoz tartozó gyalogos szabad áramlási sebességek a sávszám növekedésével lineárisan növekednek. A függvénykapcsolatok determinációs együtthatója szoros kapcsolatra utal, előbbinek értéke $R^2=0,84$, utóbbinak $R^2=0,92$. A korábbi mérésekkel összevetve eredményeimet megállapítható, hogy az idő elteltével az 50 %-os előforduláshoz tartozó sebesség az elmúlt 30 évben majdnem 10 %**kal** növekedett.

3. Közterületi gyalogos lépcsők effektív szélességi méretezésének felülvizsgálata

3.1. Fix közterületi lépcsők hazai és nemzetközi méretezésének összehasonlítása

A **lépcsők áteresztőképességei** különbözőek a hazai és a nemzetközi szakirodalomban. Első lépésben áttekintettem a fellelhető kapacitásokat és méretezési, illetve ellenőrzési módszereket. Fix lépcső fajlagos áteresztőképességének **irodalmi adatai** az alábbiak:

- Metró Tervezési Irányelv (MTI) 2000 fő/h/m, egy irányban felfelé 2200 fő/h/m
- Oeding 2700 fő/h/m ($d=0,6$ fő/m²)
- Feuchtinger 1700 fő/h/gyalogossáv (0,6 m)
- Eilmess 3700 fő/h/m (75% lefelé, 25% felfelé)
- Gyalogos aluljáró tervezési irányelvek (továbbiakban GYATSZ) I és II. szolgáltatási szint le 2500-3000 fő/h/m, fel 2200-2700 fő/h/m, kétirányú 2000-2400 fő/h/m

- Berényi (1988) lépcsőn fel 3100 fő/h/m, le 2200 fő/h/m
- HBS fel 2880 fő/h/m (0,80 fő/m/s), le 3060 fő/h/m (0,85 fő/m/s) [sebesség fel 0,61 m/s, le 0,69 m/s]

A jelenlegi **ÚME** méretezési javaslata 6 szolgáltatási szint kategóriát állapít meg, a kategóriák Fruin javaslatával egyeznek meg. A jellemző értékeket az *1. táblázat* tartalmazza.

Szolgáltatási szint jele	Sűrűség – d (fő/m ²)	Sebesség (m/s)	Teljesítőképesség – k (fő/h/m)
A	0,55	0,7	1300
B	0,55-0,75	0,5-0,6	1300
C- megfelelő	0,75-1,10	0,5	1800
D	1,10-1,55	0,4-0,5	2200
E- eltűrhető	1,55-2,70	0,4	3200
F	2,70	0,3	-

1. táblázat

Szolgáltatási szint jellemző kategóriái lépcsők esetén a magyar útügyi és műszaki előírásban [forrás: ÚME]

A **korábbi GYATSZ** azt javasolja, hogy az alábbi képlettel határozzuk meg a lépcső hatékony szélességét (a forgalmak irányát nem különbözteti meg):

$$SZ = \frac{F}{v * D} \quad (1)$$

ahol,

SZ - lépcső hatékony szélessége (m),

F - mértékadó forgalom (fő/s),

v - a tervezési sebesség (m/s) 0,5 m/s,

D - a tervezési sűrűség (fő/m²) 1,4 fő/m²,

Ez a sebesség a magyar és az amerikai méretezési módszertanban (HCM) LOS C, míg a sűrűséget alapul véve a magyar útügyi műszaki előírásban LOS D, a HCM-ben LOS E kategóriának fele meg. Az ÚME kétirányú forgalomra $v=0,5$ m/s és $d=1,2$ fő/m² sűrűséggel $f=36$ fő/min/m fajlagos forgalommal (max 50 fő/min/m) méretezi a lépcsőket. A HCM szerint ez a fajlagos forgalom a LOS D szolgáltatási szint alsó határához tartozik. Ez a szolgáltatási szint nem megfelelő.

3.2. Mérési eredmények ismertetése (gyalogos sebesség, sűrűség), a lépcső effektív belépési szélességének felülvizsgálata

Fentiek alapján nyilvánvaló volt, hogy a **méretezések felülvizsgálatát helyszíni mérésekkel kellett kezdenem**. A forgalomfelvétel itt is videó kamera képek feldolgozásával készült. A kiértékelésnél két gyalogos csoportot különböztettem meg: fiatalok és középkorúak (jó fizikai állapot), valamint az idősek, kisgyermeket kísérők, babakocsival közlekedők (rosszabb fizikai állapotban lévők, illetve mozgásukban korlátozottak). Csúcsidőben és csúcsidőn kívül is készítettem felvételeket. Csúcsidőben az idősek aránya 5 % alatt volt a nagy forgalmú létesítmények közelében. Csúcsidőn kívül arányuk egy-egy esetben a 15-20%-os is elérte. A méretezés szempontjából azonban a csúcsidőszak volt a mérvadó. A csúcs-kétperces forgalom nagysága 429 fő volt az **Örs vezér téri metró bejárati lépcsőnél** (HÉV szerelvény megérkezése után). Egy órában 12 HÉV szerelvény is érkezik térre. Ez a lépcső és aluljáró köti össze a nagy utasforgalmú kötöttpályás közlekedés végállomását (M2 és H8, H9). Volt több olyan időpillanat is, amikor **7 gyalogos haladt át egy**

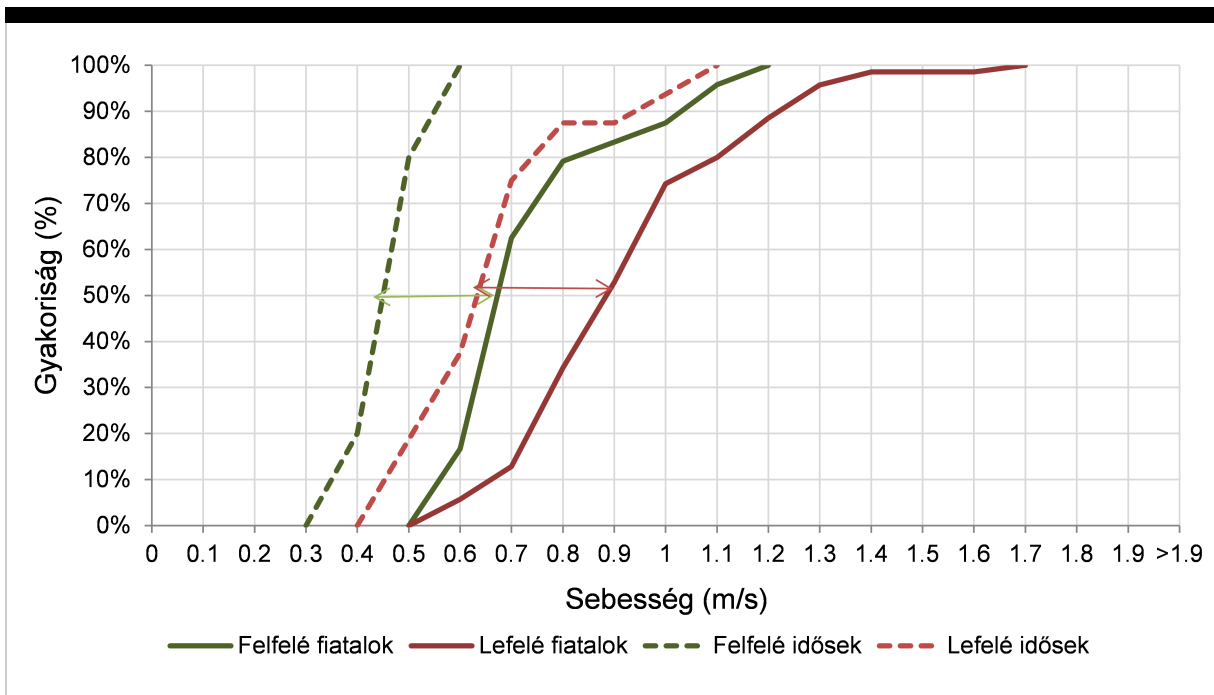
keresztmetszetben egy másodperc alatt (2. ábra), amely túltelített forgalomra utal.



2. ábra

Örs vezér tere, reggeli csúcsóra (7 fő/s/keresztmetszet [8,0 m effektív szélesség] is előfordul)

Csúcsidőben 200-250 gyalogos lépte át a lépcső egy vizsgált keresztmetszetét csúcspercben (**3,314,2 fő/s**). A nagy forgalmú lépcső mellett az aluljáró egy másik lépcsőjén végeztem el a részletes vizsgálatot. **Mértém a gyalogosok szabad áramlási sebességét, a mérés során az átlagos sűrűséget, illetve megkülönböztettem az irányokat és a két gyalogos csoportot.** A méréseimben a két korcsoport sebességei között különbség van (3. ábra). Az azonos irányok között 0,3 m/s sebességkülönbség állapítható meg az 50 %-os gyakoriságú sebesség esetében. **Felfelé a gyalogosok sebességeloszlása szűkebb tartományba** esik (n=374).



3. ábra

Örs vezér tere (villamos megálló szabad áramlási sebesség eloszlások lépcsőn (irányonként és korosztályonként)

A 25 és 50 %-os eloszláshoz tartozó sebességeket és az irányonkénti szórásukat a 2. táblázat tartalmazza. Az eredményekből megállapítottam, hogy a kétirányú forgalom esetén csúcsidőben a gyalogosok 50 %-a maximum 0,70 m/s, míg a **25 %-uk maximum 0,65 m/s sebességgel halad**. Fontos kihangsúlyozni, hogy ezen sebességek lejtő irányú sebességet jelentenek. A horizontális sebességet zárójelben tüntettem fel.

Irány	Gyalogos-csoport	50 %-os gyalogos sebesség (m/s) (horizontális sebesség)	25%-os előfordulási sebesség (m/s) (horizontális sebesség)	Szórás (m/s)
Le	fiatal	0,89 (0,81)	0,78 (0,71)	0,21
Le	idős	0,68 (0,62)	0,50 (0,46)	0,17
Fel	fiatal	0,67 (0,61)	0,62 (0,57)	0,17
Fel	idős	0,47 (0,43)	0,41 (0,37)	0,06
Két-irányra	csúcsidő	0,70 (0,64)	0,65 (0,59)	

2. táblázat

Gyalogosok szabad áramlási sebességek irányonként lépcsőn az Örs vezér terén a villamos megálló mellett

A korábbi GYATSZ két kategóriába sorolta a lépcsőket. A kiemelt nagy forgalmú (I.) és az alacsony forgalmú létesítmények (II.) méretezését továbbra is megkülönböztettem.

3.3. Eredmények, összefüggések

A közterületi lépcsőkön végzett részletes sebességmérésekből megállapítható, hogy a lépcsőn felfelé haladáskor a sebesség jelentősen szűkebb tartományban van a lassúbb (ill. mozgásukban korlátozott gyalogos, ill. kisgyermekkel közlekedő felnőtt) gyalogos csoport esetében. A csúcsidőszakban a lassúbb gyalogosok jelenléte alacsony (<5%), a méretezéskor őket nem szükséges figyelembe venni.

Nagy forgalmú létesítmények közelében a méretezés nem megfelelő csúcsforgalomra, a csúcs-ötperc és a csúcs-kétperc forgalmát is meg kell vizsgálni. A korábbi gyalogos aluljárókra vonatkozó tervezési irányelvek két kategóriába sorolták a létesítményeket. A **két kategóriát javasoltam megtartani** a kutatásom során, amelyet I. és II. számmal jelöltem meg. Az I. kategóriájú létesítmények frekvenciánál helyen, nagy forgalmú létesítmények közelében létesülnek, és a **LOS B** szolgáltatási szintre javaslom méretezésüket. A II. kategóriájú létesítmények **LOS C** szolgáltatási szint kategóriájúak, és a kisebb forgalmú, egyenletesebb forgalom-eloszlású létesítmények csoportját jelentik. A méretezési eljárásban az alábbi értékeket javaslom alkalmazni:

I. kategória esetén a tervezési sebesség a 25 %-os előfordulási gyakoriságú kétirányú sebességgel egyezik meg (amely szinte megegyezik az 50 %-os előfordulási gyakoriságú sebesség lejtőirányú komponensével), **0,65 m/s**. A tervezési sűrűség a LOS B kategóriának megfelelő **0,55 fő/m²**-nek felel meg. Ez a sűrűség szabad mozgást biztosít a gyalogosoknak.

II. kategóriára az alábbi értékeket javaslom figyelembe venni: megengedhető sűrűség **0,75 fő/m²**, **tervezési sebesség 0,65 m/s**. Fontos hangsúlyozni, hogy a számítás eredménye a lépcső effektív (hasznos) szélességet adja meg. Ehhez a szélességhez a korlátot és a korláttól tartott távolságot hozzá kell adni.

4. Közúti vasúti peronok forgalmi helyzetének, szolgáltatási szintjeinek vizsgálata

4.1. A vizsgálat indokoltsága, a különböző szolgáltatási szintek bemutatása

A Budapesten gyakori a zsúfolt peronok és tömött villamosok (4. ábra) ösztökéltek a vizsgálatokra. Az alábbiakban **röviden bemutatom a vizsgált budapesti helyszíneket**, a legfontosabb definíciókat és a nemzetközi gyakorlatban használt szolgáltatási szint kategóriákat.



4. ábra

Zsúfolt villamos a Fővám tér előtti szakaszon Újbuda felé (0,36 m²/fő) (Igazvölgyi, 2013)

A hazai szabályozás, a nemzetközi ajánlások, és korábbi mikroszimulációs vizsgálatok alapján **javaslatot fogalmazok meg a megállóhelyi peronok szükségesnek tartott effektív szélességére.**

4.2. Nemzetközi és hazai méretezési módszerek rövid ismertetése, összehasonlítása

Egy **nemzetközi tanulmány** összefoglalja, hogy milyen széles peronokat alkalmazása célszerű nagyvárosi villamos és gyorsvasúti megállóhelyeken (STMP, 2008). Kuriózumként említhető, hogy az Abu Dhabi-ra készült döntés-előkészítő tanulmányban 5 m széles szélső peront és 10 m széles szigetperont javasoltak kiépíteni, amelyek 2 és 6 méter széles légkondicionált kabinokat biztosítanak majd helyet. A fülke és a peron széle között 3 m ill. 2-2 méter marad szigetperon esetén. Néhány szempontunkból fontosabb más előírásban az alábbi szélességeket javasolják kiépíteni:

- UK (Office of Rail Regulation) – min. 3 m szélsőperon + 1,5 m szabadon tartandó tér,
- Hong Kong (Tuen Mun LRT system) eredetileg 2 m széles volt (jelenleg több mint 4 méter széles),
- Dublin (LUAS tramways) 3 m szélső, 4 m szigetperon,
- Dublin (Metro North Line) 3.5 m szélső, 7 m szigetperon.

A vonatkozó irodalom **Fruin** (Fruin, 1971) mérőszámait a mai napig használja. A kutató a maximális mozgásteret 1,08 m²/fő értékben állapította meg (0,93 fő/m² sűrűségnek felel meg). Azt is meghatározta, hogy torlódásos kapacitás (zsúfolt) 2,15 fő/m² sűrűségtől kezdődik, ill. 3,59 fő/m² sűrűség esetén már veszélyesen magas a torlódás mértéke. A peronok nem csak várakozásra vannak kijelölve. Ugyanis, a gyors utascseré érdekében elegendő helynek kell rendelkezésre állnia ahhoz, hogy a felszállók és leszállók elkeveredjenek, illetve a leszállók elhagyják a peront.

A **hazai peron méretezésre az ÚME** (ÚME, 2009) és a **BKV Sárgakönyv ad ajánlást** (BKV, 2000). Míg a BKV sárgakönyv szélsőperonra min. 1,3-1,5 métert javasol addig a szabvány 1,8-2 m minimális méretet ír elő. Viszont közbelső peron esetén pont fordítva van, mert ott a szabvány a megengedőbb, min. 3 m szélességet is engedélyez, a BKV sárgakönyv pedig min. 4 métert javasol a legkisebb alkalmazható szélességként. Az esőbeálló mellett min 1,5 méteres sáv szélességet kell kihagyni. A BKV Sárgakönyv a biztonsági sávotól javasolja a 1,5 méteres minimális várakozó zóna kialakítását. Tekintsük példaként Budapesten a Szent Gellért teret, ahol 3,00 méter széles a peron és esőbeálló van. Itt esős időben viszont nem fér el (konfliktusmentesen) két szembe jövő gyalogos esernyővel (5. ábra).



5. ábra

Szent Gellért tér- peronon elhelyezett akadályok hatása (Igazvölgyi, 2014)

A **Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen** (HBS, 2001) az akadályok hatását nem pontszerűen veszi figyelembe. Például egy jegykiadó automata 5-5 méter hosszban befolyásolja a gyalogosforgalmat, és jelentős holtteret generál az akadályra merőlegesen is, amelyet a méretezés során figyelembe kell venni; értéke akár 0,5-1,0 métert is elérheti. Werner et al. által szerkesztett német kiadvány min 3,8 méter széles szélsőperont javasol (Werner et al , 2011). Az **amerikai módszertant** a **TCQSM** (Transit Capacity and Quality of Service Manual Part 7) és (Paul et al, 2004) tartalmazza. Röviden összefoglalva a számítás 5 lépésben összeadja a különböző mozgásformák helyigényeit, majd azokat a peron hosszának elosztásával adódik a peron szélessége. Adott szolgáltatási szinthez egy javasolt peron szélesség-intervallum adódik a számításból. A várhatóan a peronon várakozó maximális utasszám és a le- és felszálló utasok számát kell a számítás során a különböző lépésekben igényelt területté konvertálni. A számba veendő területek: várakozási felület, folyosó (nem állnak gyalogosok), nem használt terület (akadályok, szemetes stb), ütköző (buffer) zóna (~0,5 m széles biztonsági sáv) és a sorbaállási felület (liftek, mozgólépcsők előtt). Ezt a módszertant alkalmazva kiszámítottam a peronok szélességeit az alábbiakban ismertetett 4 vizsgált helyszínen.

4.3. Vizsgált budapesti helyszínek bemutatása

Korábbi vizsgálatokban rámutattam arra egy rövid számítással és mikroszimulációs vizsgálatokkal (Igazvölgyi, 2014), (Igazvölgyi 2015), hogy **a szolgáltatási szint több peron esetében nem megfelelő**. A vizsgálatok röviden az alábbiakban foglalom össze.

A **Kálvin téren** 2013. október 2-án, szerdai napon csúcsidőben készült a forgalomszámlálás. A számlálásból a csúcsnegyedóra kiválasztása után, szerelvényenként kiértékeltem az adatokat. Jelenlegi szolgáltatási szint LOS D. Ahhoz, hogy legalább LOS C szolgáltatási szintet biztosítsunk az amerikai számítás alapján 5,3 és 8,2 méter között kellene lennie a peronszélességnek. A peron jelenlegi szélessége 5,6 m (ezt viszont csökkenti a sodrási határ és az oszlopsorok, melyeket az első két ajtón leszálló utasok /Astoria felé/ nem tudnak kikerülni.), hossza 33 m, mindkét végén jelzőlámpás gyalogátkelő található. Egyik végén 4 m széles lépcsőn keresztül juthatnak el az utasok az aluljárón keresztül az M3 metró felé. Az utasforgalom 70%-a a lépcsőn keresztül érkezik a peronra; **csúcsidőben nagyon zsúfolt**.

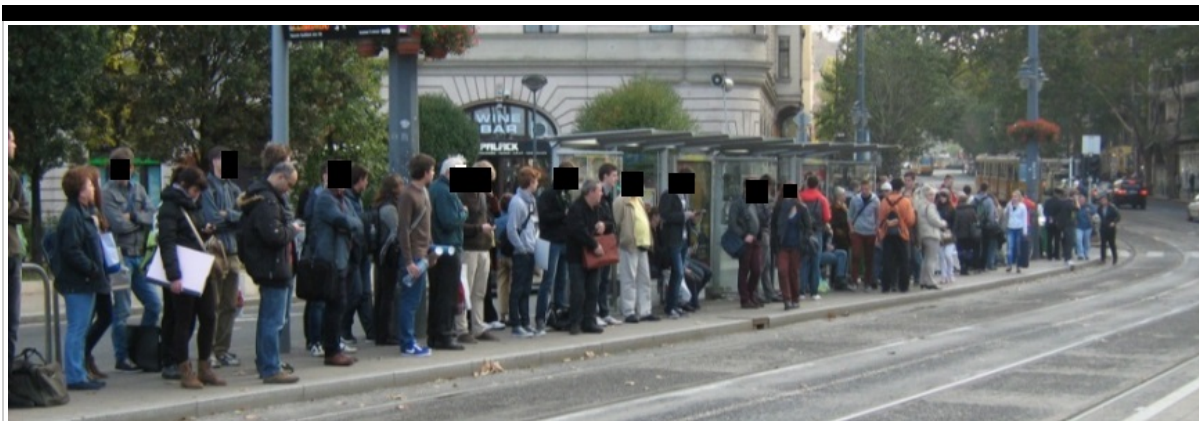


6. ábra

Kálvin téri villamos peron reggeli csúcsban (Igazvölgyi, 2014)

A **Fővám téren** a villamosmegálló a metróberuházással és a Szabadság-híd felújításával összefüggésben (2008) megújult. Ennek során a szélső peronokat átépítették közbenső szigetes peronra. A peron jelenlegi szélessége 5,4 méter. A közbenső szigettel az átkelésre várakozók kiszolgálása magasabb színvonalú lett. Jelenleg a peron jó szolgáltatási szinten üzemel (LOS B), a szélesítés nem indokolt a forgalomszámláláskor mért utasforgalom alapján.

A **Szent Gellért téri** villamosmegálló két szélső peronból áll. 2005 előtt épült át, korábbi helyén (Szabadság hídhoz közelebb, a Gellért szállóval szemben) közbenső peron és szélsőperon is ki volt építve. Jelenleg a peronszélesség 3,00 méter. A tényleges szélességben a védőkorlát és a biztonsági sáv is benne van, az effektív szélesség 2,4 méter, és a hosszúsága 50 méter. A jelenleg, a vonalon közlekedő szerelvények 26 méter hosszúak. A Móricz Zsigmond körtéri irányt kiszolgáló peronon a leszálló forgalom a jelentősebb, ezért a méretezés szempontjából ez a mértékadó. A Fővám téri irány peronján a várakozó utasforgalom a jelentősebb (7. ábra). A megálló forgalma azért jelentős, mert több villamos viszonylat is megáll ebben a megállóban (47, 49, 18, 19, 41), és csúcsidőben 111,5 percenként érkezik egy-egy szerelvény. A peron mindkét végén jelzőlámpás gyalogátkelőhely szolgálja ki a peronokat.



7. ábra

Szent Gellért tér Fővám tér felé (forrás: Igazvölgyi, 2013)

A 'leszálló' peronra végeztem el a méretezést, amely azt az eredményt adta, hogy több mint **1,5 méterrel kellene szélesebbnek lennie jelenleginél**. A peron szolgáltatási szintje jelenleg LOS E. Megfigyeléseim alapján elmondható, hogy a szolgáltatási szintet jelentősen befolyásolja a jelzőlámpa szabad jelzésére várakozó gyalogosok torlódása. Súlyosbítja az a helyzetet, hogy a vágányokon a gyalogosok jelentős része szabálytalanul, a tilos jelzés ellenére kel át. A 'felszálló' peron szolgáltatási szintje **LOS F** (7. ábra).

Az **Astoriánál** a Fővám tér irányába vezető vágány melletti peront vizsgáltam. Jelenleg a peron szélessége 3,8 m, hosszúsága 38 m. A csúcsidőszakot a reggeli csúcsban, 8 óra előtt mértem (8. ábra). A kép forgalmi zavarban készült, amikor 5 percig nem érkezett szerelvény. Megfigyelésem szerint az utasforgalom egy ideig növekedett, mert a zsúfolt peronról sokan átmentek a buszmegállóba, és választottak másik módot az utazásukhoz (pl. 7-es buszcsalád). Csúcsidőben, normál körülmények között a peron szolgáltatási szintje

LOS D volt. A méretezés alapján már kisebb peronszélesítéssel (~0,70 m) is a LOS C szolgáltatási szint érhető lenne elérhető.



8. ábra

Astoria peron (2013. október) – egy villamosjárat kimaradt (Igazvölgyi, 2013)

A **peronhoz csatlakozó létesítmények kapacitásnak ellenőrzését a peronnal együtt kell vizsgálni**, ugyanis egy adott esetben 1,8 méter széles felálló terület csúcsidőben nem elegendő, mint jelzőlámpás középsziget. A gyalogosforgalom pontszerűen, de nagyobb hullámokban érkezik (Szent Gellért tér, Gárdonyi tér). A Szent Gellért téri 1,8 m széles felálló terület csúcsidőben nem elegendő (9. ábra).



9. ábra

Szent Gellért tér - szűk közbelső sziget (Igazvölgyi 2012)

4.4. Eredmények, összefüggések

A fentiekben részletezett vizsgálataim, a fénykép és videó felvételek, azt mutatták ki, hogy normál körülmények között az utasok a jármű hosszánál egy kicsit hosszabb felületen várakoznak a szerelvény beérkezésére. Az utasforgalom növekedésével ez a felület egyre hosszabb lesz, és kialakul az effektív peronhossz (H_e), amely egyenlő a jármű hossza megnövelve 2-2 méterrel. **Az effektív peron felületbe nem tartozhat bele a korlát, a jegykiadó automata és egyéb kiegészítők**, pl. utcabútorok által elfoglalt terület felületet.

Az effektív hossz meghatározása után **kiválasztjuk, hogy mely szolgáltatási szint kategóriára akarjuk méretezni a peron effektív szélességét (SZe)**. Az adott szolgáltatási szintnek megfelelő sűrűség és az effektív hosszából ez meghatározható. A legnagyobb csúcsforgalomból kiindulva a vizsgálatok alapján a peronok megfelelőségének ellenőrzésére sűrűség számítás és szolgáltatási szinteket javasolok bevezetésre. **A méretezési képlet a következő:**

$$SZ_e = \frac{F * D}{H_e} \quad (2)$$

ahol:

SZe - a peron effektív szélessége (min és max) [m],

F - a szerelvény beérkezésekor várakozó utasok száma [fő],

He - peron effektív hossz [m] (jármű hossza meghosszabbítva 4 méterrel)

D - sűrűség az adott szolgáltatási szinten (min, max) [fő/m²]

A felszálló utasok száma az előzetes forgalmi becslésekből kinyerhető. Ezen utasok összességének „lazán” kell elhelyezkedni a peronon, hogy az utascsere során, amikor egy adott pillanatban a leszálló és a felszálló utasforgalom a peronon helyezkedik el (amíg még épen nem kezdődik el a beszállás), akkor extrém torlódás ne alakuljon ki. A várakozó utasoknak tartalék hely is kell, a kiszálláshoz szükséges hely biztosításához. Ez egy keveredő mozgás, amelynél az esetenként 1,5-2 fő/m² sűrűség is megengedett. A méretezés során a leszálló utasforgalmat is szükséges figyelembe venni, különösen akkor, ha az a megálló egyben egy szükségleszállóhely, „fordító” megálló is (mint pl. a Szent Gellért téri megálló). A vizsgálatok alapján 6 szolgáltatási szint kategóriát javasolok bevezetni hazai alkalmazásra. Az „F” szintet a Szent Gellért téren, az effektív peron hosszon elhelyezkedő 54 utas jelent, amelynél több ott márt nem tudott felett már több utas nem tudott a jármű várható közelében várakozni. A legnagyobb csúcsforgalomból kiindulva a vizsgálatok alapján a peronok megfelelőségének ellenőrzésére sűrűség számítást és szolgáltatási szinteket javasolok bevezetésre. A törvényszerűségek megállapítására több budapesti helyszínen készítettem utasszámlálást (leszálló, felszálló, szerelvény beérkezésekor várakozó utasok száma stb.). Megállapítottam, hogy a szolgáltatási szint ezeken a peronokon nem megfelelő.

A kategóriák definiálásához a gyalogos méretezések meghatározó kutatójának, Fruin-nak a mérőszámait használtam fel. A számlálás alapján készített mikroszimulációs vizsgálatokkal igazoltam, hogy a várakozó utasok nem egyenletesen oszlanak el a peron mentén, a szerelvények ajtó környezetében összesűrűsödnek (ezt az amerikai méretezési módszertan nem veszi figyelembe). A peronhoz kapcsolódó, azt kiszolgáló létesítmények (lépcsők, folyosók) jelentősen befolyásolják a peronon kialakuló szolgáltatási szintet (a peronon lévő akadályok /bútorok, oszlopok, szemetes/ az amerikai méretezési módszertanban figyelembe vannak véve, de csak a „nettó” felületükkel, a körülöttük lévő holtteret nem veszik figyelembe). Ezeket az akadályokat az utasok, sokszor elég speciális módon kerülgetik. **A vizsgálatok alapján 6 szolgáltatási szint kategóriát javasolok bevezetni hazai alkalmazásra.** Az „F” szintet a Szent Gellért téren, az effektív peron hosszon elhelyezkedő 54 utas jelent, amelynél több utas már nem tudott a jármű várható közelében várakozni.

Szolgáltatási szint, LOS	D - Sűrűség [fő/m ²]	Kategória leírása
A	=< 0,15	Szabad mozgás, konfliktusmentes várakozás és utascsere
B	0,15 < D < 0,3	Az utascsere szinte konfliktusmentes
C	0,3 < D =< 0,45	A peronon a várakozók felülete elegendő, az utascsere elfogadható szolgáltatási szinten történik
D	0,45 < D =< 0,6	A várakozási felület nem elegendő, de még az effektív hossz mentén várakoznak az utasok, utascsere lassabb a várakozók nagyobb sűrűsége miatt az ajtók környezetében
E	0,6 < D =< 0,75	Zsúfoltság a peronon, a peron kiszolgálása, feltöltődése nem megfelelő
F	0,75 < D	Zsúfoltság, konfliktus az utascsere során, a peron kiszolgálása már a várakozó utasnak sem megfelelő

3. táblázat

Javasolt szolgáltatási szint kategóriák a peronok méretezéséhez

Az alacsony utasforgalmú és hosszú szerelvényeket fogadó közúti vasúti peronok minimális szélességét a korábbi szabályozásoknak megfelelően javasolok alkalmazni.

5. Összefoglalás és további kutatási lehetőségek

Az eredményekkel a gyalogos kapcsolatok szolgáltatási szintje és ezzel forgalombiztonságuk növelhető. Közúti villamos peronok esetében érhető el a legszámottevőbb változás, ugyanis ezekre a létesítményekre hazánkban méretezési módszer nincs. A közös jelzőlámpás és gyalogos fázis alkalmazásánál a járművek visszatorlasztó hatásától nem lehet eltekinteni. A jelzőlámpás gyalogos átkelő szabad jelzésének méretezési javaslata nagymértékben növeli a gyalogosok biztonságérzetét, csökkenti baleseti kockázatukat. A zöld idők növekedése azonban a járműforgalom szempontjából kapacitáscsökkenéssel jár. A jelzőlámpás átkelőknél előforduló szabálytalan gyalogos átkelések elemzése a későbbi forgalombiztonsági kampányoknál vehető figyelembe. Ugyanis a kampányoknál a célcsoport és a helyszínek kiválasztása kiemelt fontosságú.

A külön szintű mozgásokkal összefüggő kitérítési hányadhoz, a veszített magasságok elemzéséhez kapcsolódóan további kutatási lehetőségek vannak. Amennyiben mindenképpen szükséges ez a kitérítés, abban az esetben ezt valamilyen eszközzel támogatni kell. Ilyen megoldás lehet a mozgólépcső beépítése már a 3 méter szintkülönbség esetén is, és mindkét irányban. A budapesti M3 metró vonalán a komfortérzetet jelentősen növelné, ha az aluljáróból a metróvonalon történő gyalogos forgalom átbújtatását nemcsak hegymenetben biztosítanák (pl. Árpád-híd, Gyöngyösi utca megállók).

A közösségi közlekedés peronjain olyan további beavatkozásokat lehet a jövőben megvizsgálni, mint például a peronon felfestett, kijelölt várakozási felületek, valamint annak jelölése, hogy a szerelvény beérkezése után várhatóan hol lesznek az ajtók. Ezek a megoldások külföldön már léteznek, ki és beszálláskor a tolakodást csökkentik, az utascsera sebességét növelik. A peronok kapcsán a nagyobb forgalmú buszmegállók várakozási felületét is érdemes lenne felülvizsgálni. A további kutatás során az akadályok hatásait is lehetne pontosítani, ezek például az esőbeállók elhelyezése és kialakítása (oldalfal plusz akadályt jelent), szélső peronok esetében a folytonos védőkorlát forgalombefolyásoló szerepe. Az akadálymentes tervezés során nemcsak a peron szélessége, hanem az akadályok is befolyásolják a létesítmény kiszolgálását.

Hivatkozások jegyzéke, szakirodalmi hivatkozások

Ábrahám et al. (1982) : Metró kézikönyv, Budapest Műszaki Könyvkiadó

BASf Heft 217 (2012) Alrutz, D., Bachmann, C., Rudert, J., Angenendt, W., Blase, A., Fohlmeister, F., & Haeckelmann, P. Verbesserung der Bedingungen für Fußgänger an Lichtsignalanlagen (Vol. 217). Gladbach ISSN 0943-9331

BKV Sárga könyv (2000) Közúti vasúti pályaeépítési és fenntartási műszaki adatok és előírások, Budapest, Fővárosi Közlekedési Felügyelet

Fruin, J. (1971). Designing for pedestrians: A level of service concept. Highway Res. Rec. (35) 1-15.

GYATSZ Gyalogos aluljáró tervezési irányelvek Közlekedési Dokumentációs Vállalat Budapest, 1976

Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen (HBS) (2001) Chapter 11 Köln, Germany

HCM (2010) Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, Washington, United States of America ISBN 978-0-309-16077-3 National Research Council.

Hoxie, R. E., Rubenstein, L. Z., Hoenig, H., & Gallagher, B. R. (1994). The older pedestrian. Journal of the American Geriatrics Society, 42(4), 444-450.

Kovácsné Igazvölgyi Zs., Nemzetközi villamos peron méretezési módszertanok összehasonlítása, és ennek alapján méretezett budapesti Kálvin téri peron mikroszimulációs eredményeinek ismertetése. 4. Közlekedéstudományi hallgatói és PhD konferencia. 7 p. Konferencia helye, ideje: Budapest, 2014.06. pp. 35-41. (ISBN:978-963-313-131-2).

Langlois, J. A., Keyl, P. M., Guralnik, J. M., Foley, D. J., Marottoli, R. A., & Wallace, R. B. (1997). Characteristics of older pedestrians who have difficulty crossing the street. American journal of public health, 87(3), 393-397.

Metró tervezési irányelvek (1969) Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium, Budapest, p118.

Paul Ryus (Ed) Kittelson & Associates INC, Stop, station and terminal capacity, Vol. Portland State University, US, 4 May 2004.

Smith, S.A., K.S. Opeila, L.L. Impett, M.T. Pietrucha, R. Knoblauch, and C. Kubat (1987) NCHRP Report 294A: Planning and Implementing Pedestrian Facilities in Suburban and Developing Rural Areas - Research Report. Transportation Research Board

STMP (2008) Platform Preferences for Tramways and the Metro, Mott MacDonald Technical NoteTCQSM (2003)

Transit Capacity and Quality of Service Manual, TRB's Transit Cooperative Research Program, 2nd Edition. Washington, USA

Tim J. Gates, David A. Noyce, Andrea R. Bill, and Nathanael Van Ee Recommended Walking Speeds for Pedestrian Clearance Timing Based on Pedestrian Characteristics, TRB 2006 Annual Meeting, Paper No. 06-1826

ÚME (2009) ÚT 2-1.212 - A közúti közösségi közlekedés (tömegközlekedés) pályáinak, utas- és járműforgalmi létesítményeinek tervezése. Magyar Útügyi Társaság. Budapest.

ÚME (2009): ÚT 2-1.211 - Gyalogosforgalom közúti létesítményeinek tervezése. Magyar Útügyi Társaság. Budapest.Városi közlekedési kézikönyv (1984) Nagy, E., Szabó, D., Budapest, Műszaki Könyvkiadó 5. fejezet pp. 124-150

Werner Schanbel és Dieter Lohse (2011), Grundlagen der Strassenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung Band 1 Strassenverkehrstechnik, 3. Vollständig überarbeitete Auflage, Berlin

Zs. Kovács Igazvölgyi Pedestrian's Level of Service on tramline platforms in Budapest Pollack Periodica Vol. 10.(1) pp. 93-102 DOI:10.1556/Pollack.10.2015.1.9Zs. Kovács Igazvölgyi,

Adatok

Megjelent itt

5. szám

2015. tavasz



Szerző

Kovácsné Igazvölgyi Zsuzsanna

Okleveles építőmérnök.

Témakörök

Témakörök • Városi közlekedés

Kulcsszavak

fix lépcső • gyalogos létesítmény • gyalogosforgalom • kijelölt gyalogos átkelőhely • közúti vasúti peron • méretezés • szolgáltatási szint

Befogadva

2015. május 6.

Abstract

The stairs and platforms are in close contact with each other. It has been found in many cases that they are overcrowded and have effect on each other. The previous design methods of these facilities did not give any recommendation or gave only recommendation for lower level of service. The Hungarian technical specifications tell that passengers' volume has to be considered during the design process, and these standards suggest only the minimum width of the tram platforms. A lot of pedestrians cannot reach the other curb during free time at signalised pedestrian crossings, or the 2/3 part of the whole crossing. Based on the measurements a new design pedestrian crossing speed is recommended that provides an increased safety. The effective width of tram platforms is suggested based on the author's measurements and microsimulations for different level of services.

Hozzászólás

* Név	
* Email	
Honlap	
Hozzászólás	
Hozzászólás elküldése	

[Bejegyzések](#)

[Galéria](#)

[Impresszum](#)

[Interjúk](#)

[Könyvajánló](#)

[Nemzetközi szemle](#)

[Témakörök](#)



- Interjúk
- Nemzetközi szemle
- Témakörök
- Impresszum

5. szám

2015. tavasz

ISSN:2064-0919

5

Cikk

Az európai aszfalt újrahasznosítási gyakorlat összegzése: lehetőségek, bevált módszerek és kutatási igények*

Szerző(k) **Dr.-Ing. Mollenhauer, Konrad és Dr. habil. Gáspár László**

Kivonat

Az Európai Unió által finanszírozott DIRECT-MAT kutatási projektben 2009. és 2011. között összegezték a hajlékony pályaszerkezetek bontására és a visszanyert aszfalt új bitumenes kötőanyagú pályaszerkezetekben való újrahasznosítását célzó európai technológiákat. A projektben a részt vevő országokban érvényes jelenlegi szabályrendszer, valamint ajánlások és irányelvek mellett az egyes újrahasznosítási technológiák közötti különbségeket is rendszereztek. A kutatást a releváns, nemzetközi és nemzeti szakirodalmak és kutatások mellett nagyszámú esettanulmány vizsgálatára alapozták, mely során rendszereztek a tényleges helyszíni beavatkozások is. Az összegyűjtött adatok alapján áttekintették az útépitési anyagok bitumenes kötőanyagú pályaszerkezetben való újrahasznosításának lehetőségeit. Valamennyi lehetőségre összegyűjtötték az előregedett burkolatok helyszíni besorolására, bontására, a visszanyert aszfalt telepi kezelésére és előállítására, besorolására és követelményeire, valamint telepi és helyszíni újrahasznosítási technológiákra vonatkozó legjobb megoldásokat. Ismerethiányos területeket és további kutatási feladatokat is azonosítottak. A cikk összefoglalja az aszfaltburkolatok bontásával, és a burkolati anyagok besorolásával kapcsolatos vizsgálatok eredményeit. Számos európai állam meleg- és mérsékelt meleg aszfaltok újrahasznosításával kapcsolatos kutatási eredményeit összefoglalva a még további kutatást igénylő területeket azonosítottak.

1. Bevezetés

Amikor a burkolat felületi és pályaszerkezeti jellemzői a forgalmi terhelés, a klimatikus hatások és/vagy a gyenge anyagminőség okozta leromlások miatt már nem teljesítik a követelményeket, szükségessé válik annak karbantartása. A hajlékony vagy a félmerev pályaszerkezetek esetében a karbantartás általában legalább egy aszfaltréteget érint, de előfordul, hogy a teljes pályaszerkezetet elbontják. A teljes pályaszerkezet elbontásának másik oka lehet, hogy már nincsen rá szükség.

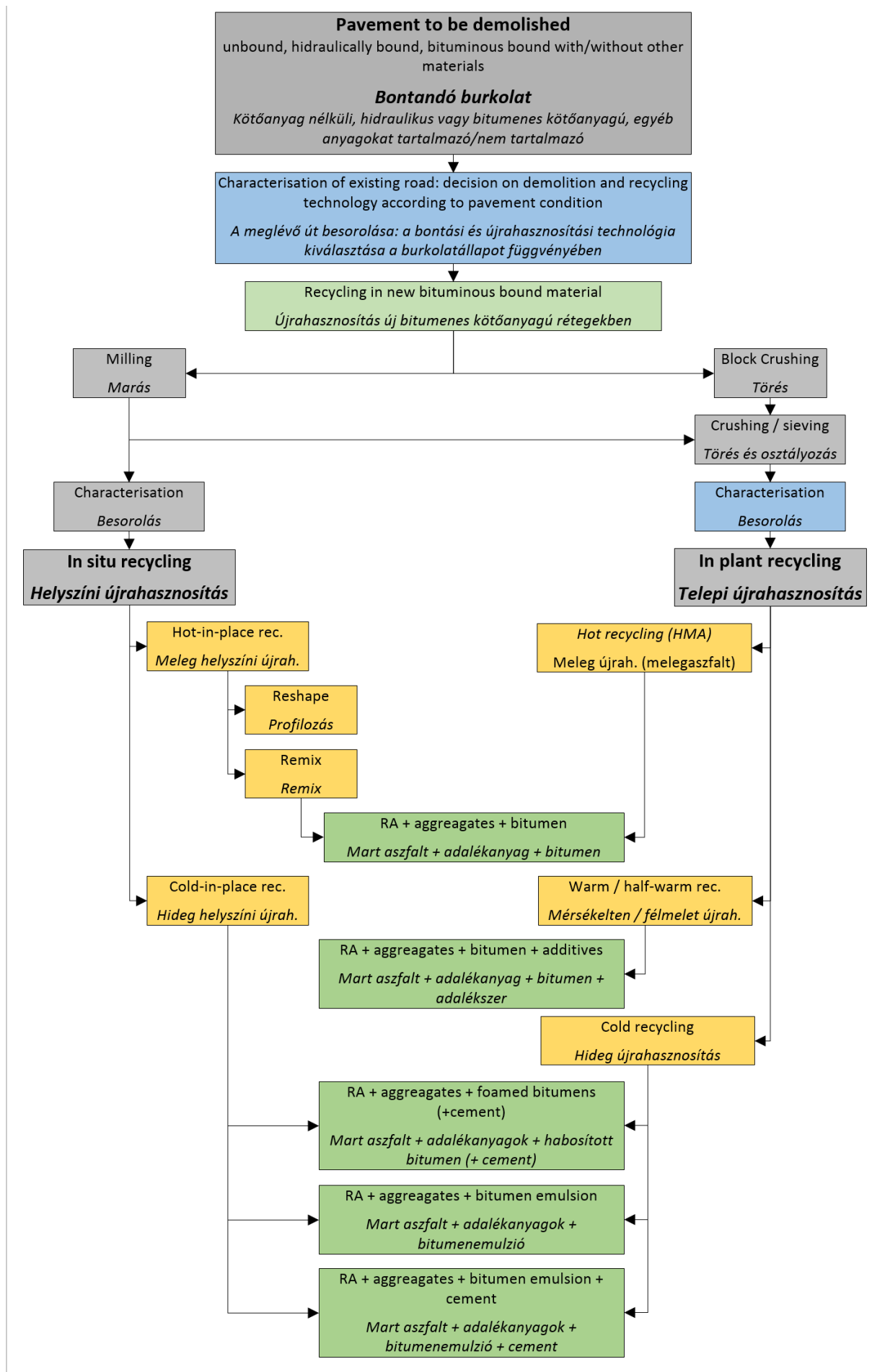
A visszanyert aszfalt további forrása lehet maga az aszfaltkeverő telep. Főként nagyberuházások esetében előfordul, hogy többletanyag marad hátra. A keverék gyártásának megkezdésekor, vagy új keverék gyártására való átálláskor gyakran előfordul, hogy az kezdetben nem felel meg az előírásoknak. Ez az anyag azonban visszanyert aszfaltként újrahasznosítható. Az európai szabályozás alapján a bontásból származó anyagokat hulladéknak tekintik, amennyiben azokat a bontás helyszínéről elszállítják. Fontossági sorrendben az alábbi hulladékkezelési lehetőségek állnak rendelkezésre:

- újrahasználat: a hulladék újbóli felhasználása eredeti szerepében,
- újrahasznosítás: az anyag új funkcióban való újbóli felhasználása,
- deponálás: az anyag elhelyezése, az egészségügyi és környezeti kockázatok minimalizálásával.

A DIRECT-MAT projekt keretében az Európában elérhető technológiákat tekintették át. Az anyagok besorolásával, a keverékek tervezésével és gyártásával kapcsolatos különbségeket a különböző újrahasznosítási technológiák összehasonlítása érdekében, valamint az újrahasznosítással kapcsolatos irányelvek felvázolására részletesen elemezték. Így ma már a visszanyert utépítési anyagok „erőforrásnak” tekinthetők, ami új, jó minőségű utépítési anyagokban való felhasználásukat és új burkolati rétegek gyártását lehetővé teszi. A cikk az aszfalt újrahasznosítási módszerek széles skáláját mutatja be.

2. Újrahasznosítási stratégiák az európai gyakorlatban

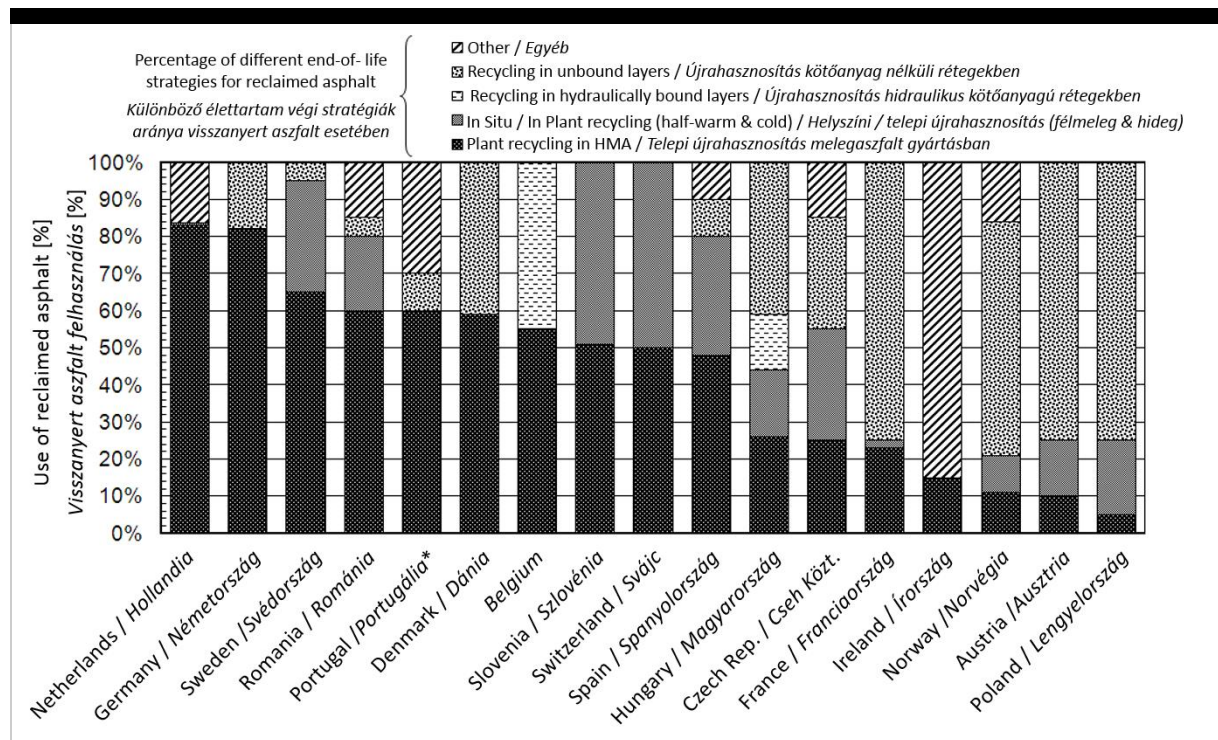
A hajlékony pályaszerkezetek bontására és az így nyert anyagok újrahasznosítására, új pályaszerkezeti anyagok gyártásában való felhasználására számos lehetőséget dolgoztak ki *(1. ábra)*. Az optimális újrahasznosítási technológia kiválasztásához elengedhetetlen a meglévő pályaszerkezet részletes besorolása. Az optimális újrahasznosítási technológia a meglévő burkolat bontásának oka és az új burkolati rétegek és anyagok követelményeinek ismeretében választható meg. A melegaszfalt-gyártásban való újrahasználatához vagy hideg-remixben való újrahasznosításhoz a meglévő burkolatot töréssel vagy marással el kell bontani. Mindkét esetben léteznek helyszíni és keverőtelepi eljárások.



1. ábra

Hajlékony pályaszerkezetek bontásának és a visszanyert aszfalt kezelésének és újrahasznosításának folyamata

kialakult gyakorlat (2.ábra). Az EAPA összesítése szerint ezen technológiák országonként igen eltérőek. Míg néhol a visszanyert aszfaltot főként kötőanyag nélküli alaprétegekbe használják újra, másutt a melegaszfalt gyártásban, vagy hideg bitumenes és/vagy cementes stabilizációkhoz való újrahasználásra specializálódtak. Mindemellett elmondható, hogy az élettartam végét elérő burkolatok anyagait, nagy arányban, újrahasznosítják.



2. ábra

A visszanyert aszfalt felhasználása, a felhasználás módja szerint (EAPA, 2008/*2007)

Az újrahasznosítási technológiák eltéréseinek oka az adott országok eltérő aszfaltgyártási infrastruktúrájában rejlik. Vannak országok, ahol sűrűn találhatóak fix keverőtelepek, így lehetővé téve a telepi újrahasznosítást anélkül, hogy az anyagokat nagy távolságra kellene szállítani. Ezekben az országokban így meglehetősen magas a telepi újrahasznosítás aránya. Más országokban a szállítási távolságokat csökkentendő, a helyszíni újrahasznosítást preferálják. Az eltérő újrahasznosítási technológiák másik lehetséges oka a nyersanyagok elérhetősége is. További ok lehet a munkálatokhoz rendelkezésre álló idő is, a CO₂-kibocsátás csökkentésének igénye vagy az új burkolat élettartama és újrahasznosíthatósága is.

3. Burkolatvizsgálatok a megfelelő újrahasznosítási technológia kiválasztásához

A burkolat bontás előtti alapos vizsgálata fontos információt szolgáltat egyes újrahasznosítási technológiák gazdasági és környezeti vonatkozásairól. A felújított burkolat megnövelt élettartamának biztosítása érdekében a jelentősen deformálódott vagy gyenge rétegeket el kell távolítani vagy javítani. Például, repedezett, gyenge teherbírású burkolatra új kopóréteget nem célszerű építeni. A burkolat bontás előtti besorolásának céljai az alábbiak:

- a leromlott állapotú rétegek azonosítása a rehabilitáció szükségességének eldöntése érdekében, és az új pályaszerkezet tervezésének elősegítésére,
- a pályaszerkezetben lévő, környezetre veszélyes anyagok kimutatása,
- a homogenitás felmérése.

A burkolat bontás előtti vizsgálati módszerei az alábbiak:

- a pályaszerkezetről meglévő dokumentumok (pl. adatbázis) kiértékelése az alábbiak szerint:
 - építés ideje:

- o veszélyes anyagok (pl. kátrány vagy azbeszt) jelenléte kimutatható, az alkalmazásuk betiltási idejének ismeretében,
 - o a pályaszerkezet hátralevő élettartama felmérhető,
- o pályaszerkezeti információk:
 - o a pályaszerkezeti rétegek (tervezett) vastagsága,
 - o keverékterv,
- o egyedi pályaszerkezeti információk, pl.:
 - o esetleges szerkezeti megerősítés, mint acél vagy műanyag megerősítés (pl. geotextíliák),
 - o talajvízszint,
 - o altalajviszonyok,
 - o vízelvezetési problémák,
 - o érintett közművek, vezetékek,
- a bontásra tervezett burkolat felületi jellemzőinek kiértékelése:
 - o korábbi javítások nyomai és varratai alapján a szerkezet inhomogenitása kimutatható,
 - o a felületi romlások (repedések, nyomvályúk) a pályaszerkezet tulajdonságairól, és az anyagok újrahasznosíthatóságáról adhatnak információt, pl.:
 - o a felső rétegek nyomvályúsodása alacsony deformációs ellenálló képességet jelezhet, így a repave vagy a remix technológia nem alkalmazható,
 - o a repedések alakja utal a tönkremenetel módjára, pl. a hálós repedések teherbírási problémára utalnak, ami rehabilitációt igényel, míg egyszerű repedések csak gyenge hidegviselkedésre vagy reflexiós repedésekre utalnak,
- roncsolás mentes vizsgálatok:
 - o pályaszerkezeti paraméterek kiértékelése (rétegek száma, vastagsága) a nagy szakaszok heterogenitásának kimutatására, ezáltal egy-egy újrahasznosítási technológia számára homogén szakaszok jelölhetőek ki,
 - o teherbírásméréssel kimutathatóak megerősítést igénylő szakaszok és megelőzhető új kopóréteg rossz teherbírási szakaszra történő építése,
- roncsolásos, fúrt minták vizsgálatával további információk nyerhetők:
 - o veszélyes anyagok jelenlétéről,
 - o a pályaszerkezeti rétegek számáról és vastagságáról,
 - o a rétegek anyagi tulajdonságairól.

Az *1. táblázat* a javasolt újrahasznosítási lehetőségeket mutatja, a meglévő burkolat állapotának függvényében. Látható, hogy a legtöbb esetben telepi és helyszíni lehetőségek is rendelkezésre állnak. Ez alól csak az olyan burkolatok kivételek, amelyek sűrűn javítottak, így inhomogén tulajdonságok jellemzik. A kopóréteg alatti rétegek (aszfalt kötő- és kopóréteg, hidraulikus kötőanyagú vagy kötőanyag nélküli alapréteg) esetében adott az újrahasználat/újrahasznosítás lehetősége melegaszfalt-gyártásban, vagy hideg-remix során bitumenes kötőanyagú anyagként. Amennyiben az újrahasznosítás eredménye új kötő- vagy alapréteg, a kopóréteget mindenképpen melegaszfaltként kell megépíteni.

Pavement condition (from visual inspection) / Burkolatállapot vizuális állapotfelmérés alapján	Reuse/recycling technology / Újrahasználati/újrahasznosítási technológia							
	Wearing course rehabilitation / Kopóréteg rehabilitáció		Rehabilitation of asphalt layers / Aszfaltrétegek rehabilitációja		Rehabilitation of asphalt and hydr.bound / unbound base / Aszfaltrétegek és hidraulikus kötőanyagú / kötőanyag nélküli alaprétegek rehabilitációja			
	Hot-in-plant / Meleg telepi	Hot-in-place / Meleg helyszíni	In-place / Helyszíni		In-plant / Telepi		In-place / Helyszíni	
	Hot/ Meleg	Cold/ Hideg	Hot/ Meleg	Cold/ Hideg	Hot/ Meleg	Cold / Hideg	Hot / Meleg	Cold/ Hideg

Unevenness (rutting) / Egyenetlen pálya (nyomvályú)	x	x ²⁾	o ⁴⁾	o ⁴⁾	o ⁴⁾	o ⁴⁾	-	-	-	-
Unevenness (bearing capacity) / Egyenetlen pálya (teherbíró képesség)	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x
Skid resistance (macrotexture) / Csúszásellenállás (makro textúra)	x	x ³⁾	-	-	-	-	-	-	-	-
Alligator cracks / Hálós repedés	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x
Ravelling / Kipergés	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-
Patches / Foltozás	-	-	-	-	x	x	-	-	x	x
Longitudinal cracks / Hosszirányú repedések	o ¹⁾	o ¹⁾	x	x	x	x	x	x	x	x
Transversal cracks / Keresztirányú repedések	o ¹⁾	o ¹⁾	x	x	x	x	x	x	x	x
„x” – feasible / <i>kivitelezhető</i> „o” – feasible with explanations / <i>feltételeken kivitelezhető</i> „-” – not feasible/not economic / <i>nem kivitelezhető/nem gazdaságos</i> ¹⁾ if cracking originates from the pavement surface (top-down cracking) / <i>ha a repedések felülről lefelé terjednek</i> ²⁾ reshaping if deterioration originates from low compaction, remixing or repaving if it originates from improper stability / <i>ha a deformáció tömörítési hibából ered, újraprofilozás, ha gyenge stabilitásból, remix vagy újraburkolás</i> ³⁾ repaving / <i>újraburkolás</i> ⁴⁾ if rutting originates in asphalt binder course / <i>ha a nyomvályú az aszfalt kötőrétegben keletkezik</i>										

1. táblázat

Hajlékony pályaszerkezetek ajánlott újrahasznosítási lehetőségei

4. Bontási lehetőségek meglévő burkolatok esetében

Az aszfalt visszanyerésének első lépése a meglévő burkolat bontása. A visszanyert anyag jó minősége, ezáltal annak új anyagokban való nagyarányú újrahasznosíthatósága érdekében magának a bontási folyamatnak is teljesítenie kell bizonyos követelményeket.

A meglévő burkolatok bontása töréssel vagy marással történik. Törés esetén a teljes kötött pályaszerkezet bontásra kerül, míg a marási mélység, a gépi felszereléstől függően, néhány mm és több, mint 30 cm között, változtatható.

Míg a marással nyert anyag további kezelés nélkül, közvetlenül felhasználható, a tört anyagot telepen vagy mobil törőberendezésekkel tovább kell aprítani. Így helyszíni újrahasznosításhoz csak marás után előálló anyagot lehet felhasználni.

A marást alkalmazó technológiák telepi újrahasznosítás esetén is kedvezőbbek, hiszen az egyes aszfaltrétegek marással külön-külön is bonthatóak. Ez különösen akkor fontos, ha a visszanyert aszfaltot új melegaszfalt gyártásban hasznosítják újra, mivel ekkor az újrahasznosított anyag tulajdonságai és homogenitása egyaránt fontos. Az újrahasznosított aszfalt tulajdonságainak a tervezett új aszfalt tulajdonságaihoz illeszkedniük kell. Így ha aszfalt gyártásakor visszanyert aszfaltot is felhasználnak, annak olyan rétegből kell származnia, melynek a gyártott aszfalttal megegyező vagy annál kisebb legnagyobb adalékanyag szemnagysággal készítettek. Adott esetben a szemeloszlást figyelembe véve még arra is lenne lehetőség, hogy visszanyert aszfaltot új SMA vagy MA keverékekben nagy arányban alkalmazzanak. Ebben az esetben magas újrahasznosítási arány valósítható meg bármely aszfaltkeverék esetén, amit a rétegek különálló marásával, a visszanyert aszfalt osztályozott deponálásával, további aprítással, szűréssel és homogenizálással, valamint az anyag keverőtelepi vizsgálatával fokozni lehet. Emellett szétválasztott marással a veszélyes anyagokat (pl. kátrányt) tartalmazó felső rétegek

külön is választhatók. Így a tiszta anyag elszennyeződése megelőzhető. A felsorolt előnyök miatt ezt a technológiát a vizsgált 14 európai országból 12-ben rendszeresen alkalmazzák, vagy pedig a rétegenkénti marást nemzeti útmutatókban írják elő.

A meleg, keverőtelepi újrahasznosításra szánt keverékek esetében a felhasznált mart aszfaltra vonatkozó előírások homogén anyagot követelnek meg, melyben a szemeloszlás és a kötőanyag-tartalom, valamint a kőanyag és a bitumen tulajdonságai a nyersanyagával megegyeznek. Keverőtelepi meleg újrahasznosítás esetében, például, a visszanyert aszfalt kötőanyaga a keverés során megolvad, így a keverék végső bitumentartalmának egy részévé válik. Ez az aszfaltrétegek különálló marását igényelheti, mely különösen akkor fontos, ha a mart aszfaltot a pályaszerkezet felső rétegében kívánják újrahasznosítani.

Másfelől némely újrahasznosítási technológia kevésbé függ a visszanyert anyag tulajdonságaitól. A hidegremix technológiák esetében csak homogén feltételekre van szükség, így az újrahasznosított anyag részletesebb tulajdonságai (pl. szemeloszlás, kötőanyag-tartalom, kötőanyag tulajdonságok) elhanyagolhatóak. A hideg újrahasznosítási technológiák esetében az újrahasznosított anyag szemeloszlása fontos szempont, de a visszanyert aszfalt, hidraulikus kötőanyagú vagy kötőanyag nélküli rétegek konkrét anyagi tulajdonságai kevésbé fontosak. Ha a pályaszerkezet bontásakor keletkező anyagot hidegen hasznosítják újra a teljes pályaszerkezet egyetlen lépésben is bontható.

5. Újrahasznosítási lehetőségek

Ahogy azt az *1. ábra* is mutatja, a visszanyert anyagok melegaszfalt vagy mérsékelt meleg aszfaltkeverékek gyártásában is újrahasznosíthatók. Másik lehetőség a hidegkeveréses eljárásban történő újrahasznosítás. Mindkét lehetőség speciális tulajdonságú pályaszerkezeti anyagot eredményez, de azokat nem szabad összekeverni.

A visszanyert aszfalt új meleg vagy mérsékelt meleg aszfaltkeverékekben való újrahasznosításához jó minőségű mart aszfaltra van szükség, aminek részletesebb előírásoknak is meg kell felelnie. A vonatkozó előírásokat az EN 13108-8 szabvány tartalmazza, mely lehetővé teszi a visszanyert aszfalt CE jelzéssel való ellátását, és jó minőségű alkotóanyagként új melegaszfaltok gyártásához való felhasználását.

Mindazonáltal a *2. táblázat* és a *3. táblázat* alapján elmondható, hogy a visszanyert aszfalttal kapcsolatos előírások részletessége és az előírt értékek tűréshatárai Európa-szerte jelentősen eltérnek.

		Country / Ország							
		EN 13108-8	Austria	Belgium	Denmark	France	Germany	Hungary	Ireland
Reclaimed asphalt / Visszanyert aszfalt	Type of mix / Keverék típusa	IR	x	-	specification on the resulting mix	IR	-	-	-
	Max. grain size / Legnagyobb szemnagyság U [mm]	C	x	x	/ a végső keverékre vonatkozó követelmények	x	x	x ⁸	28
	Binder content / Kötőanyag-tartalom [%]	C	x	x		x	x	x	x
	Max. density / Max. sűrűség f _m	x	-	-		-	x	-	-
	Content of foreign matter / Idegen anyag tartalom [%]	C	x	-		x	x	x	x
	Homogeneity / Homogenitás	C ⁷	x	-		x ⁹	x	x	-

Aggregates / Kőanyagok	Type of aggregate / Kőanyag típusa	IR	x	x		IR	x	-	-
	Grading / Szemeloszlás	C	x	x		x	x	x	x
	Shape index / Szemalak tényező	-	-	x		-	x	-	-
	Flakiness index / Lemezességi szám	-	-	-		-	x	-	-
	Crushed surfaces / Zúzott felületek aránya	-	-	-		x	x	-	-
	LA Coefficient / Aprózódás	-	-	-		x	x	-	-
	Polished Stone Value / Polírozódás	-	-	-		x	x ²	-	-
	Water absorption / Vízfelvétel	-	-	-		-	x	-	-
	Resistance to freezing and thawing / Fagyállóság	-	-	-		-	x	-	-
	Resistance to freezing and thawing / Fagyállóság (NaCl)	-	-	-		-	x ²	-	-
Binder / Kötőanyag	Type of binder / Kötőanyag típusa	C	x	-		x	x	x	-
	T _{R&B} / Lágyuláspont [°C]	70	x	x		77 ⁹	70	x	-
	Pen / Penetráció [1/10mm]	15 ⁶	-	10 ¹		5 ⁹	15	x	15 ⁴
	Viscosity / Viszkozitás 135°C-on	IR	-	x		-		-	-
	Reference document / Referencia- dokumentum	[4]	[5]	-		[6]	[7]	[8]	[9]

2. táblázat

Visszanyert aszfalt melegaszfalt gyártásában való felhasználására vonatkozó követelmények

		Country / Ország							
		EN 13108- 8	Poland	Portugal	Serbia	Slovenia	Spain	Sweden	UK
Reclaimed asphalt / Visszanyert aszfalt	Type of mix / Keverék típusa	IR	-	-	Not specified: RA is not recycled in HMA / Szabályozatlan: nincs újrahasznosítás melegaszfalt gyártásban	-	-	specification on the resulting mix / a végső keverékre vonatkozó követelmények	-
	Max. grain size / Legnagyobb szemnagyság U [mm]	C	40	32		32	25		32
	Binder content / Kötőanyag-tartalom	C	-	x		x	x		-

	[%]							
	Max. density / Max. sűrűség f_m	x	-	-		x	-	-
	Content of foreign matter / Idegen anyag tartalom [%]	C	x	x		-	-	x
	Homogeneity / Homogenitás	C ⁷		-		-	-	-
Aggregates / Kőanyagok	Type of aggregate / Kőanyag típusa	IR	-	-		-	x	-
	Grading / Szemeloszlás	C	x ¹⁰	-		x	x	x
	Shape index / Szemalak tényező	-	x ¹⁰	-		x	x	-
	Flakiness index / Lemezességi szám	-	x ¹⁰	-		-	x	-
	Crushed surfaces / Zúzott felületek aránya	-	x ¹⁰	-		x	-	-
	LA Coefficient / Aprózódás	-	x ¹⁰	-		-	x	-
	Polished Stone Value / Polírozódás	-	x ¹⁰	-		-	-	-
	Water absorption / Vízfelvétel	-	x ¹⁰	-		-	-	-
	Resistance to freezing and thawing / Fagyállóság	-	x ¹⁰	-		-	-	-
	Resistance to freezing and thawing / Fagyállóság (NaCl)	-	x ¹⁰	-		-	-	-
Binder / Kötőanyag	Type of binder / Kötőanyag típusa	C	-	x		x	-	-
	T _{R&B} / Lágyuláspont [°C]	70	70 ²	70		70	x ⁵	-
	Pen / Penetráció [1/10mm]	15 ⁶	15 ²	15		-	x	15
	Viscosity / Viszkozitás 135°C-on	IR	-	-		-		-
	Reference document / Referencia-dokumentum	[4]	[10]	[11]		[12]	[13]	[14]

3. táblázat

Visszanyert aszfalt melegaszfalt gyártásában való felhasználására vonatkozó követelmények (folytatás)

ahol:

- C - compulsory for CE-marking / CE minősítés megszerzéséhez kötelező.
- IR (if required) - National specification may specify the property / Szükség szerint nemzeti előírás szabályozhatja.
- „-” - not specified / szabályozatlan.
- „X” - specification needed for the characterisation of RA / szabályozás szükséges a visszanyert aszfalt besorolásához.
- IR (if required) - National
- 1 - or 50% of initial value / vagy a kezdeti érték 50%-a.
 - 2 - for the recycling in surface courses / felső rétegekben való újrahasznosításhoz.
 - 3 - specifications either as on virgin materials or on performance / primer anyagra vagy teljesítményre vonatkozó előírással megegyező.
 - 4 - for RA content of >10% / 10%-ot meghaladó újrahasznosított aszfalt arány esetén
 - 5 - for surface working sites >70.000 m² / 70000 m²-nél nagyobb felületek esetében
 - 6 - for soft asphalt / lágyaszfaltok esetében
 - 7 - EN 13108 specified at least 5 samples per stockpile or at least 1 sample for each 500 t. If Ra is added with a smaller percentage to the HMA, 1 sample can be used./ Az EN13108 min. 5 mintát ír elő depóniánként vagy min. 1 mintát 500 tonnánként. Ha ennél kisebb arányú a visszanyert aszfalt felhasználása a melegaszfalt gyártásakor, 1 minta elegendő.
 - 8 - since plant hot recycling rate cannot exceed 10-20%, the only requirement is that Dmax of reclaimed asphalt cannot be higher than of new asphalt mixture./ mivel a telepi meleg újrahasznosítás mértéke nem haladhatja meg a 10-20%-ot, az egyetlen követelmény, hogy a Dmax visszanyert aszfalt esetén nem lehet nagyobb, mint a végleges keverékre előírt.
 - 9 - penetration average >5 1/10mm and range 0,5 mm, terjedelem 1,5 mm; előírt lágyuláspont <77°C, terjedelem 8°C.
 - 10 - as for virgin aggregates, according to technical specification / mint primer (természetes) kőanyagok esetében, a technológiai utasításoknak megfelelően.

A melegremixes újrahasznosítás esetében az újrahasznosított anyag kötőanyaga az új keverék gyártása közben elolvad, ezáltal újraaktiválódik, és képes a technológiai szerepét az új keverékben betölteni. Ezáltal az újrahasznosított anyaggal gyártott keverékek tulajdonságai a teljesen új alapanyagokból gyártott keverékek tulajdonságaihoz hasonlóak lesznek.

A hidegen újrahasznosított aszfaltanyagok esetében kevésbé szigorú feltételek teljesítése is megengedhető. Míg az új keverék tervezése során fontos szerepe van az újrahasznosított anyag szemeloszlásának, részletes összetétele (kötőanyag-tartalom, viszkozitás, osztályozottsága) az új keverék tulajdonságait nem befolyásolja. A hidegen és a melegen előállított keverékek tulajdonságai jelentősen eltérnek egymástól.

6. További kutatások

Az aszfalt útburkolatok bontása és a visszanyert anyagok különféle újrahasznosítása új aszfaltrétegek gyártásában a legtöbb európai országban széles körben alkalmazott technológia. A bontási és a besorolási gyakorlat összegzése és az európai országok hideg és meleg újrahasznosítással kapcsolatos tapasztalatait jelen konferencián bemutató 442. és 460. számú publikációk alapján az alábbi további kutatási célok fogalmazhatóak meg:

- meglévő burkolatok besorolása az újrahasznosítási lehetőségek szerint:
 - a GPR felhasználási területe a lokális szerkezeti hibák és heterogenitások kimutatására (a kutatás eredményeképpen megbízható információ szolgáltatható a bontandó pályaszerkezeti rétegekről, lehetővé téve az optimális újrahasznosítási technológia kiválasztását);
 - adatbázisok kialakítása, amelyek tartalmazzák az úthálózati elemek keverékterveit és felújítási előzményeit; ezáltal nagymértékben hozzájárulnak a fenntartási-felújítási tevékenység korai megtervezéséhez, és a pályaszerkezet alapos vizsgálatában költségmegtakarítást eredményeznek;

- hideg újrahasznosítási technológiák:
 - a meleghez képest a hideg újrahasznosítási technológiáknál alkalmazott keveréktervezési módszerek jelentősen eltérnek Európa-szerte. A szabályozást előkészítő kutatás szükséges, mely egységesíti a:
 - laboratóriumi tömörítési módszereket,
 - kezelési eljárásokat,
 - teljesítményvizsgálati módszereket,
 - keveréktervezési előírásokat;
 - szükséges a visszanyert anyagban lévő különböző típusú kötőanyagoknak az újrahasznosítás minőségére gyakorolt hatását vizsgálni. (Egyes aszfalt újrahasznosítási technológiák bitumenemulziót vagy habosított bitumént és cementet alkalmaznak kötőanyagként, az így készült rétegek közép- és hosszú távú teljesítményét vizsgálni célszerű, hogy eredményei kutatásokhoz felhasználhatók lehessenek. A visszanyert aszfaltokat, bontásuk közben, hidraulikus kötőanyagú alaprétegek elszennyezhetik, így pl. soványbeton az újrahasznosított anyagban az új aszfaltréteg tulajdonságait befolyásolhatja);
- újrahasznosítás melegaszfalt gyártásban (bár már régóta alkalmazzák Európában, de van még újabb kutatási igény):
 - melegaszfalt tervezése esetén feltételezik, hogy az újr felhasznált anyag bitumenje teljesen összekeveredik a hozzáadott új bitumennel. A tapasztalatok és kutatások viszont azt mutatják, hogy a keverés valójában a kőanyagot másodszor vonja be. Ezért a bitumen eredő viszkozitásának számítására használt képletek nem érvényesek. Ez elsősorban olyan melegaszfaltok és visszanyert aszfaltok esetén kérdéses, amelyek modifikált bitumént tartalmaznak;
 - különféle keverési technológiák esetében, a visszanyert aszfalt hozzáadásához szükséges energiaigény meghatározása, és a szénlábnyom összehasonlítása;
 - a hagyományos és az újrahasznosított aszfaltot tartalmazó aszfaltrétegek fáradási jellemzőinek vizsgálata (félő ugyanis, hogy a viszonylag nagy arányban visszanyert aszfaltot tartalmazó rétegek, különféle fizikai és mechanikai okoknál fogva, rosszabb fáradási tulajdonságúak lehetnek, mint az új alapanyagokból gyártott rétegek).
- újrahasznosítási technikák (kivitelezés)
 - meleg helyszíni újrahasznosítás esetén, a dolgozók egészségügyi kockázatainak csökkentését célzó hatékony eszközök kidolgozása (meleg újrahasznosításnál a forró bitumen és bontandó rétegekből származó gőzök az azoknak folyamatosan kitett személyek számára veszélyesek lehetnek);
 - a mérsékelt meleg és a félmeleg aszfaltok újrahasznosítással kapcsolatos tervezési és beépítési módszereinek továbbfejlesztése (számos nyitott kérdés kapcsolódik ezekhez az új, energiahatékony és környezetbarát kivitelezési technológiákhoz, különösen, ha újrahasznosított anyagokat is felhasználnak);
 - polimerrel vagy gumival modifikált kötőanyaggal gyártott rétegek újrahasznosításához kapcsolódó problémák feltárása és megoldása (számos nagy forgalmú útszakaszt gyártottak polimerrel, ritkábban gumival modifikált kötőanyaggal; ezek újrahasznosítása, a burkolatok bontása és újrahasznosítása során, környezeti és/vagy technikai problémákat okozhat);
 - útburkolati jeleknek a visszanyert aszfaltra és az azzal gyártott új aszfaltra gyakorolt hatásának vizsgálata (aszfalt kopórétegek bontásakor az útburkolati jelek anyaga a visszanyert aszfaltanyagot elszennyezheti; félő, hogy a műanyag viszonylag nagy aránya az új aszfaltkeverék tulajdonságait ronthatja).
- Hosszú távú teljesítmény vizsgálata
 - Adatgyűjtés és adatelemzés: az összegyűjtött esettanulmányok alapján látható, hogy a rendelkezésre álló adatok részletessége igen eltérő. Ennek egyik oka, hogy a meglévő pályaszerkezetre vonatkozó információk (pl. építési adatok, rétegvastagságok, rétegek anyagi tulajdonságai, kivitelezési technológiák, stb.) sokszor még korábbi kísérleti szakaszok esetében is hiányoznak. Emiatt az európai újrahasznosított aszfalt kísérleti szakaszokat (vagy akár minden utat) tartalmazó, átfogó adatbázis megalkotása szükséges, mely a pályaszerkezetéről, az anyagok tulajdonságairól, forgalmi terhelésekről, időjárási viszonyokról stb. részletes adatokat tartalmaz. Az így Európa-szerte gyűjtött adatok segítségével különböző burkolati anyagok, kivitelezési technológiák, innovatív módszerek hosszú távú teljesítménye elemezhetővé válhatna.
 - A különféle országok újrahasznosított aszfalt kísérleti szakaszainak hosszú távú teljesítményének értékelése (ha a pályaszerkezeti anyagok, az újrahasznosítási technológiák, a forgalmi terhelések, időjárási viszonyok az élettartam alatt eléggé megbízhatóan ismertek, a monitoring adatokból – későbbi hasznosításra – képet kaphatunk a burkolat tényleges hosszú távú teljesítményéről).
 - Hiányzik a hosszú távú teljesítménnyel és a várható karbantartási igényekkel kapcsolatos, a

költséghatékonyság és a környezeti hatások értékeléséhez szükséges ismeret is.

A megjelölt további kutatási irányok a burkolatok bontásával és az anyagok besorolásával kapcsolatos európai tapasztalatokon alapulnak. További információk szerezhetők a felhasznált irodalmak, legjobb gyakorlatok és esettanulmányok áttekintésével, illetve a projekt www.direct-mat.eu weboldalán.

Köszönetnyilvánítás

A bemutatott eredmények az Európai Unió 7. Fejlesztési és Technológiai Keretprogramja (FP7/2007-2013) által finanszírozott 218656. számú kutatásnak köszönhetőek. A bemutatott eredmények a DIRECT-MAT kedvezményezettjei (partnerei) által készített belső nemzeti jelentések alapján készültek.

Irodalomjegyzék

- [1] Mollenhauer, K., Ipavec, A., Gaspar, L., Marsac, P., Mirski, K., Batista, F., L Antunes, M., McNally, C., Karlsson, R. 2011. Best Practice guide for the dismantling of asphalt roads and use of recycled materials in asphalt layers. DIRECT-MAT Deliverable D19. EC no. 218656. 2011.
- [2] Mollenhauer, K., Ipavec, A., Gaspar, L., Marsac, P., Mirski, K., Batista, F., L Antunes, M., McNally, C., Karlsson, R. Synthesis of national and international documents on existing knowledge regarding the recycling of reclaimed road materials in asphalt. DIRECT-MAT Deliverable D5. EC no. 218656. 2010.
- [3] European Asphalt Pavement Association. Asphalt in Figures. 2007/2008.
- [4] EN 13108-8. Bituminous mixtures. Material specifications. Reclaimed asphalt. 2005.
- [5] Krajcir, A.; Rossbacher. H. Asphalt 2010 – Regelungen für Mischgut – Schicht. Gestrata Journal 128. 2010.
- [6] LCPC. Manuel LPC d'aide à la formulation des enrobés. 12/2007.
- [7] FGSV. Technische Lieferbedingungen für Asphaltgranulat TL AG. 2009
- [8] MAUT. Útépítési aszfaltkeverékek. Visszanyert aszfalt. UT-2-3.301-8. 2008.
- [9] National Standards Authority Ireland. Recommendation for the Use and Implementation of the I.S. EN 13108 Series Bituminous Mixtures – Material Specifications. 2009.
- [10] D. Sybilski et al. Wymagania techniczne – Nawierzchnie asfaltowe na drogi publiczne, WT2- Nawierzchnie asfaltowe 2008.
- [11] Laboratório Nacional de Engenharia Civil. LNEC E 472 - Guia para a reciclagem de misturas betuminosas a quente em central. 2009.
- [12] Tehnični odbor za pripravo tehničnih specifikacij za javne ceste TO 06. TSC 06.800:2001 - Ponovna uporaba materialov v cestogradnji, Recikliranje. 2001.
- [13] Dirección General de Carreteras- Ministerio de Fomento. Reciclado en central en caliente de capas bituminosas. 2001.
- [14] Highway Agency. Manual of Contract Documents for Highway Works: Volume 1 Specification for Highway Works – Series 900 – Road Pavements – Bituminous Bound Materials. 2008.

Adatok

Megjelent itt

5. szám

2015. tavasz



Szerző

Dr.-Ing. Mollenhauer, Konrad

Témakörök

Kötőanyagok • Útépités

Kulcsszavak

Befogadva

2015. május 6.

Abstract

From 2009 to 2011, the various technologies for the demolition of flexible pavements as well for recycling of reclaimed road materials in new bituminous bound layers were collected and synthesized during the EC 7th RTD Framework Project DIRECT-MAT. Starting from the current status of regulations, recommendations and guidelines in the countries participating in the project, the differences between recycling strategies for asphalt pavements were highlighted. This knowledge was supplemented by relevant research results available in international and national literature and by a high number of case studies indicating the actual procedures applied on site. Using these data, various recycling options for the re-use of reclaimed road materials in new bituminous bound pavement layers were elaborated. For each of these recycling options, best practices for in-situ characterization of old pavements, demolition procedures, handling and manufacturing of reclaimed material in plant, characterization of and requirements on the reclaimed material as well as in-plant and in-place recycling techniques were defined. For various items addressed in the research work lacking knowledge and research needs were also identified. The paper summarises research results of the project on asphalt pavement demolition and material characterisation. By adding the findings on warm and hot-mix recycling applied in several European countries (as presented in accompanying paper no. 442 as well as cold-mix techniques presented in paper no. 460) knowledge gaps are summarized proposing several future research works on asphalt recycling.

Hozzászólás

* Név	
* Email	
Honlap	
Hozzászólás	

Hozzászólás elküldése

[Bejegyzések](#)

[Galéria](#)

[Impresszum](#)

[Interjúk](#)

[Könyvajánló](#)

[Nemzetközi szemle](#)

[Témakörök](#)

© **Copyright Útügyi Lapok** 2013 • *Minden jog fenntartva.*

