

[Folyóirat](#)[Bejegyzések](#)[Szakolvasó](#)[Impresszum](#)

# Ütügyi lapok

# 11

*Cikk*

## A fővárosi burkolatgazdálkodási rendszer eredményei

---

*Bevezetés A közúthálózat mind nemzetgazdasági, mind fővárosi szinten hatalmas vagyoni érték és a lakosság közérzetét, életminőségét is jelentősen befolyásoló tényező. Ezen vagyoni érték állagának, minőségének és így értékének megőrzése önmagában is fontos és jelentős költséggel járó kötelezettsége a tulajdonosnak és a fenntartónak. Nemzetgazdasági szinten ezen értékmegőrzési, karbantartási feladatokhoz további számszerűsíthető többletköltség-elemek is kapcsolódnak pl. a [...]*

### 1. Bevezetés

A közúthálózat mind nemzetgazdasági, mind fővárosi szinten hatalmas vagyoni érték és a lakosság közérzetét, életminőségét is jelentősen befolyásoló tényező. Ezen vagyoni érték állagának, minőségének és így értékének megőrzése önmagában is fontos és jelentős költséggel járó kötelezettsége a tulajdonosnak és a fenntartónak. Nemzetgazdasági szinten ezen értékmegőrzési, karbantartási feladatokhoz további számszerűsíthető többletköltség-elemek is kapcsolódnak pl. a felújítások okozta forgalomkorlátozások közlekedésüzemi és idő költségek, továbbá az esedékes karbantartási munkák elmaradása esetén a közúthálózat minőségromlása okozta többletköltségek. A fővárosi méretű közúthálózaton (1370 km hossz, 845 Milliárd forint bruttó érték) a karbantartási munkák tervezése és szervezése rendkívül komplex feladat, melynek hatékony végzéséhez célszerű a tudomány legújabb eredményeit is felhasználni. A rendelkezésre álló szűkös erőforrások minél hatékonyabb felhasználása ugyanis elsődleges célja az üzemeltető szervezeteknek.

Budapest Közút Zrt.-ben az előzetes felmérések alapján a burkolatgazdálkodási modell felhasználási lehetőségeit vizsgáltuk meg. Vizsgálatunk azt mutatta, hogy a Budapest Közútnál az utóbbi időszakban elvégzett sikeres fejlesztések és szisztematikusan végzett adatgyűjtések megfelelő alapot szolgáltatnak a tudományos modell gyakorlati hasznosításához. Az adaptált és továbbfejlesztett modell használata alapján várható eredmények hatékonyan tudják segíteni a közúthálózat karbantartási munkálatainak optimális tervezését és szervezését. A térinformatikai rendszerek használata és a tényadatokon alapuló tudományos számítások konkrét beavatkozási javaslatokat, ezek becsült költségértékét képesek szolgáltatni a kezelői döntések pontosabb megalapozásához.

### 2. A burkolatgazdálkodási rendszerek

A közlekedési létesítmények tulajdonosainak, kezelőinek törvényekkel is alátámasztott feladata, hogy „jó gazda módjára” törekedjenek a rájuk bízott létesítmények állagának és értékének minél hosszabb ideig történő megőrzésére. Az országos közúthálózat értéke megközelítőleg 7000 milliárd forint, míg a fővárosi közúti vagyon eléri az 845 milliárd forintot. Az ekkora összegű vagyonelemek feletti felelős gazdálkodás megköveteli, hogy a létesítményekről megfelelően friss és pontos információkkal rendelkezzen a kezelő. Célszerű a rendelkezésre álló adatok feldolgozásával, tudományos modellen alapuló elemzésekkel segíteni a felelős gazdálkodást.

„A burkolatgazdálkodás (PMS – Pavement Management System) olyan tevékenységek összességét foglalja magába, amely a

közúti közlekedési infrastruktúra fenntartását érintő döntéshozatalokat objektív műszaki szempontok alapján, rendszerezett paraméterek vizsgálata és értékelése útján támogatja, elősegítve a szűkösön rendelkezésre álló pénzügyi, humán, műszaki erőforrások ésszerű allokációját.”(Gáspár, 2003)

A PMS rendszer egy olyan költségoptimalizálási folyamat része, amely lehetővé teszi a hosszú távú költségtervezést. A költségoptimalizálás, a közútfenntartási beavatkozások helyes időzítésével és rangsorolásával nemcsak Társaság szinten, de akár nemzetgazdasági szinten is érzékelhető változásokat indukálhat. Egy ilyen átfogó rendszeren keresztül a beavatkozások minősége is nyomon követhető. A PMS rendszer távlati célja tehát, hogy az éves útfelújítási tervek meghatározását mért adatok alapján mérnöki számításokkal támogassa, illetve a Társaság közút üzemeltetési stratégiájának alapja legyen.

### 3. A burkolatgazdálkodás szerepe a Budapest Közút tevékenységében

A Budapest Közút jelenleg 1370 km fővárosi úthálózat üzemeltetésért felel. A közutak vagyonértéke bruttó 845 milliárd Ft, a rajtuk található műtárgyaké 258 milliárd Ft, a forgalomtechnikai eszközöké 15 milliárd Ft. A Budapest Közút a napi szintű operatív kezelői, üzemeltetési feladatok mellett (hibaelhárítás, kezelői hozzájárulások, napi fenntartási feladatok), komoly szerepet vállal az úthálózat hosszú távú fenntartásában is.

A Budapest Közútnak, mint a fővárosi utak kezelőjeként, fontos célkitűzése, hogy a mai kor elvárásainak megfelelő hatékonysággal lássa el a feladatát. Ennek érdekében folyamatosan szem előtt tartja a legmodernebb technológiák bevezetését, és a munkavégzés minőségének folyamatos fejlesztését. Ebbe a szemléletbe illik bele, hogy a Társaság a burkolatüzemeltetéssel kapcsolatos döntéseket minél inkább a közúti nyilvántartásban szereplő friss és hiteles adatok alapján kívánja meghozni. Ehhez azonban a korszerű adatgyűjtéseken kívül szükség van az adatelemzés fejlesztésére is. (Németh – Pusztai, 2016)

Társaságunk évek óta rendszeresen gyűjti a PMS rendszer futtatásához szükséges adatokat. Az elmúlt időszak térinformatikai fejlesztései, és az adatgyűjtések hatékony szervezése mára lehetővé tették, hogy tudományos modellen alapuló komplex elemzéseket végezzünk.

A KTI 2010-ben készült tanulmányai alapozták meg a Budapesti PMS rendszert. (Bakó – Gáspár – Kovács, 2012) A tanulmányok alapján kezdődött az adatok rendszeres, és nagy tömegű gyűjtése. A 2010 és 2014 közötti időszak a futtatáshoz szükséges minimális adatok összegyűjtésének időszaka volt, így az ebben a periódusban készült tanulmányok is az adatgyűjtések lehetséges módszereiről szóltak(KTI, 2012) . A PMS rendszer első futtatására 2015-ben került sor, egybekötve az addigi adatgyűjtési irányok felülvizsgálatával.

A jelenlegi burkolatgazdálkodási modell a hálózati szintű döntés előkészítés támogatását tűzte ki célul. A hálózati szintű modellezés célja, hogy a teljes hálózatot tekintve a szükséges beavatkozási helyeket meghatározza. Meghatározhatóak az egyes beavatkozások közelítő költségei, illetve a ráfordítások alapján a teljes hálózat hosszútávon várható állapotváltozása is. A rendszer fejlesztésének egyik iránya, hogy a hálózati modell alapján meghatározott területeken létesítményszintű elemzéseket is automatikusan végre lehessen hajtani, így pontosítva a szükséges beavatkozások műszaki, illetve gazdasági adatait.

### 4. KARESZ rendszer ismertetése

A Közúti Adatgyűjtő Rendszer (KARESZ) feladata közúti nyilvántartás tárgykörébe tartozó, illetve a közútkezeléshez szükséges nyilvántartási adatok felvétele, és a kialakított nyilvántartások folyamatos változáskövetése.

A KARESZ, Közúti Adatgyűjtő Rendszer kialakítása 2011-ben kezdődött, és 2013 második fél-évben állt munkába. A megoldás lényege egy mobil platformra szerelhető, nagy pontosságú felmérő rendszer, mely a látható objektumokról 3D pontfelhőt és képeket is készít. Minden út, épület, műtárgy nemcsak látható, de mérhető és elemezhető is a készített adatok alapján. A pontfelhő alapján digitalizált vektoros nyilvántartás nem pusztán egy digitális megvalósulási terv, hanem a térinformatikai eszközök segítségével lehetőséget nyújt keresések, összehasonlítások és elemzések gyors elvégzésére s, ami hatékonyabbá teheti a Budapest Közút munkavégzését.

A KARESZ rendszer áll egyrészt egy terepi adatgyűjtő eszközparkból, illetve egy adatfeldolgozási technológiából. Az adatgyűjtési mérési módszer lényege, hogy a nagy pontosságú 3D lézerszkennerekből, kamerákból, illetve precíziós navigációs rendszerből álló műszer együttes képeket és 3D pont-felhőt készít az adott objektumról, így azok nemcsak láthatóvá, hanem mérhetővé és elemezhetővé is válnak. Az adatfeldolgozás során az adatgyűjtő rendszer által előállított 3D pontfelhőből vektoros, leíró adatokkal felruházott nyilvántartási adatbázis készül.

A KARESZ rendszer felmérései alapján mára rendelkezésre áll a Fővárosi utak és járdás felületének, illetve a különböző típusú szegélyek geodéziai pontosságú felmérése. Ezen adatok így nem csak a Burkolatgazdálkodási rendszer hálózati szintű elemzéseikhez, hanem már a létesítményszintű tervezési feladatokhoz is elegendő pontosságú adatokat szolgáltatnak. Az előállított pontfelhő pedig lehetőséget teremt a felületek automatikus elemzésére, értékelésére.

### 5. Adatok összegyűjtése

A burkolat gazdálkodási rendszer bevezetésének követelménye, hogy megfelelő mennyiségű és minőségű bemenő adat álljon rendelkezésre. Egy Budapest méretű városban ez nagy kihívás volt és hosszú évek adatgyűjtési munkájával jutottunk el eddig, hogy egy első futtatást el tudunk készíteni. A Budapest Közút Zrt. a Budapestben található 5458 km közút hálózatnak egy részét – a fő és tömegközlekedési hálózattal érintett utakat – kezeli és üzemelteti melynek hossza 1312 km. A PMS rendszerhez a bemenő adatok az utóbbi, kezelt és üzemeltetett hálózatra állnak rendelkezésre. Az adatokról sajnos még nem mondható el, hogy teljes körűek lennének, a PMS rendszer jól rámutat arra, hogy mely bemenő adatok gyűjtése lenne a legfontosabb ahhoz,

hogyan rendszer még pontosabb eredményt szolgáltatson.

A bemenő adatok többféle forrásból származnak, melyek különböző pontosságúak és felbontásúak voltak, így ezekhez szükséges volt egy közös felbontást találni. Minden adatot az általunk kialakított és karbantartott tengelyhálózathoz kapcsolunk. A szakaszok úgy lettek kialakítva, hogy illeszkedjenek a legnagyobb felbontású bemenő adathoz, ami a területi létesítményfelelősök által vezetett felületi épség nyilvántartás.

- A felhasznált üttengely a Budapest Közút saját tengelyhálózata.
- A teherbíráshoz a behajlási eredményeket Lacroix teherbírás mérő gépjármű szolgáltatja. A mérés elve megegyezik a kézi behajlásmérés elvével, a különbség a mérés gyakorlati kivitelezésében rejlik; itt ugyanis a behajlásmérőket egy automata mérőkocsira függesztik, ami lassú (3–5 km/h) előrehaladás közben 4 m-ként méri a burkolat lehajlását. (Markó – Primusz – Péterfalvi, 2012)
- A Budapest Közút burkolatgazdálkodási rendszerében felhasznált hosszirányú felületi egyenetlenség (IRI) értékek teljes mértékben saját terepmodellen alapuló számított adatok. A terepmodell elkészítéséhez szükséges lézerpontfelhőt a KARESZ mérő- és feldolgozó rendszer szolgáltatja. A számítás alapját a Világbank által kiadott számítási algoritmus adja, az értékelési osztályközöket a városi környezethez igazítottuk (Almássy – Németh, 2014)
- A felületi épség adatokat a létesítményfelelősök által rögzített állapotértékelés adja. A létesítményfelelősök olyan összetett, szakmai tapasztalatokon alapuló értékelést adnak, amely az adott útszakasz forgalmával, kihasználtságával és egyéb nehezen számszerűsíthető paraméterekkel súlyozott minősítés.
- A forgalmi adatok forrása a BKK Zrt. által rendelkezésünkre bocsátott Egységes Forgalmi Modell, amely információval szolgál az egyes tengelyszakaszokat jellemző forgalom nagyságáról, valamint a forgalomban résztvevő járműtípusokról (járműkategóriák).
- Az utolsó felújítás évére vonatkozó adatok az Budapest Közút üzemeltetési osztály adatszolgáltatása alapján vettük figyelembe.
- A Közúti Adatgyűjtő Rendszer (KARESZ) felmérése nyomán a Budapest Közútnál előállt a Főváros teljes úthálózatára a pontfelhő állomány. A kezelt úthálózatra, a pontfelhő alapján vektorizálásra került a forgalomtechnikai vázterkép, mely alapján az utak szélességére, felületére, valamint az épített szegély hosszúságára vonatkozó adatok meghatározhatók.
- A pályaszerkezetre vonatkozó adatok két forrásból származnak. Az egyik és a pontosabb adat pályaszerkezeti fűrészképekől származik. Ezeket minden évben a rendelkezésre álló források alapján rendljük meg. A másik forrás, ami pontatlanabb, a létesítményfelelősök által burkolatbontások esetén készített fényképek. A látható pályaszerkezetre vonatkozó értékek a fényképek alapján becsülve kerültek megadásra.
- Altlaj információk alapjául a Földtani Intézet által rendelkezésünkre bocsátott alaptérkép szolgált.
- Az ideai futtatáshoz a PMS input adatok körét kiegészítettük a Budapest Közút ügyviteli rendszerében rendszerben tárolt, az útelőőrök által bejelentett kátyúadatokkal.

## 6. Állapotértékelés

Az aktuális évben történő állapotértékeléshez először régebbi évekből származó állapotértékeket az idei évre kell konvertálni a leromlási modell segítségével (lásd. 7. pont).

Ezután az állapotadatokat 1-5 terjedő skálán szükséges osztályozni, a számított átlagértékek és szórás alapján. A KTI által 2010-ben meghatározott osztályozási közöket az azóta beérkezett mérési adatok alapján pontosítottuk. A Teherbírás osztályok meghatározására használt behajlási értékek osztályközei túl megengedőek voltak, így azt úthálózat teljes egész jó vagy megfelelő kategóriába esett. Az eltoló osztályközöket a 1. táblázat tartalmazza. A későbbiekben célszerűnek látszik az osztályozást a pályaszerkezet típusok szerint elkülöníteni, de jelenleg a kevés pályaszerkezeti adat miatt erre nem volt lehetőség.

Min.	Max.	Szórás maximum	Mértékegység	Osztályzat	Megnevezés
0,00	0,50	0,25	mm	1	Jó
0,51	0,70	0,50	mm	2	Megfelelő
0,71	1,00	0,70	mm	3	Tűrhető
1,01	1,50	0,90	mm	4	Nem megfelelő
1,51	–	–	mm	5	Rossz

**1. táblázat**  
Behajlási értékek osztályközei [Forrás: saját szerkesztés]

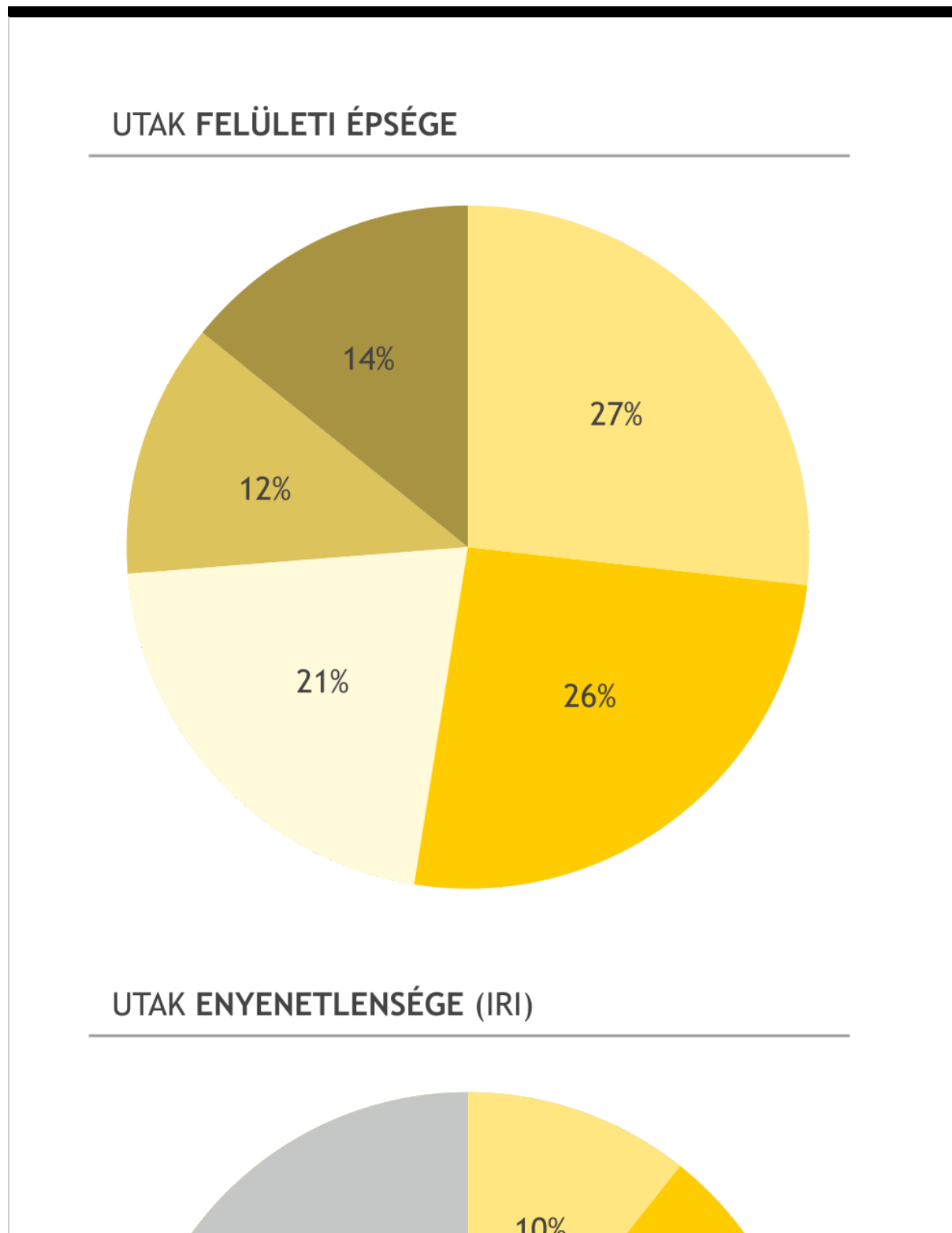
Az IRI értékek globálisan alkalmazott osztályközei városi környezetben korlátozottan alkalmazhatóak. Egyrészt az egyenetlenség jelentős részét a közmű szerelvények okozzák, ami nem befolyásolja a pályaszerkezet állapotát. Másrészt a városi környezetben gyakran alkalmazott burkolatszél hullámozgatás is rontja az egyenetlenséget, így már eredetileg is rosszabb értékek adódnak. Jelen modellünkben az Almássy Gábor és Németh Márk által kidolgozott Városi úthálózatra javasolt IRI határértékek (Almássy – Németh, 2014) Egy módosított változatát használtuk. Az osztályközöket a 2. táblázat tartalmazza.

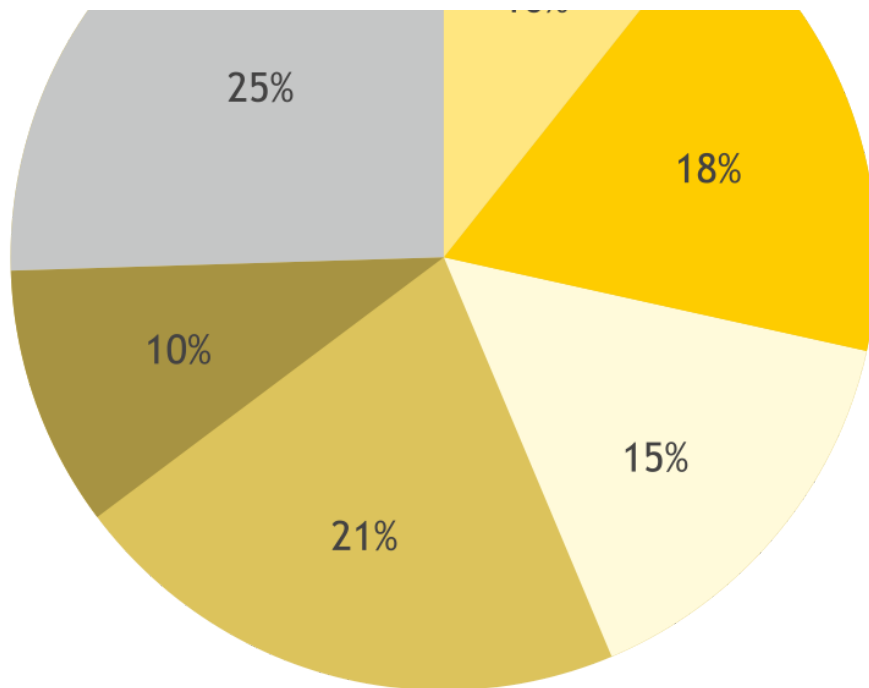
Min.	Max.	Mértékegység	Osztályzat	Megnevezés
0,00	4,00	mm/m	1	Jó
4,01	5,00	mm/m	2	Megfelelő
5,01	6,00	mm/m	3	Tűrhető
6,01	10,00	mm/m	4	Nem megfelelő
10,01	–	mm/m	5	Rossz

2. táblázat

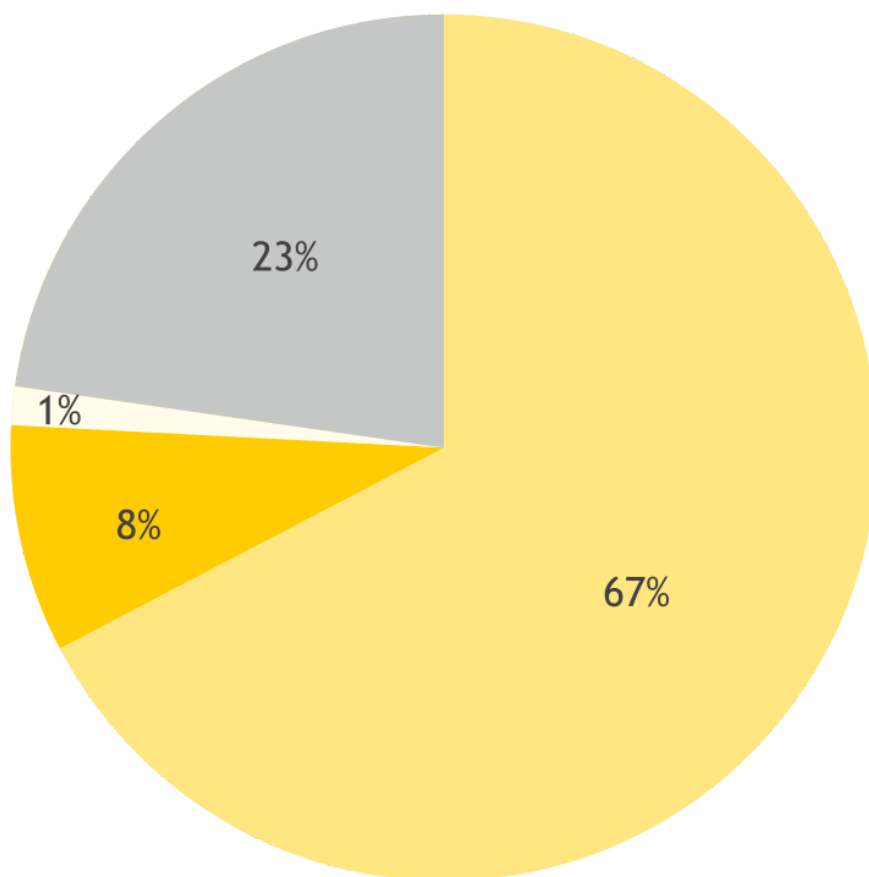
IRI értékek osztályközei városi környezetben [Forrás: saját szerkesztés]

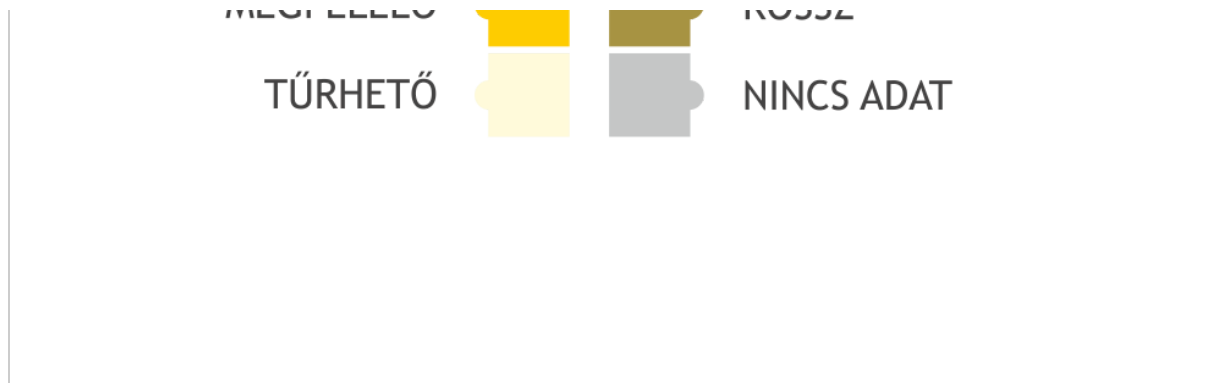
A felületi épség eleve osztályozott formában érkezik, így nincs szükség további osztályközők meghatározására. A 1. ábra diagramjai az utak állapotértékeinek megoszlását mutatják felületarányosan.





## UTAK TEHERBÍRÁSA





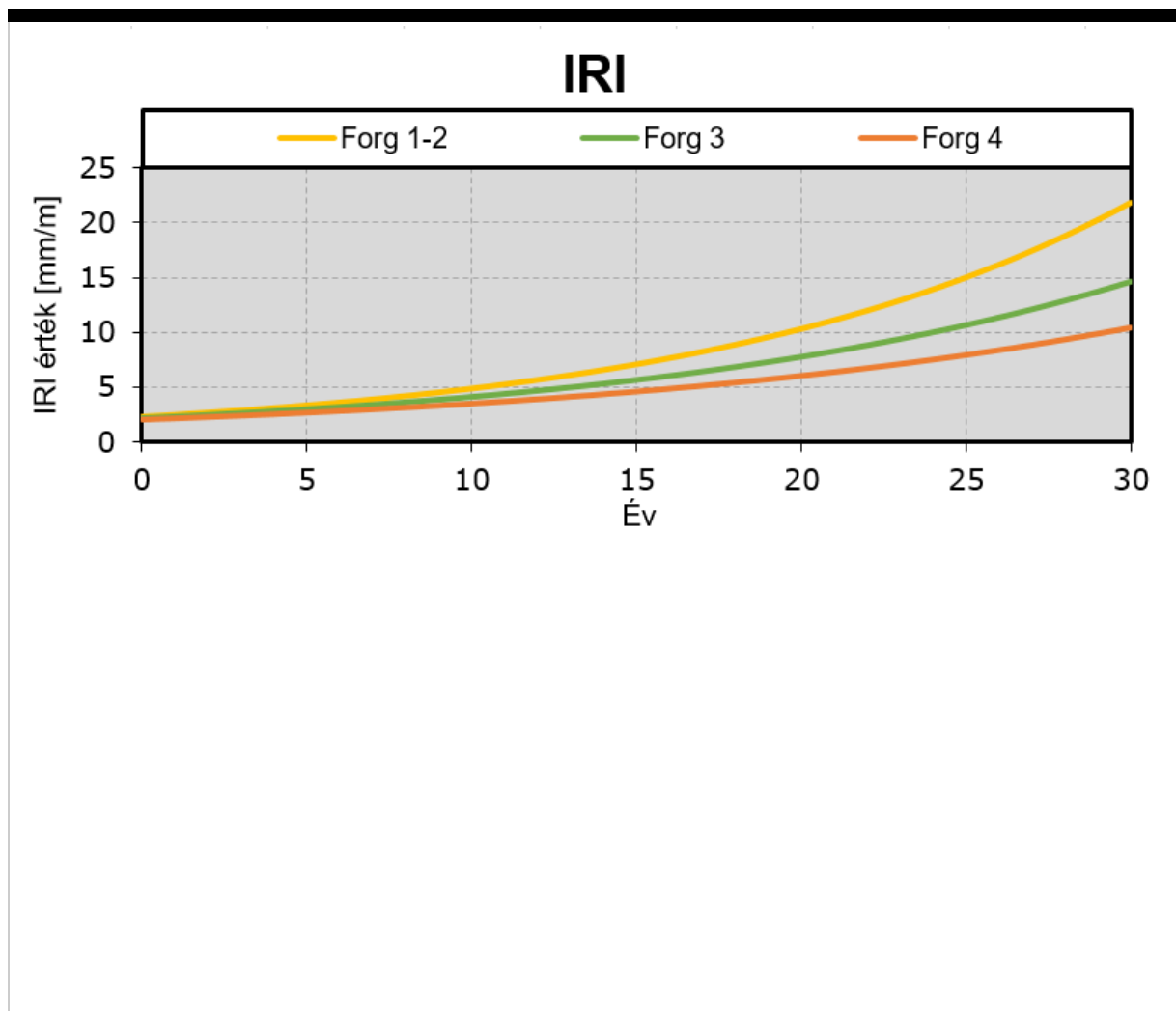
1. ábra

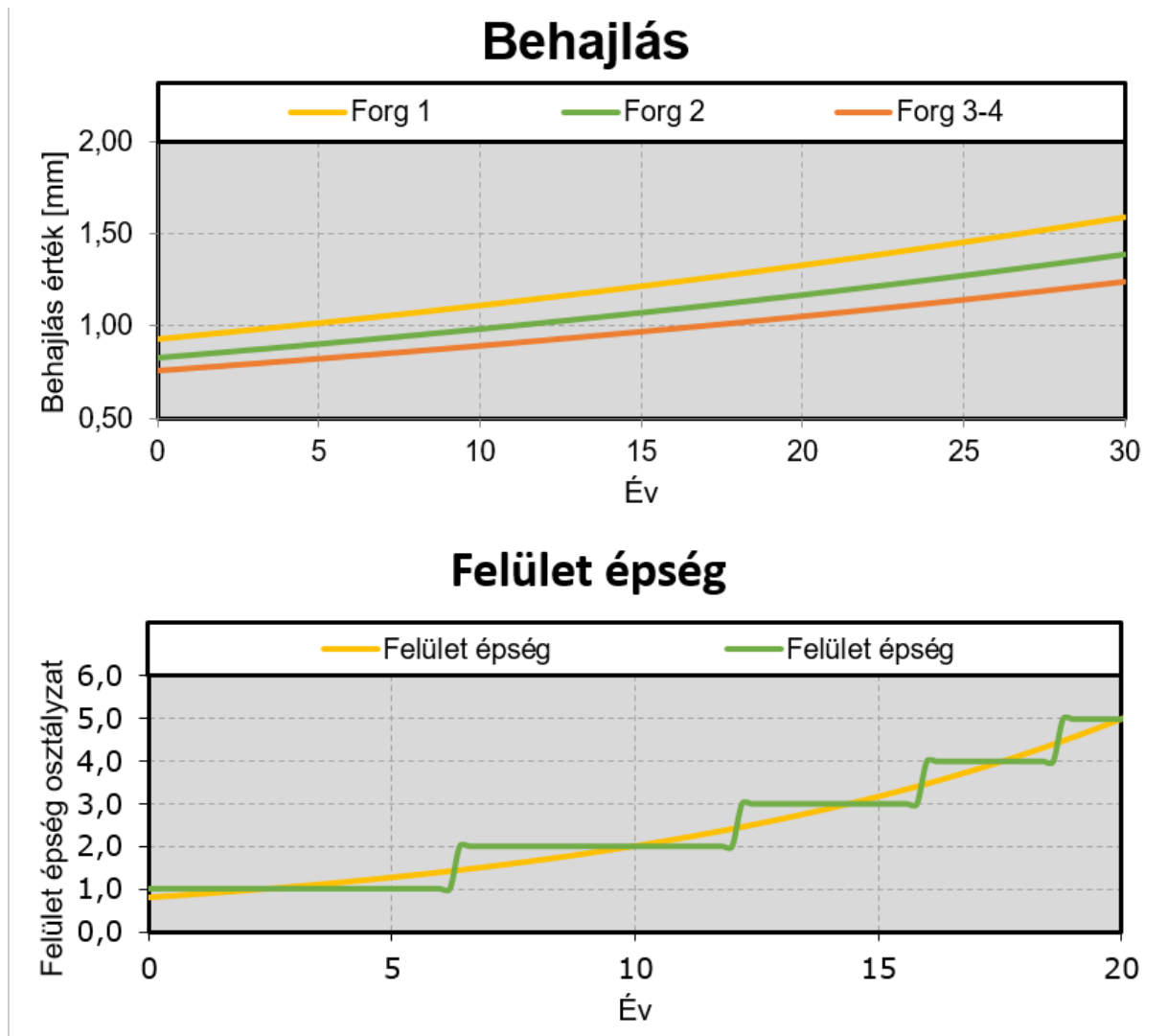
Állapotadatok megoszlása [Forrás: Saját szerkesztés]

A fenti diagramokból jól látszik, hogy az úthálózat teherbírása alapvetően jó állapotú, csak a lokális javítások okozta teherbíráshiányok jelentenek gondot. A felületi épség és az egyenletlenség értékei nagyjából egyenletesen oszlanak el. Az egyenletesség a felületi épség esetén adódhat a szubjektív osztályozásból is, az IRI esetén pedig a határérték megválasztásából.

## 7. Leromlás számítása

A leromlási görbék szerepe, hogy az ismert állapotértékekből előrebecsüljük a későbbi években várható értékeket. A leromlási görbék meghatározásához az Intelligens utak Kft. tanulmánya volt segítségünkre (Ambrus, 2015). A tanulmány írásakor nem állt rendelkezésre megfelelő mennyiségű pályaszerkezeti adat a budapesti úthálózatról, ahhoz hogy forgalm nagyság és pályaszerkezet szerint is különböző leromlási görbéket lehessen meghatározni, illetve adott szakaszokra vonatkozó idősoros állapotadatok sem voltak elérhetőek. Az adathiány feloldására a rendelkezésre álló forgalm nagyság adatok alapján osztályoztuk az utakat, és az egy kategóriába eső szakaszok eltérő életkorai alapján határoztuk az egyes állapotadatok leromlási görbéit (Németh – Pusztai, 2016).





2. ábra

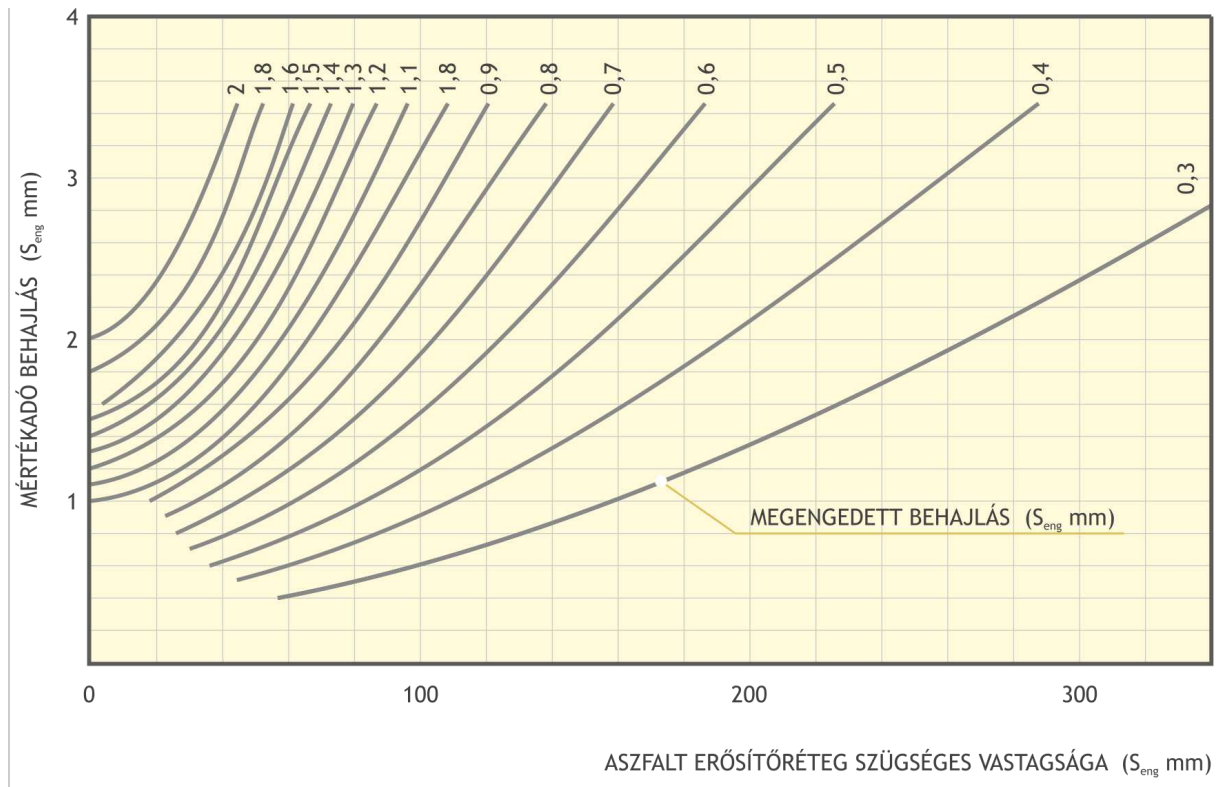
Leromlási görbék [Forrás: Saját szerkesztés]

## 8. Beavatkozási javaslatok

A beavatkozási javaslatot két módszer összhangjaként szükséges számolni. Egyrészt a KTI 2010-ben készített beavatkozási modelljének (Bakó, Gáspár, Kovács 2012) továbbfejlesztett változata Útügyi műszaki előírás alapján számítható az aszfaltburkolatú pályaszerkezetek megerősítése (UME e-UT06.03.13 2005).

### 8.1. Pályaszerkezet megerősítés számítása

A pályaszerkezet megerősítésre vonatkozó értékek az e-UT06.03.13(ÚT 2-1.202) Útügyi műszaki előírás 7.1 és 7.2 ábráinak zárt függvényekkel való közelítéséből származnak. A közelítés miatt a tényleges megerősítés számításnál a tervezőnek felül kell vizsgálni az ábra alapján az értékeket. A lokális pályaszerkezet csere szükséges mértékének becsléséhez jó támpontot ad a kiugróan rossz teherbírás értékek száma. Ha a kiugró értékek átlaga meghaladja az 1 mm-t, akkor a kiugró értékek aránya az összes értékhez megadja, hogy a teljes terület hány százalékában szükséges lokálisan pályaszerkezet cserét végrehajtani.

**3. ábra**

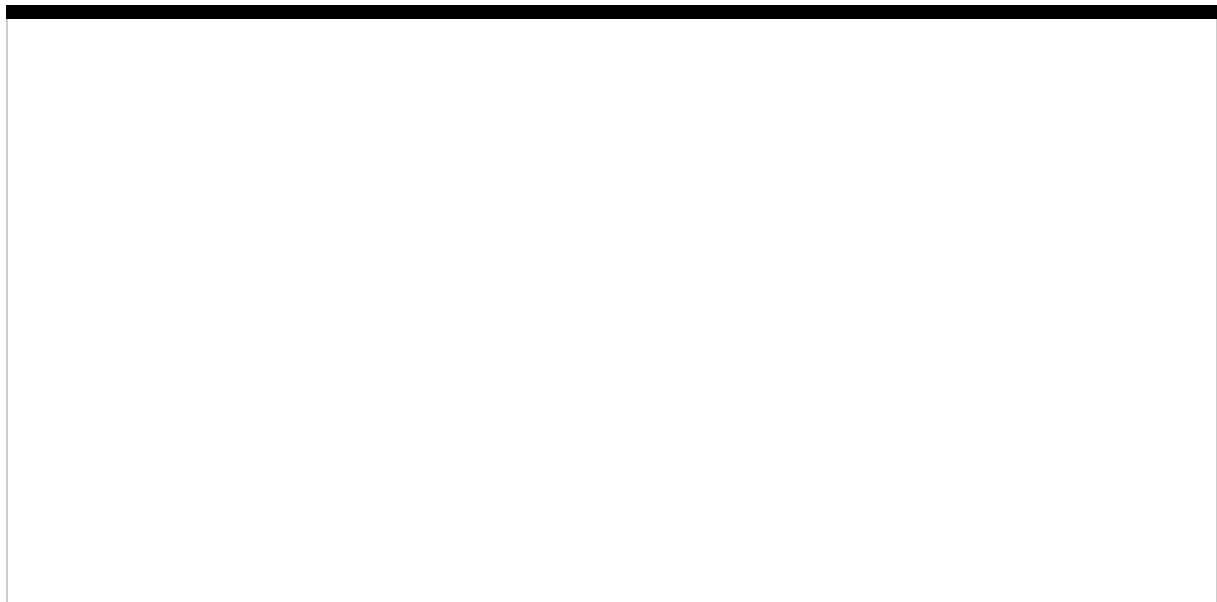
A szükséges aszfalt erősítőréteg-vastagságnak ( $\Delta h$ , mm) a mértékadó behajlások ( $s_m$ , mm) és a megengedett behajlások ( $s_{eng}$ , mm) értékeivel való összefüggése [Forrás: MAUT e-UT06.03.13]

## 8.2. Általános beavatkozási javaslat

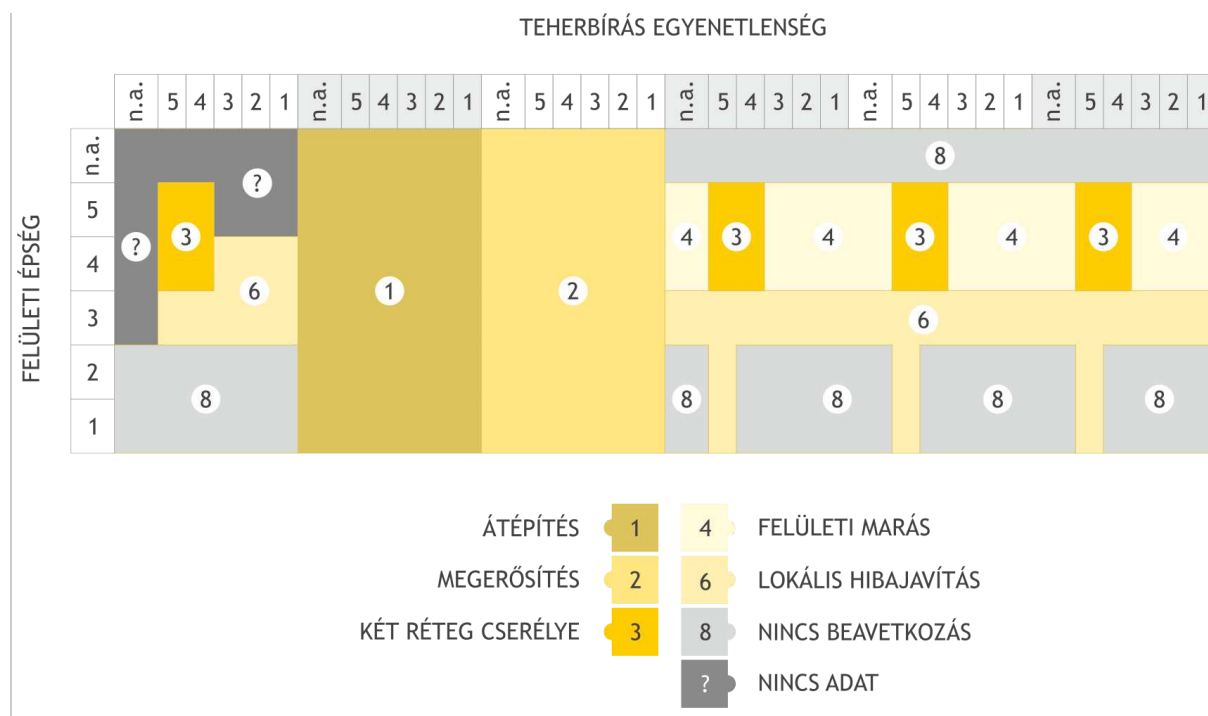
A szakaszok állapotparamétereinek különböző kombinációihoz tartozó optimális beavatkozásokat a KTI 2010-ben meghatározta (Bakó – Gáspár – Kovács, 2012). E szerint az egyes homogén szakaszokra meghatározott teherbírási, felületi hibákra vonatkozó, felületi egyenetlenségi és csúszás-ellenállási osztályzatok kombinálását olyan formában hajtuk végre, hogy az adott állapotkombinációhoz tartozó optimális beavatkozás kiválasztása lehetséges legyen.

Az idei felülvizsgálat során a beavatkozási modellt módosítottuk. Mivel az állapotadatok közül is kikerült a csúszásellenállás, így a beavatkozási javaslatok esetén nem tudjuk figyelembe venni. Az állapotadatok nem állnak rendelkezésre teljes körűen, és a jellemző adatok becslése sem oldható meg, sok útszakasz kiesne a beavatkozási modellből. Ezért célszerűnek láttuk, ha egyes adathiányos szakaszokra is tudunk beavatkozást javasolni. A gyakorlati tapasztalatok alapján a felületi bevonat, illetve a kiegyenlítő marás mint javasolt technológia kikerült a modellből. A felületi bevonatokkal kapcsolatban a városi próbaszakaszok rossz tapasztalatai alapján döntött úgy a Társaság vezetése, hogy nem javasolja a technológia alkalmazását. A kiegyenlítő marás technológia pedig városon belül inkább csak lokálisan (pl. jelzőlámpás csomópontok járműosztályozói) alkalmazott technológia, ráadásul a keresztirányú egyenetlenség mérések hiányában nem is jól becsülhető a szükségessége.

A beruházási javaslatokat az 4. ábra foglalja össze:







4. ábra

Beavatkozási mátrix [Forrás: saját szerkesztés]

A 8.1 pontban számított szükséges megerősítés érték alapján az általános beavatkozási modell pontosítható. Megerősítést csak ott javasolunk ahol a felületi épség osztályzata legalább 3, vagyis ahol a teherbírás hiány már látható hibákat okoz. Ahol a számítás 2-8 cm megerősítést javasol, ott a beavatkozási javaslat értéke automatikusan megerősítés (2). A 8 cm feletti megerősítések esetén (figyelembe véve a városi környezet kötöttségeit) átépítést (1) javasolunk.

Teljes átépítés (1) javasolt minden esetben, ha az út teherbírása rendkívül rossz állapotú, vagy a városon belül kezelhetetlenül sok megerősítésre lenne szükség. Ebben az esetben a földmű felső rétege is elbontásra kerül. A földmű felső rétegében fagyvédő réteg beépítése javasolt. A fagyvédő réteg fölé 20 cm CKT alapréteg, majd 8 és 7 cm AC-22 kötőréteg kerül beépítésre. Zárásként 4 cm AC-11F kopóréteg épül. A beavatkozás esetén számolni kell az általános költségekkel, a közművek szintbehelyezésével, burkolati jelek festésével, illetve szegélyépítéssel is.

Burkolat megerősítés (2) javasolt, ha a pályaszerkezet teherbírása javításra szorul, de nem szükséges a teljes pályaszerkezet cserélése. A felső 7 cm lemarása után 7 cm AC-22 kötőréteg, zárásként 4 cm AC-11F kopóréteg kerül beépítésre. A beavatkozás esetén számolni kell az általános költségekkel, a közművek szintbehelyezésével, burkolati jelek festésével, illetve szegélyépítéssel is.

A felső két réteg cseréjére (3) van szükség, ha a teherbírás elfogadható, de a felületi épség és az egyenetlenség nagyon rossz állapotú. Ilyen esetben az egyenetlenségi hibák várhatóan nem javíthatók meg egy réteg cseréjével. Ez esetben a tervezett beavatkozás a felső 11 cm lecserélésre 7 cm AC-22 kötő és 4 cm AC-11F kopórétegre. A beavatkozás esetén számolni kell az általános költségekkel, a közművek szintbehelyezésével, burkolati jelek festésével. A szegélyépítést 50 %-kal csökkentve kell számolni.

Kopóréteg csere (4) javasolt, ha a teherbírás elfogadható, de felületi hibák, illetve a felületi egyenetlenség rossz állapotú. Ez esetben csak a felső 4 cm kerül lecserélésre AC-11F kopórétegre. A beavatkozás esetén számolni kell az általános költségekkel, a közművek szintbehelyezésével, burkolati jelek festésével. A szegélyépítést 40 %-kal csökkentve kell számolni. A felületi hibák javítása (6) akkor kerül előtérbe, ha az út állapota még nem éri el a komolyabb beavatkozásokhoz szükséges szintet, de már rendszeres rutin javításra szorul. A beavatkozás keretében javasolt a repedések kiöntése (0,2 fm/m<sup>2</sup>) illetve a kátyúk javítása (0,02 t/m<sup>2</sup>). A felületi hibák javítása alapján számolható a hosszú távú modell rutin beavatkozása is.

## 9. Költségbecslés

A költségek becsléséhez a Budapest Közút Tervezési osztálya által szolgáltatott 2017. évi közbeszerzési egységárakat vettük alapul. A bizonytalanságok figyelembe vételére az árakat 20%-al növeltük. Mivel az útszakaszokhoz rendelkezésre állnak már szegélyhossz adatok is, így a szegélyépítéseket nem a felületre vetítve, hanem hossz alapján áraztuk be. Az általános költségek (terelési tervek, közműszintbe helyezés, megvalósulási dokumentáció, stb.) felületre vetítve 2500 Ft/m<sup>2</sup> árat becsültünk. A költségeket a 3. táblázat foglalja össze.

Munkanem	Mértékegység	Egységár
Földmű bontása	Ft/m <sup>3</sup>	7 200

Pályaszerkezeti rétegek marása	Ft/m <sup>3</sup>	12 000
Homokos kavics ágyazat építése	Ft/m <sup>3</sup>	7 200
Soványbeton burkolatalap készítése utókezeléssel	Ft/m <sup>3</sup>	21 600
AC-22 alap (mF) alapréteg építése	Ft/m <sup>3</sup>	62 400
AC-22 kötő (mF) kötőréteg építése	Ft/m <sup>3</sup>	62 400
AC-11 kopó (mF) kopóréteg építése	Ft/m <sup>3</sup>	69 600
Repedéskiöntés	Ft/m	1 310
Felületi bevonat	Ft/m <sup>2</sup>	3 000
Burkolati jelek festése	Ft/m <sup>2</sup> *	300
Általános költségek (ideiglenes forgalomtechnikai terv, szakfelügyelet, megvalósulási terv)	Ft/m <sup>2</sup> *	2 500
Szegélyépítés	Ft/m	6 500
Lokális hibajavítás	Ft/t	67 900
*a mértékegységben szereplő m <sup>2</sup> a teljes burkolat területére vonatkozó egységnyi terület		

**3. táblázat**

Felhasznált egységek [Forrás: saját szerkesztés]

## 10. Hosszú távú modell

A hosszú távú modell működésének az alapja a leromlási görbék alapján számolt állapotbecslés. A leromlási görbék alapján az állapotadatokat kiszámoltuk 5, 10, 15 évvel előre, majd a fentiekben ismertetett módon újra kiszámoltuk a beavatkozási modell, és a költségbecslési modell eredményeit.

A hosszú távú modell segítségével meghatározható, hogy beavatkozások hiányában milyen állapotértékek várhatóak az egyes szakaszokon, illetve hogy mik a későbbre tolt beavatkozások költségei.

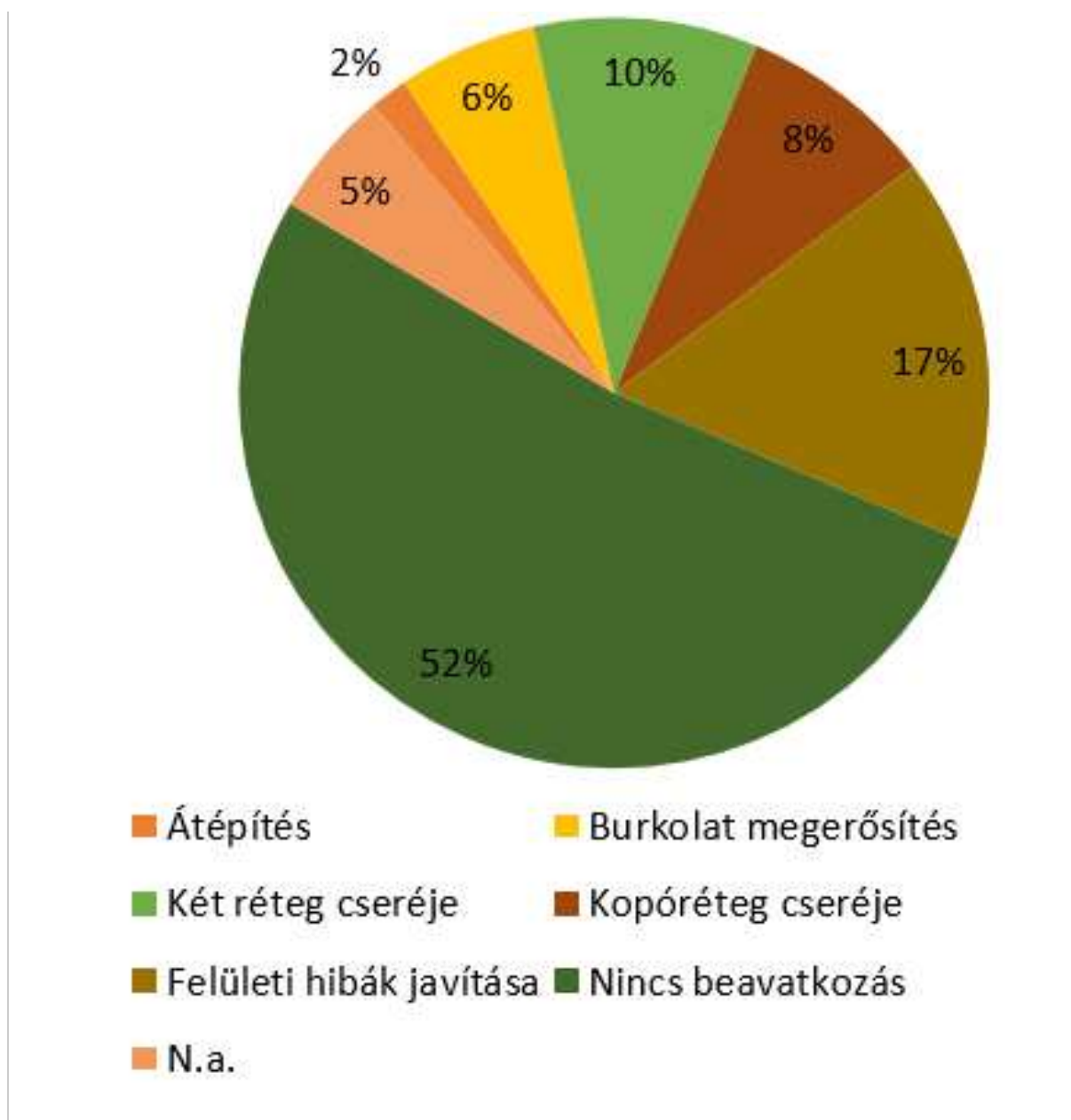
### 10.1. Javasolt beruházások

Az adataink alapján a PMS rendszer javaslatot tesz a következő évben felújítani szükséges utakra. A javaslat pusztán a mért műszaki paraméterekre támaszkodik, ezért nem vesz figyelembe számos olyan szempontot, ami meghatározhatja a felújítási lista alakulását. Ilyen lehet például a közmű rekonstrukciók helyszínei, a nem fenntartási szempontú felújítások, illetve a nem mért állapotparaméterek okozta problémák (vízelvezetés). Ezek alapján tehát a javaslat alapul szolgálhat a személyes szakmai döntéseknek, de nem helyettesítheti azokat.

A meglévő adatok alapján mindössze az utak 5%-án (kb. 1,0 millió m<sup>2</sup>, 85 km) hiányzott elegendő adat az elemzéshez. Az utak 69%(kb. 12,8 millió m<sup>2</sup>, 927 km) jelenleg nem igényel nagyobb beavatkozást, azonban 26% (4,8 millió m<sup>2</sup>, 356 km) már az első évben beavatkozást igényelne, ideális állapotban. Ahhoz, hogy mindenhol a megfelelő minőségre hozzuk, az utakat 328 milliárd Ft-ra lenne szükség a modell számításai szerint. Ez az összeg messze van a reálisan rendelkezésre álló kerettől, ezért szükséges, hogy a beavatkozásokat valamilyen módon sorrendbe állítsuk.

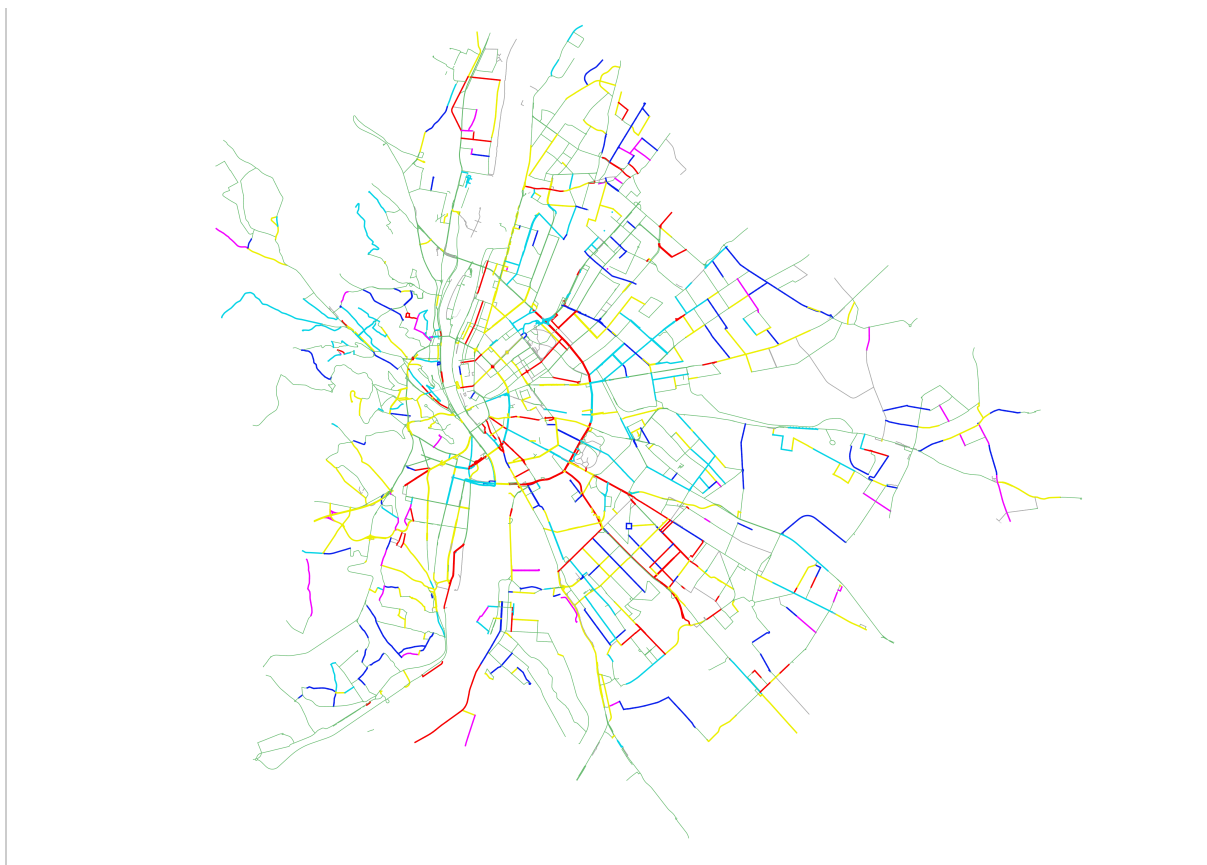
A hosszú távú modell alapján előre becsülhető, hogy a beavatkozások elmaradása esetén 5, 10 vagy 15 év múlva milyen beavatkozások válnak szükségessé. Az 1, 5 illetve 10 év múlva szükségessé váló beruházásokat a következő ábrák szemléltetik.





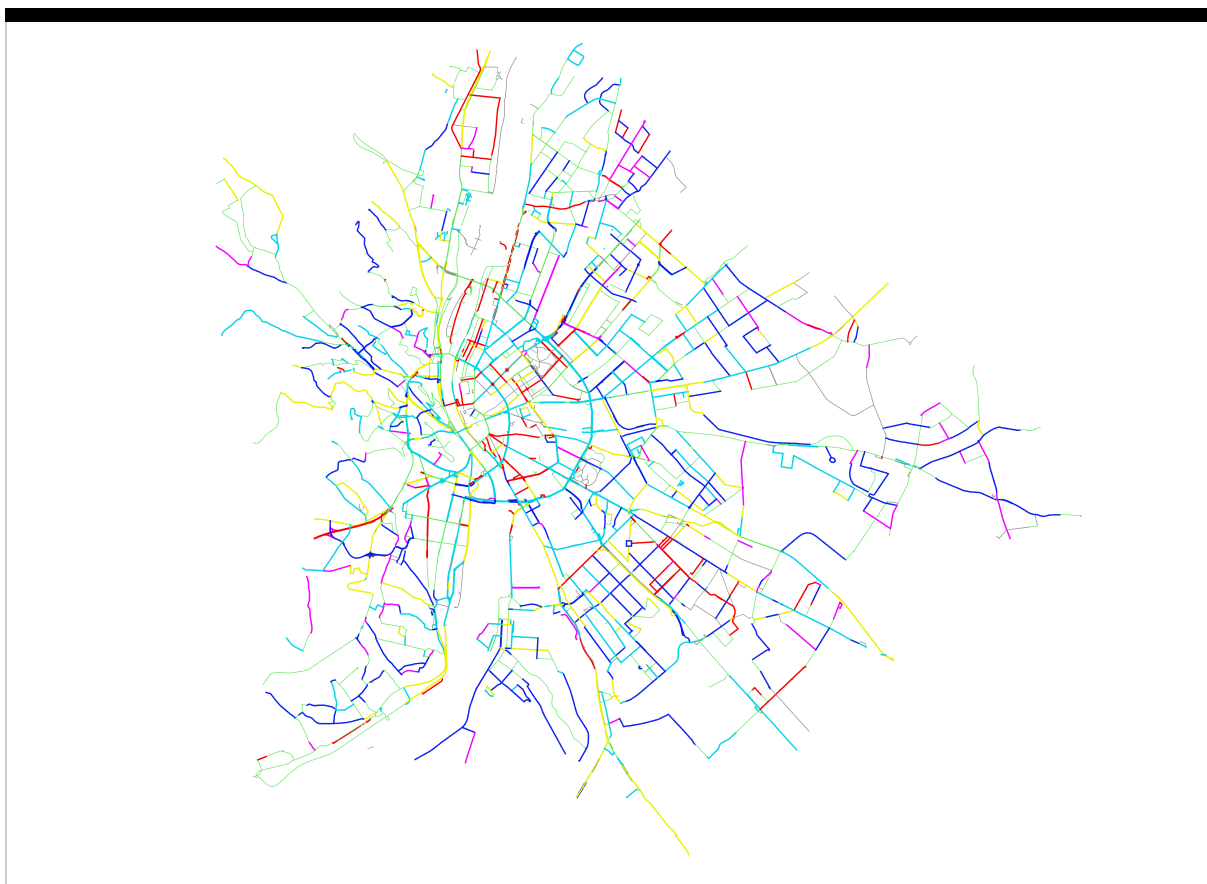
5. ábra

Első éves beavatkozások megoszlása az üzemeltetett úthálózaton [Forrás: Saját szerkesztés]



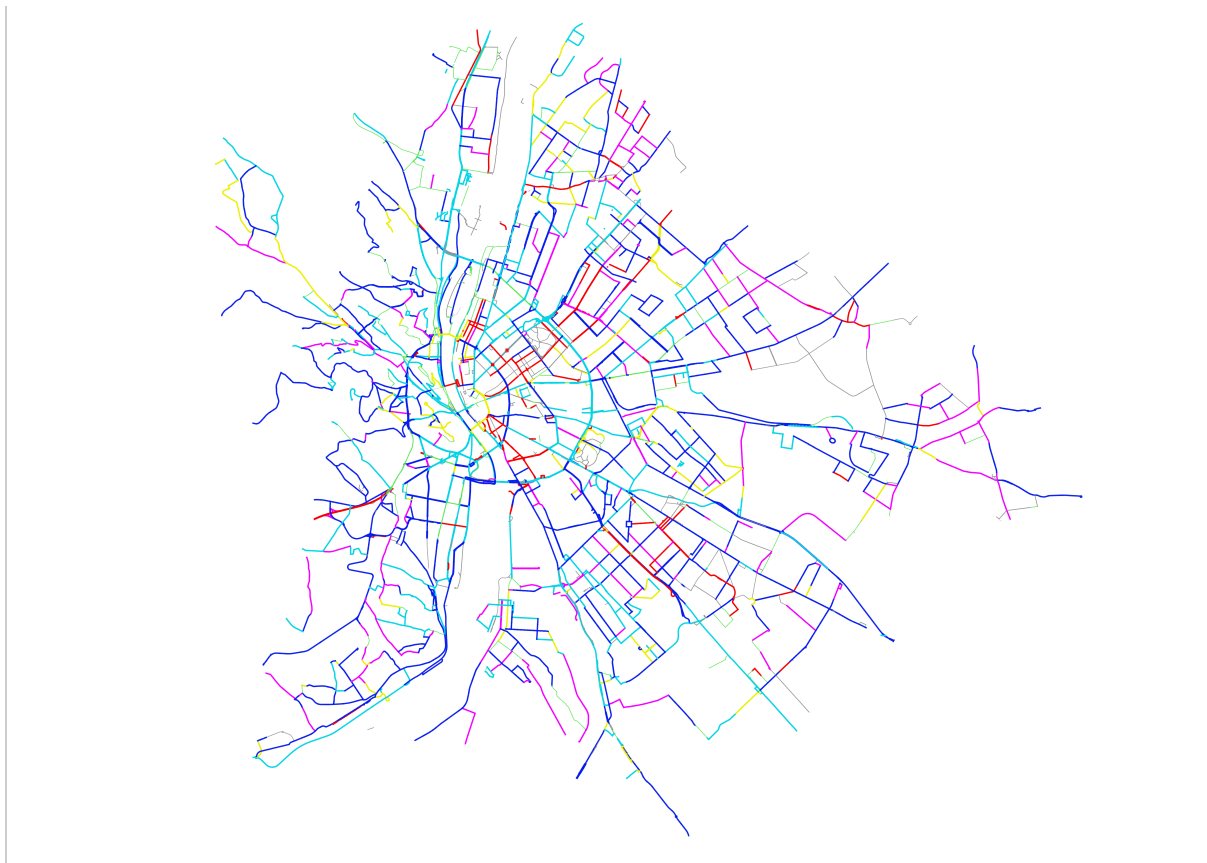
**6. ábra**

Beavatkozási javaslatok az első évben [Forrás: Saját szerkesztés]



**7. ábra**

Beavatkozások elmaradása esetén az 5 év múlva szükséges beavatkozások [Forrás: Saját szerkesztés]

**8. ábra**

*Beavatkozások elmaradása esetén az 10 év múlva szükséges beavatkozások [Forrás: Saját szerkesztés]*

## 10.2. Felújítási sorrend

A rangsorlási modell segítségével az úszakaszok felújítása sorrendbe állítható. Az 4. táblázatban az általános rangsor első 25 elemét mutatjuk be. A rangsor csak az üzemeltetési műszaki szempontok figyelembevételével készült, így a felállított sorrend nem veszi figyelembe az egyéb befolyásoló tényezőket. Ilyenek lehetnek például a közmű rekonstrukciók helyszínei, a nem fenntartási szempontú felújítások, közösségi közlekedést érintő beruházások, állami fejlesztési projektek, illetve a nem mért állapotparaméterek okozta problémák (vízelvezetés). Ezek alapján tehát a javaslat alapul szolgálhat a személyes szakmai döntéseknek, de nem helyettesítheti azokat.



9. ábra

A rangsorlási modell eredménye [Forrás: Saját szerkesztés]

Kerület	utcanév	Szakasz eleje	Szakasz vége	Felületi éps. oszt.	Teherbírás oszt.	Egyenetl. oszt.	Utolsó felújítás éve	Szakasz hossza [m]	Útfelület [m2]	Tervezési osztály	Beavatkozási javaslat	Beavatkozás költsége [millió Ft]
9	Könyves Kálmán körút	Üllői út	M5	5	1	3	2001	703	18009	K	Kopóréteg cseréje	738,6
9	Üllői út	Kőér utca	Mátyás király utca	5	1	3	2006	402	8724	D	Kopóréteg cseréje	357,82
9	Üllői út	Ecseri út	Ferde utca	5	1	2	2006	2787	73829	E	Kopóréteg cseréje	3028
9	Boráros tér			5	1	3	2006	882	16079	C	Kopóréteg cseréje	659,44
14	Hungária körút	XIII. Kerület határ	Kerepesi út	4	1	3	2007	6503	137134	K	Kopóréteg cseréje	5624,4
9	M5 bevezető	Határ út	Ecseri út	5	1	2	1995	2632	46256	K	Kopóréteg cseréje	1897,1
9	Könyves Kálmán körút	M5	Rákóczi híd	5	1	3	2002	4080	80532	E	Kopóréteg cseréje	3302,9
11	Bazsalikom utca	Kecskeméti József utca	Egér út	5	1	0	1996 előtt	526	5904	E	Kopóréteg cseréje	242,15
10	Kerepesi út	Pilisi utca	Sárga rózsá utca	5	1	3	2007	601	8990	E	Kopóréteg cseréje	368,71
18	Halomi út	Nagyenyed utca	Zagon utca	3	2	0	2005	69	730	E	Burkolat megerősítés	55,753
11	Hunyadi János út	Kondorosi út	XXII. Kerület határ	4	1	2	2006	3969	68024	E	Kopóréteg cseréje	2789,9

Kerület	utcanév	Szakasz eleje	Szakasz vége	Felületi éps oszt.	Teherbírás oszt.	Egyenetl. oszt.	Utolsó felújítás éve	Szakasz hossza [m]	Útfelület [m <sup>2</sup> ]	Tervezési osztály	Beavatkozási javaslat	Beavatkozás költsége [millió Ft]
15	Erdőkerülő utca	Zsókavár utca	Szentmihályi út	5	1	0	Ismeretlen	546	7185	E	Kopóréteg cseréje	294,67
15	Arany János utca	Bercsényi Miklós utca	Bánkút utca	3	2	0	2006	362	4459	D	Burkolat megerősítés	340,56
1	Attila út	Döbrentei tér	Mikó u.	4	1	3	2001	1209	18005	C	Kopóréteg cseréje	738,44
8	Vajda Péter utca	Orczy út	Könyves Kálmán körút	3	1	2	2008	1748	25588	E	Burkolat megerősítés	1954,4
9	Soroksári út	Dandár utca	Pápay István utca	4	1	4	2005	256	6220	E	Burkolat megerősítés	475,08
14	M3 bevez. le- és felhajtól	Ömv kút ki és behajtó		4	1	0	Ismeretlen	195	2150	K	Kopóréteg cseréje	88,168
19	Hofherr Albert utca	Nádasdy utca	Nagykörösi úti körforgalom	5	2	0	2006	282	3245	C	Kopóréteg cseréje	133,08
21	Táncsics Mihály utca	Széchenyi István utca	Károli Gáspár utca	4	1	3	1996 előtt	817	10799	D	Kopóréteg cseréje	442,92
1	Sztehlo Gábor rakp.	Halász u-i le-felhajtó	Halász u-i le-felhajtó	4	1	2	2012	468	5456	E	Kopóréteg cseréje	223,79
21	II.Rákóczi Ferenc út	Vas Gereben u.	Budapest határ	4	1	0	2006	3681	44158	K	Kopóréteg cseréje	1811,1
18	Ady Endre utca	Törvény utca	Vezér utca	5	2	0	Ismeretlen	326	3181	A	Kopóréteg cseréje	130,45
4	Víztorony kör.buszford.	Árpád út	Árpád út	4	1	0	1970	244	2748	D	Kopóréteg cseréje	112,71
13	Szent László út	Kámfor utca	Madridi utca	5	2	4	Ismeretlen	181	2130	D	Burkolat megerősítés	162,69

4.

A beavatkozási rangsor első 25 eleme [Forrás: saját szer]

## 11. Összefoglalás

A jelen cikkben bemutatott fővárosi Burkolatgazdálkodási rendszer egyedülálló Magyarországon. Hazánkban ekkora mértékű útvagyonról kevés átfogó műszaki-gazdaságossági, valós mérési adatokon alapuló elemzés és cselekvési terv készült. A Burkolatgazdálkodási rendszer bemenő állapotadatai, valamint az azokból elkészített futtatások megdöbbentő képet adnak arról, hogy milyen mértékű azonnali beavatkozásra lenne szükség a fővárosi úthálózaton. Összintén megjegyezzük azért azt is, hogy a Budapest Közút által jelenleg bemutatott PMS rendszerben biztos szükség van finomításokra például a teherbírás eredmények, a burkolatvastagságok tekintetében. További tudományos részletességgel lehetne elemezni a megerősítések fajtáját, érdemes volna figyelembe venni az aszfaltfáradások alapján történő (E modulus) méretezési elvet is. Összefoglalva azonban az biztosan kimutatható a bemutatott Burkolatgazdálkodási rendszerből, hogy azonnal százmilliárdos nagyságrendű beavatkozásra volna szükség a fővárosi úthálózaton annak érdekében, hogy a további leromlásokat megakadályozzuk és ezáltal a hosszú távú felújítási költségeket is csökkentsük.

## 12. Irodalomjegyzék

Bakó, Gáspár, Kovács 2012: Burkolatgazdálkodási modellek a fővárosi főutakhoz: Közlekedéstudományi szemle 62:(6) pp. 38-49. (2012)

KTI 2012: A forgalom áramlásának vizsgálata a fővárosi közúthálózaton, különös tekintettel a BKK Közút Zrt.-nél fejlesztés alatt álló Útburkolat-gazdálkodási rendszerre (PMS-re): Tanulmány 2012

Gáspár László 2003: Útgazdálkodás Budapest: Akadémiai Kiadó, 2003(ISBN:963 05 8091 8)

Németh Márk, Pusztai Gábor 2016: Adatgyűjtés és állapotértékelés eredményei a fővárosi utakon: Az Aszfalt folyóirat (HAPA)

Makó, Primusz, Péterfalvi 2013: A Benkelman-tartó továbbfejlesztése a behajlási teknő automatizált rögzítéséhez: Útügyi lapok folyóirat 2013

Almássy Gábor, Németh Márk 2014: Útburkolat egyenletlenség-mérési eljárások a KARESZ pontfelhő alapján: Az Aszfalt folyóirat (HAPA)

Ambrus Kálmán 2015: Budapest Közút Zrt. PMS Rendszer továbbfejlesztése: Intelligens utak Kft. tanulmánya.

UME e-UT06.03.13(ÚT 2-1.202) 2005: Aszfalt burkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése

KTI 2010: Burkolatgazdálkodási rendszer (PMS) bevezetésére vonatkozó szakértői javaslat elkészítése és a bevezetési folyamat szakmai támogatása: Tanulmány

KTI 2010: PMS I. mérnöki változatának validálása és továbbfejlesztése: Tanulmány

Universitas Alapítvány Győr Nonprofit Kft 2010: PMS Matematikai Modelljének elkészítése és továbbfejlesztésének előkészítése: Tanulmány

BKK Közút Zrt. 2014: Útburkolat egyenletlenség-mérési eljárások a KARESZ pontfelhő alapján: Tanulmány

BKK Közút Zrt. 2015: Projektbeszámoló a KTI PMS modelljének adaptálása a BKK Közút rendszerébe, és a továbbfejlesztési irányok meghatározása c. projektről: Tanulmány

Budapest Közút Zrt. 2016: Éves jelentés a burkolat-gazdálkodási rendszer fejlesztésének 2015. évi eredményeiről: Tanulmány

### Adatok

Megjelent itt

11. szám

### Szerző

**Almássy Kornél**

**Dávid Ákos**

**Pusztai Gábor**

### Témakörök

Kiemelt • Útgazdálkodás

### Kulcsszavak

### Befogadva

2018. augusztus 24.

### Hozzászólás

Hozzászólás	<input type="text"/>
* Név	<input type="text"/>
* E-mail cím	<input type="text"/>
Honlap	<input type="text"/>
	<input type="text"/>



Bejegyzések

Galéria

Impresszum

Interjúk

Könyvajánló

Nemzetközi szemle

Szakolvasó

Témakörök

---

© Copyright Útügyi Lapok 2019 • Minden jog fenntartva.

Az Útügyi Lapok félévente elektronikus formában megjelenő, online szabadon elérhető kiadvány, erre tekintettel jelenleg nem előfizethető. Alkalmanként azonban papíralapon is megjelenik, amennyiben szeretne a papír alapú megjelenésről értesítést illetve példányt kapni, kérjük érdeklődési szándékát az alábbi címen jelezze: [utugyilapok@makadam.hu](mailto:utugyilapok@makadam.hu). *A lapban megjelent cikkek a szerzőik személyes véleményét fejezik ki és nem feltétlenül egyeznek meg a szerkesztők véleményével illetve ismereteivel.*



[Folyóirat](#)[Bejegyzések](#)[Szakolvasó](#)[Impresszum](#)

# Útügyi lapok

# 11

*Cikk*

## Budapest utcahálózatának topológiai elemzése

---

*Települések utcahálózatának topológiai vizsgálatával az utóbbi időben egyre több kutatás foglalkozik. Hiszen a településrészek területhasználata, beépítési módja és utcahálózatának kialakítása közötti kapcsolat vizsgálata, sokrétű elemzési lehetőséget biztosít. Jelenlegi kutatás tárgyát a településrészek beépítési módja és utcahálózatának kialakítása közötti kapcsolat keresése jelentette. Ehhez Budapest 48 kerületrésze került elemzésre, amelyek telepszerű, zárt sorú és szabadonálló beépítési móddal rendelkeznek. A kerületrészek utcahálózatának topológiai elemzése során a domborzat figyelembe vétele mellett megvizsgálásra került az utcaszakasz-sűrűség, utcahálózat-sűrűség, csomópont-sűrűség, kapcsolati index az egyirányúsítás jelenléte mellett. Vizsgált szempontok közötti kapcsolat Mann-Whitney próbával került megállapításra. A vizsgált topológiai jellemzők mellett a településrészeket felépítő utcaszakaszok hosszának relatív gyakorisági eloszlása és kumulált relatív gyakori eloszlása is megvizsgálásra került. Az eredmények azt mutatják, hogy a településrészek beépítési módjai az utcahálózat topológiájának vizsgálata alapján szignifikánsan elkülöníthetők egymástól.*

### 1. Bevezetés

A települések utcahálózata az emberi test érhálózatához hasonlítható, amely biztosítja egyrészt az összeköttetést az egymástól távolabb fekvő és eltérő területhasználattal rendelkező településrészek között (Hanson-Giuliano, 2017), (Jiang, 2007). A települések utcahálózatai, az ellátandó feladatok hasonlósága mellett, igen változatos topológiával rendelkeznek. Az utcahálózati struktúrák fejlődésére közvetlen és közvetett hatásként több tényező is jelentkezett, melyek elkülöníthetők az I. és II. ipari forradalmat megelőző és követő korszakokra, amelyekben jelentkező urbanizációs folyamatok, történelmi, gazdasági, társadalmi fejlődések és az elérhető műszaki megoldások folyamatos változása a települések fejlődését behatárolták. Mindezek mellett a domborzati és vízrajzi viszonyok szintén jelentékeny hatást gyakoroltak a települések és ezzel együtt azok utcahálózatának fejlődésére. A települést felépítő utcák hálózati rendszere lehet sugaras-gyűrűs rendszerű, ágas rendszerű, párhuzamos utcás rendszerű, bordás rendszerű és lineáris térsávok hálózata (Meggyesi, 2009). Mely kialakítási módok főleg lakó és a településközpontokra jellemző vegyes területhasználattal rendelkező településrészekben figyelhetők meg.

Lakó funkcióval, illetve a településközpontokra jellemző vegyes területhasználattal rendelkező településrészek többféle beépítési móddal rendelkezhetnek a településen belül elfoglalt helyzettől és területhasználat intenzitásától függően. Budapesten, ahol a kutatás is lefolytatásra került, ezek lehetnek zárt sorú beépítési mód, tömbszerű beépítési mód és szabadonálló beépítési mód (Budapest 2030). Az említett beépítési módokhoz tartozó utcahálózatok topológiája összefüggésben van a vizsgált kerületrészek történelmi hátterével.

A zárt sorú beépítési mód megléte és a településrészek területhasználatának intenzitása közötti kapcsolat történelmi korszakoktól és helyszínektől függetlenül megfigyelhető (Nagy, 2005), mely szoros összefüggésben van a települések központi helyein rendelkezésre álló terület intenzív területhasználatának igényével. Ez Budapest középkori eredetű

városmagjaiban és a XIX. sz. második felétől a XX. sz. első feléig lezajlott intenzív urbanizációs folyamatban érintett területeken megfigyelhető.

Telepszerű beépítési mód Magyarországon a XX. század második felében terjedt el számottevően a magyarországi lakásprobléma megoldása érdekében. Az 1950-es évektől kezdve az 1990-as évekig a házigyári lakásépítés korábban, a magyarországi települési struktúrában újszerű beépítési módot hozott. A telepszerű beépítéssel rendelkező településrészekre az intenzív területhasználat és magas lakossűrűség jellemző. A területek beépítése, épületek elhelyezésének módjai (pl.: lineáris, bokros, sávós, utcás) a legtöbb telep esetében egyedileg került megtervezésre és egyben definiálja a területet feltáró utcahálózat kialakítását is.

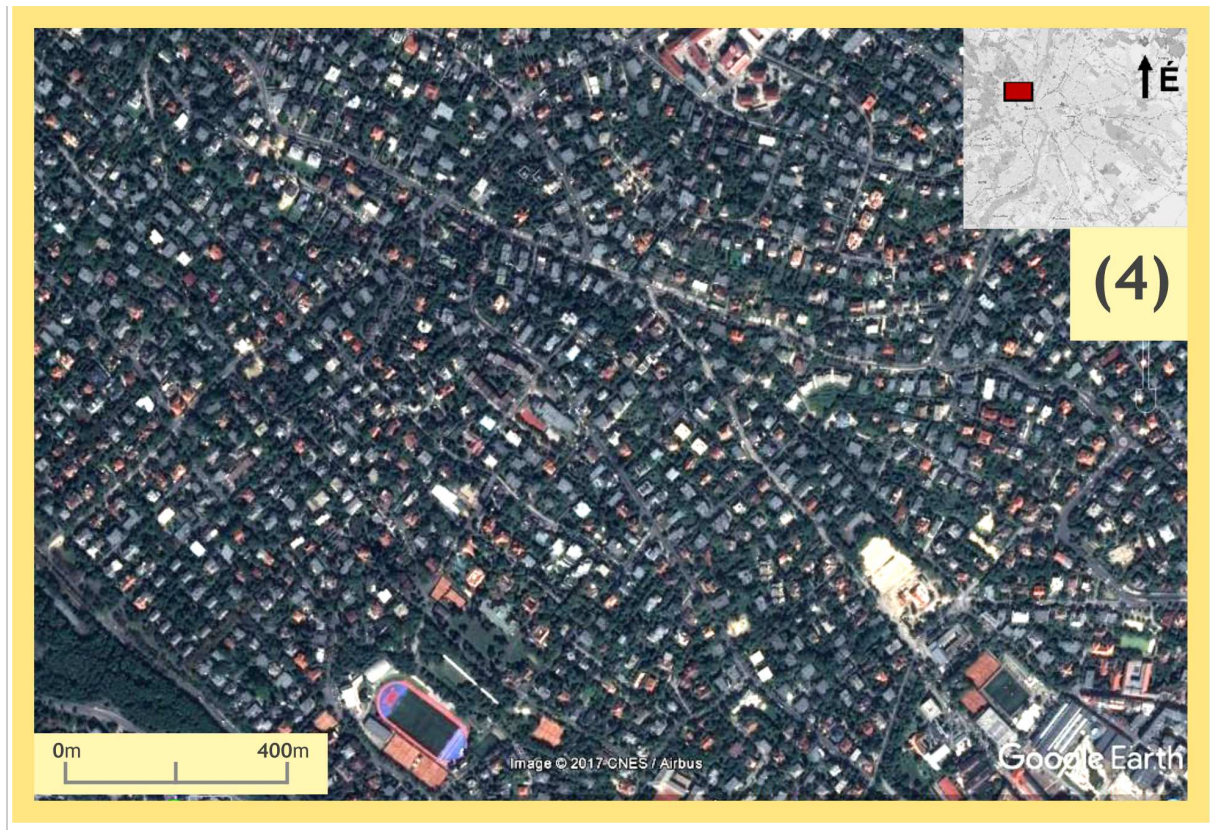
Az urbanizációs folyamaton keresztül a települések lélekszámának növekedésével jelentős méretű kertvárosok alakultak ki, amelyek szabadonálló beépítési móddal rendelkeznek és Budapest elővárosi zónájában is megtalálhatóak (Budapest 2030). A kertvárosok utcahálózatának kialakítására az 1950-es évekig főként négyzettrács utcahálózati kialakítás volt jellemző, és a XX. sz. második felében hurok és zsákutcákból álló rendszerek is megjelentek (Grammenos, 2002). A négyzettrácsos utcahálózat kialakításának előnye, hogy a közlekedő számára könnyen áttekinthető, baleseti adatok alapján biztonságosabb és alacsonyabb károsanyag kibocsátás jelentkezik, mint másfajta kialakítás esetén (Xiaomin et al., 2006)

Dombvidéken fekvő településrészek esetében az utcahálózatok kialakulásában a domborzati viszonyok meghatározó szerepet játszanak. A területeket elsődlegesen feltáró erdei és mezőgazdasági utak nyomai a területhasznált változását követően is megjelhetnek a településrészek utcahálózatán. Budapesten a filoxéria járványt követően kezdődő, korábban szőlőművelés alatt álló, budai dombvidék beépítése során a már meglévő mezőgazdasági utak helye átöröklődött számos esetben a jelenlegi utcahálózatba. Ezek a területeken az ingatlanok jellemzően szabadonálló beépítési móddal rendelkeznek.

A felsorolt beépítési módokhoz tartozó utcahálózatok kialakulása és kialakítása során, a bemutatottak alapján, egymástól eltérő utcahálózati topológiával rendelkező településrészek alakultak ki a Budapest területén. A cikkben bemutatásra kerülő kutatás arra kereste a választ, hogy az utcák egyirányúsításának figyelembe vétele mellett milyen eltérések figyelhetők meg az különböző beépítési móddal rendelkező településrészek utcahálózatának felépítése között. A felsorolt beépítések budapesti példákon keresztül az 1. ábrán kerülnek bemutatásra.







1. ábra

Vizsgálat során összehasonlításra került beépítési módok felülnézetben, (1) teleszerű beépítés, (2) zárt sorú beépítés, (3) szabadonálló beépítés-síkvívidéken, (4) szabadonálló beépítés-dombvidéken

Az 1. ábrán szereplő műholdfelvételek azonos léptékben ábrázolják az eltérő beépítési módokat. Az ábrán jól megfigyelhető a területhasználat eltérő intenzitása és a területeket feltáró utcahálózat eltérő felépítése.

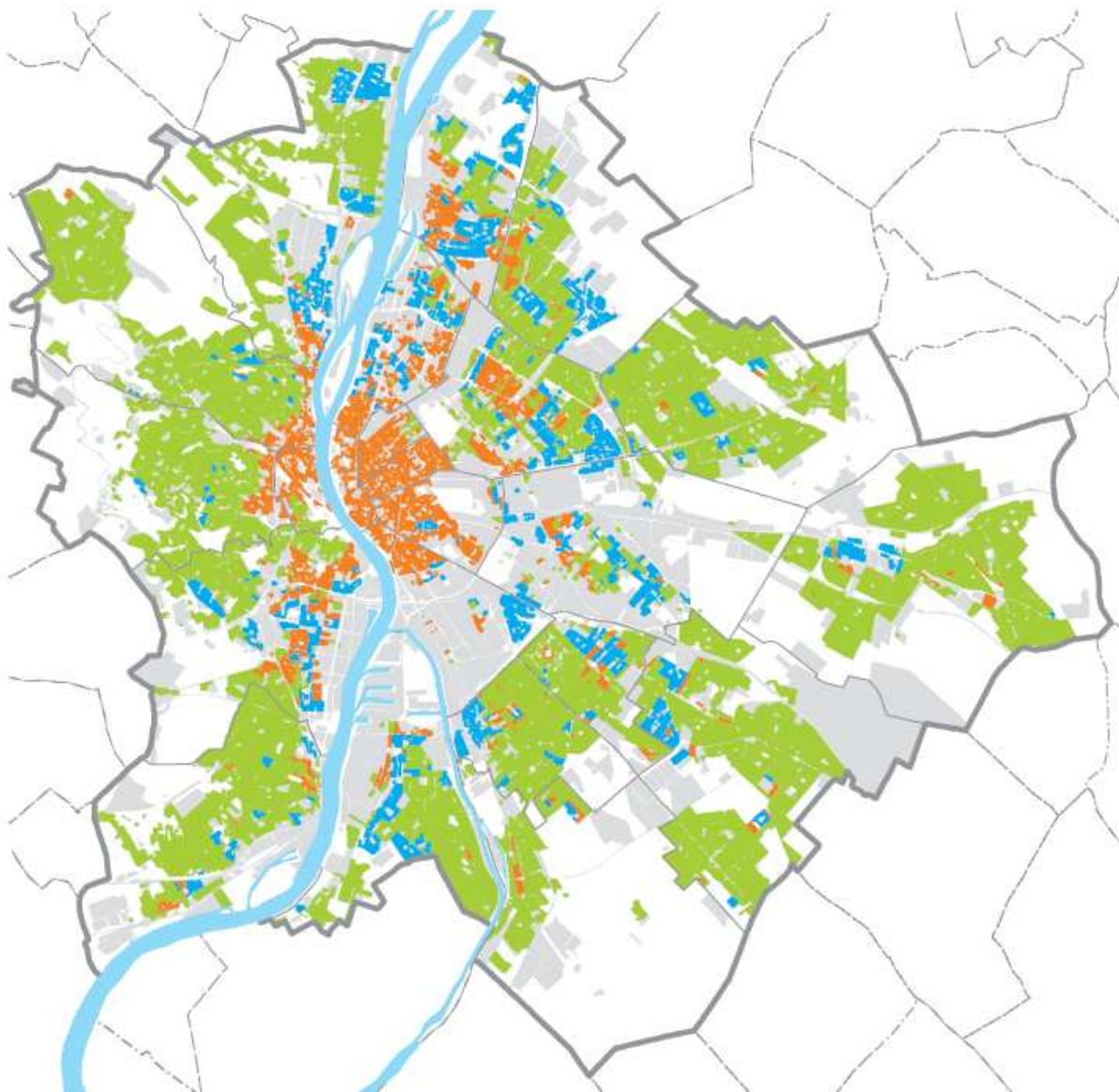
Utcahálózatok topológiai vizsgálatához több módszertan is ismert (Knight-Marshall, 2015), (Marshall 2004) amelyek az elemzés során felhasználásra kerültek. Kutatás során az utcahálózatok gráf hálózatként való vizsgálata nem került előtérben, mindamellett megjegyzendő, hogy széles szakirodalom áll a témában rendelkezésre, amelyek jellemzően teljes települések utcahálózatával foglalkoznak (Porta et al, 2006a). (Porta et al., 2006b) A vizsgálat második lépésében az utcaszakaszok hosszának relatív gyakorisági eloszlása és kumulatív relatív gyakorisági eloszlása került megvizsgálásra. Az eredmények alapján megállapítható, hogy az eltérő beépítéssel rendelkező településrészek utcahálózatai a vizsgált mérőszámokat tekintve eltérnek egymástól.

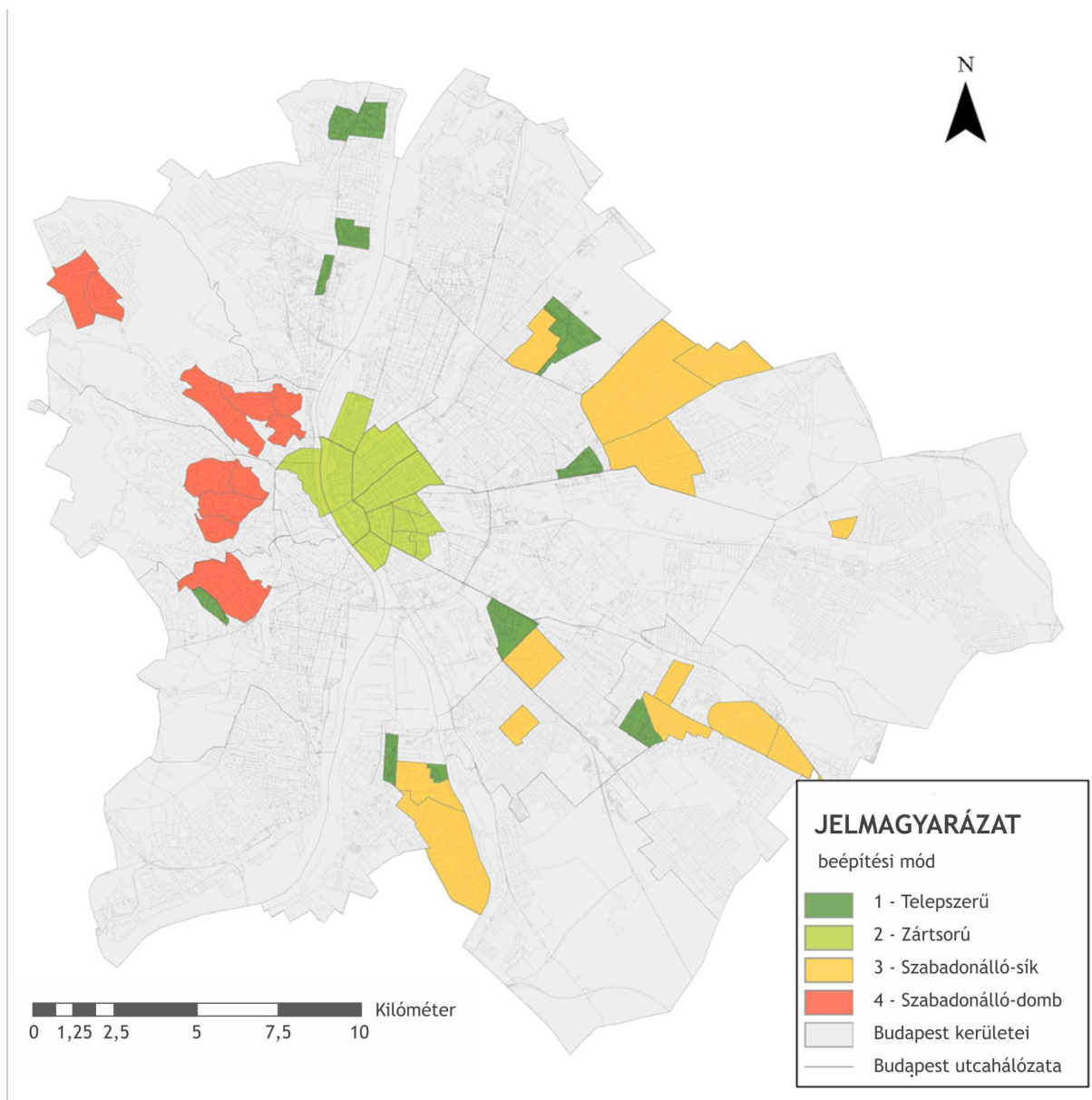
A cikk felépítése a következő. A második rész a választott budapesti kerületrészeket mutatja be a használt utcahálózati adatbázis és topológiai vizsgálat alkalmazott metodológiája alapján. A harmadik rész tartalmazza a mérések eredményeit és tárgyalását. Az utolsó szekció biztosítja a dolgozat összefoglalást és konklúziót.

## 2. Kutatás során elemzett budapesti kerületrészek

Az eltérő beépítési móddal rendelkező településrészek utcahálózatának vizsgálata során budapesti városrészek kerültek elemzésre, és a kutatás során három (zárt sorú, teleszerű és szabadonálló beépítési mód), egymástól eltérő beépítési móddal rendelkező kerületrészek négy csoportba bontva képezték a vizsgálat tárgyát (síkvívidéken és dombvidéken a szabadonálló beépítés megkülönböztetésre került), amelyek a bevezetésben általánosan bemutatásra kerültek.

Az elemzés során felhasznált kerületrészek kiválasztása a Központi Statisztikai Hivatal Helységnévtárában, továbbiakban KSH Helységnévtár (KSH) szereplő budapesti kerületrészek és a körzetek összevetésre kerültek a Budapest 2030 városfejlesztési koncepcióban tartalmozott beépítési módokkal. A vizsgálat eredményessége érdekében homogén beépítési móddal rendelkező kerületrészek kerültek elemzésre. Budapest beépítési módjait és a vizsgálat során kijelölt kerületrészeket az 2. ábra tartalmazza.





2. ábra

Balra: Budapest házállományának beépítési mód szerinti eloszlása, részlet Budapest 2030 – hosszútávú városfejlesztési koncepcióból  
narancs: zárt sorú beépítési mód, kék: telepszerű beépítési mód, zöld: szabadonálló beépítési mód, jobbra: a beépítésekhez tartozó utcahálózatok vizsgálatára kiválasztott kerületek elhelyezkedése

Az 1. ábra tartalmazza a 4 vizsgált beépítési módot, melyek az alábbiak. Többszerű beépítés (lakótelepek vizsgálata), 11 vizsgált eset; zárt sorú beépítés (belvárosi területek vizsgálata), 13 vizsgált eset; szabadonálló beépítés síkvidéken (kertvárosi vagy kisvárosi beépítési környezet vizsgálata), 13 vizsgált eset; szabadonálló beépítés dombvidéken (kertvárosi vagy kisvárosi beépítési környezet vizsgálata), 11 vizsgált eset. Összesen Budapest 48 kerületrésze képezte a vizsgálat tárgyát. Az egyes beépítési módok műholdas felülnézeti képét az 1. ábra tartalmazza.

A kutatás során megvizsgált, eltérő beépítési módhoz tartozó 48 kerületrészt összefoglalóan az 1. táblázat tartalmazza.

	Telepszerű beépítés	Zárt sorú beépítés (kerület)	Szabadonálló – síkvidéki beépítés	Szabadonálló – dombvidéki beépítés
1	Békásmegyér (III.)	Belső-Ferencváros (IX.)	Árpádföld (XVI.)	Istenhegy (XII.)
2	Csepel-Belváros (XXI.)	Belváros (V.)	Bókaytelep (XVIII.)	Kissvábhegy (XII.)
3	Csepel-Királymajor (XXI.)	Corvin negyed (VIII.)	Csepel-Kertváros (XXI.)	Máriaremete (II.)
4	Gazdagrét (XI.)	Csarnok negyed (VIII.)	Csepel-Királyerdő (XXI.)	Mártonhegy (XII.)
5	Havanna-lakótelep (XVIII.)	Erzsébetváros (VII.)	Ganztelep (XVIII.)	Orbánhegy (XII.)
6	József Attila-lakótelep (IX.)	Lipótváros (V.)	Kossuthfalva (XX.)	Remetekertváros (II.)
7	Kaszásdűlő (III.)	Losonci negyed (VIII.)	Lónyaytelep (XVIII.)	Rózsadomb (II.)

8	Rákossalva (XIV.)	Magdolna negyed (VIII.)	Pestújhely (XV.)	Sasad (XI.)
9	Rómaifürdő (III.)	Népszínház negyed (VIII.)	Rákosszentmihály (XVI.)	Szemlőhegy (II.)
10	Szent Lőrinc lakótelep (XVIII.)	Palotanegyed (VIII.)	Régiakadémiatelep (XVII.)	Törökvész (II.)
11	Újpalota (XV.)	Terézváros (VI.)	Sashalom (XVI.)	Vérhalom (II.)
12	–	Újlipótváros (XIII.)	Szemeretelep (XVIII.)	–
13	–	Víziváros (I.és II.)	Wekerletelep (XIX.)	–

1. táblázat

Kutatás során megvizsgált budapesti kerületszűkítések [Forrás: saját szerkesztés]

### 3. Vizsgálati módszertan

Vizsgálati módszertan fejezetben bemutatásra kerül a kutatás során alkalmazott adatgyűjtési módszertan és az elemzéshez felhasznált topológiai mérőszámok.

#### 3.1. Adatgyűjtés

A módszertan fejezet elején a kutatás során felhasznált adatnyerési és adatkezelési módszerek kerülnek bemutatásra. A vizsgálathoz felhasznált utcahálózat-adatok megegyeznek a [www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org) weboldalon elérhető online világtérképpel, amely közösségi szerkesztésű és szabad licenc alatt elérhető. Magyarország utcahálózati adatai a [www.geofabrik.de](http://www.geofabrik.de) weboldalon keresztül került letöltésre (Geofabrik). Az utcahálózat mellett Budapest elemzett kerületszűkítései határai is online adatbázisból kerültek letöltésre ([data2.openstreetmap.org](http://data2.openstreetmap.org)). A letöltött adatok tartalmazzák Budapest kerületszűkítései pontos közigazgatási határait és területeinek nagyságát, amelyek megegyeznek KSH Helységnévtár elérhető adatokkal (KSH). A letöltött adatállományok kezelése és feldolgozása Esri ArcGIS 10.2 térinformatikai szoftver felhasználásával történt.

Az előző bekezdésben említésre került a kiindulási adatok beszerzése. Ezt követően a nyers utcahálózati adatokból került előállításra az elemzésekhez szükséges utcahálózatok megfelelő kialakítása. A közúti csomópontok, mint csomópontok és a csomópontok közötti utcaszakaszok, mint egységes élek kerültek definiálásra. A hálózati modellek eredeti felépítéséből következően ennek érdekében az adatokon számos transzformációt kellett végrehajtani, ami a csomópontok és utcaszakaszok, fentebb jelzett, egyértelmű definiálása során volt szükséges elvégezni. Az adatok pontosítása során egyrészt helyszíni bejárások és műhold felvételek elemzése segítségével került ellenőrzésre a rendelkezésre álló adatok pontossága és a gépjárművel bejárható hálózati elemek. Másrészt, a kutatás során határfeltételként lett figyelembe véve az egyirányúsítás megléte, kerülethatárok körüli pufferezóna és a homogén beépítéssel rendelkező településrészek vizsgálata, amelyek részletesebben a következőket jelentik.

Amennyiben két szomszédos csomópont közötti utca egyirányú, úgy 1, amennyiben kétirányú, úgy 2 él, azaz utcaszakasz került definiálásra. Osztott pályás útszakaszok esetében, irányonként külön kerültek szintén definiálásra az utcaszakaszok, a valóságban előforduló kialakítás pontosabb leképezése érdekében.

A kerületszűkítések határai túlmenően egy 25m-es pufferezónában a kerületszűkítés utcahálózatához csatlakozó utcaszakaszok is figyelembe vételre kerültek, a vizsgált hálózati elemek környezetébe történő betagozódásának figyelembe vétele érdekében. A megvizsgált kerületszűkítések esetében figyelembe vett adminisztratív határai bizonyos esetekben eltértek a felhasznált, a vizsgálat szempontjából fontos, homogén beépítéssel rendelkező kerületszűkítés-határoktól. Egyrészt a Duna folyó által határolt kerületszűkítések esetében a folyó medre nem került figyelembe vételre. Másodrészt pedig, tömbszerű beépítéssel rendelkező lakótelepek és az azokat tartalmazó kerületszűkítések határai a legtöbb esetben nem egyeztek egymással. Ezekben az esetekben nem a teljes kerületszűkítés, hanem a vizsgálatra kiválasztott homogén beépítésű településrész került figyelembe vételre. Ezeknél az eseteknél figyelembe vételre került, hogy a KSH Helységnévtárban a lakosságra és lakásszámba vonatkozó adatok nem érvényesek a csökkentett területre vonatkozóan. Körner Zsuzsa – Nagy Márta könyve (Körner-Nagy, 2007) tartalmazza minden magyarországi lakótelep épített lakásszámát. Közlebbi adatok rendelkezésre nem állása következtében, azzal a feltételezéssel éltem, hogy egy kerületszűkítésben az 1 lakásra eső lakosság állandó. A lakótelepek épített lakásszáma és a kerületszűkítések lakásszámának arányában került megállapításra a kerületszűkítések lakónépessége.

#### 3.2. Vizsgálat során felhasznált topológiai mérőszámok

A letöltött adatok feldolgozását követően rendelkezésre állt az eltérő beépítéssel rendelkező kerületszűkítések utcahálózatainak elemzése a következő vizsgálati mérőszámok mellett. Az eredmények kiértékelése során a kerületszűkítés területe, lakos és lakosságsűrűsége, valamint az 1 lakásra jutó lakosság is elemzésre került. A vizsgált utcahálózati mérőszámok a következők voltak:

Utcacsalakozat-sűrűség megadja az utcaszakaszok összesített hosszának és a városrész területének az arányát.

Utcacsalakozat-sűrűség az utcaszakaszok számának és a vizsgált terület nagyságának arányát írja le.

Csomópontsűrűség megadja a vizsgált területen lévő csomópontok számának és a vizsgálat terület nagyságának arányát.



Kapcsolati index megadja az azonos városrészhez tartozó utcaszakaszok és csomópontok számának az arányát. A kapcsolati index segítségével egyszerre válik vizsgálhatóvá a 3 és 4 ágú közúti csomópontok, valamint az egyirányú szakaszok aránya a zsákutcák mellett.

Alaktani index megadja a vizsgált városrész köré írt kör területének és a városrész területének az arányát. A négyzet alaktani értéke megegyezik 0.637-tel. Amennyiben az alaktani index ennél kisebb értéket vesz fel, úgy a terület téglalap alakú, amennyiben pedig nagyobbat vesz fel, úgy jellemzően sokszög alakúak.

Egyirányú utcák aránya. A vizsgálat során a közúti csomópontok közötti utcaszakaszok közlekedési irányonként kerültek figyelembe vételre, ugyanakkor a közúti utcahálózatot alkotó utcák forgalomszabályzás szempontjából lehetnek egyirányúak és kétirányúak. Az egyirányúsítás meglétének vizsgálata során a két szomszédos közúti csomópontot összekötő szakaszra, mely lehet egyirányú vagy kétirányú, az utca elnevezés került alkalmazásra annak érdekében, hogy a többi vizsgálati esetében figyelembe vett egyirányú utcaszakasztól terminológiaiailag megkülönböztetésre kerüljön.

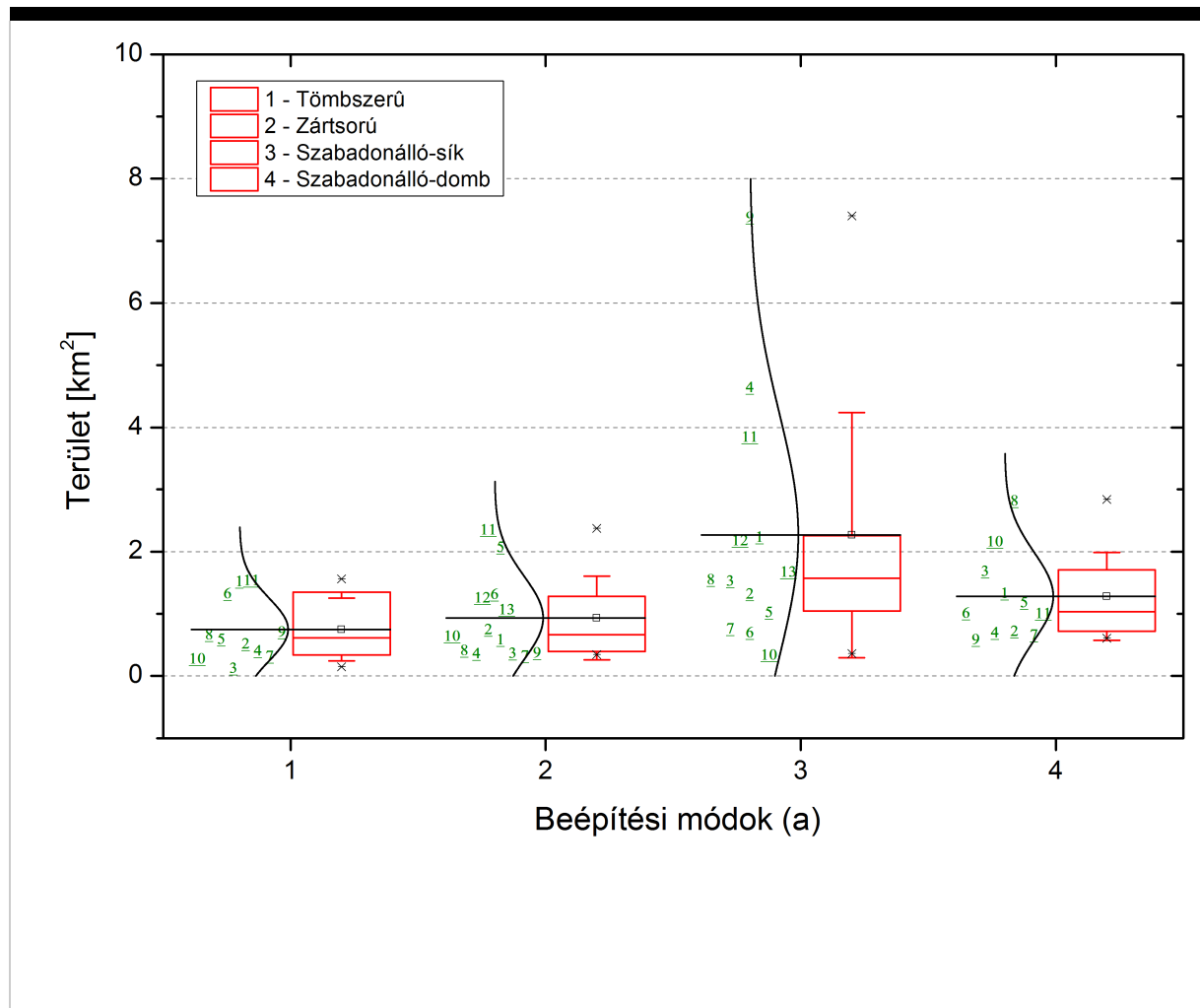
A topológiai jellemzők vizsgálatát követően az elemzett kerületek utcaszakaszainak hossza relatív gyakorisági eloszlás és relatív kumulatív gyakorisági eloszlás alapján megvizsgálásra került.

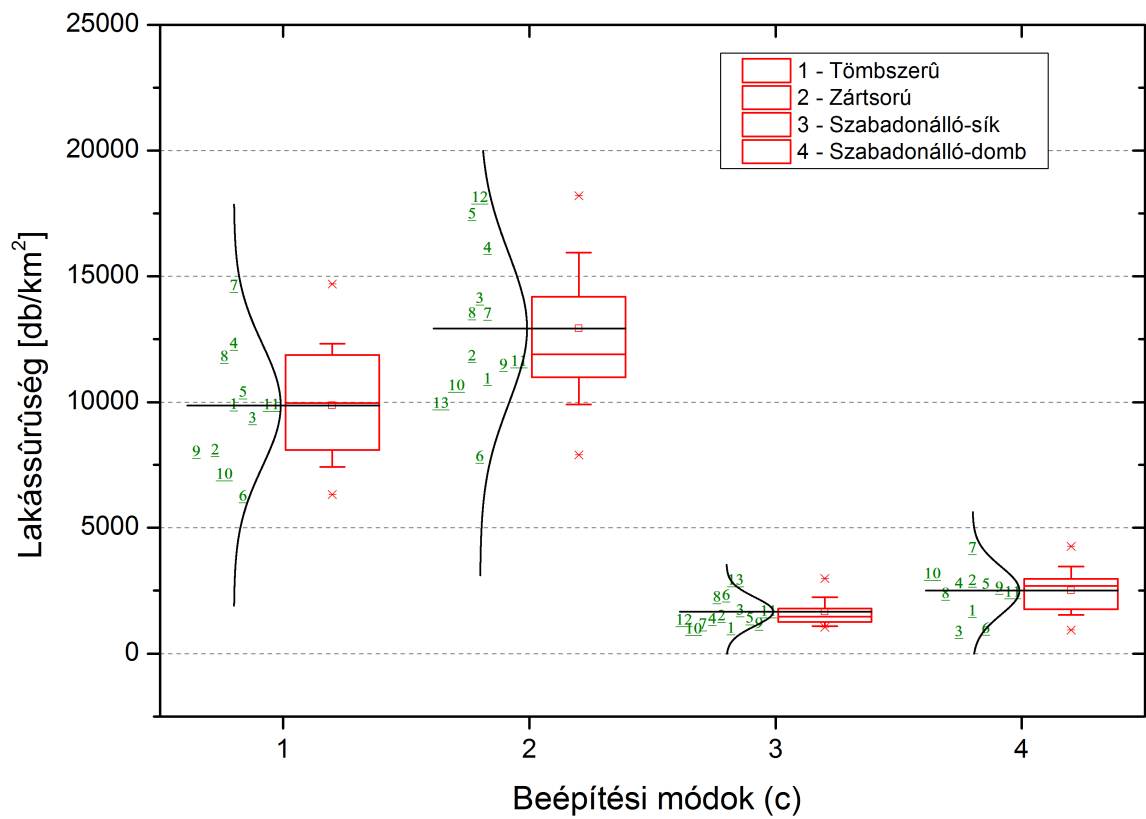
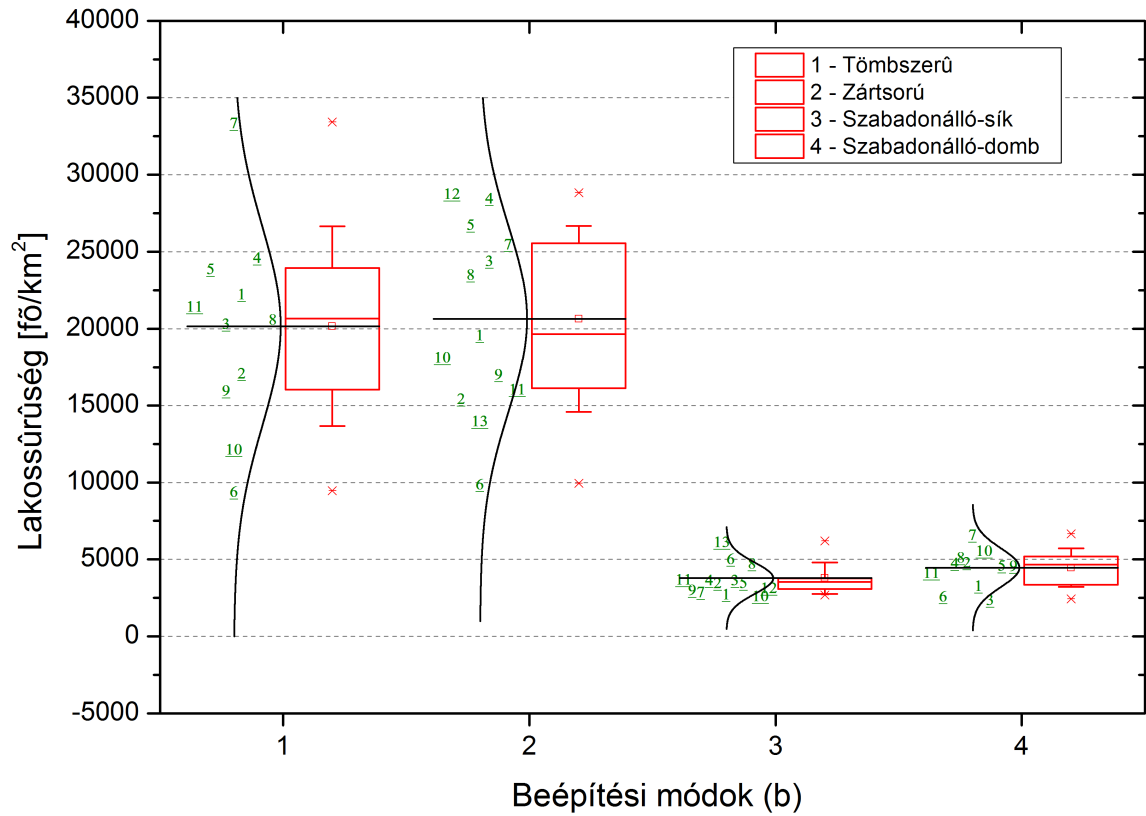
## 4. Eredmények és következtetések

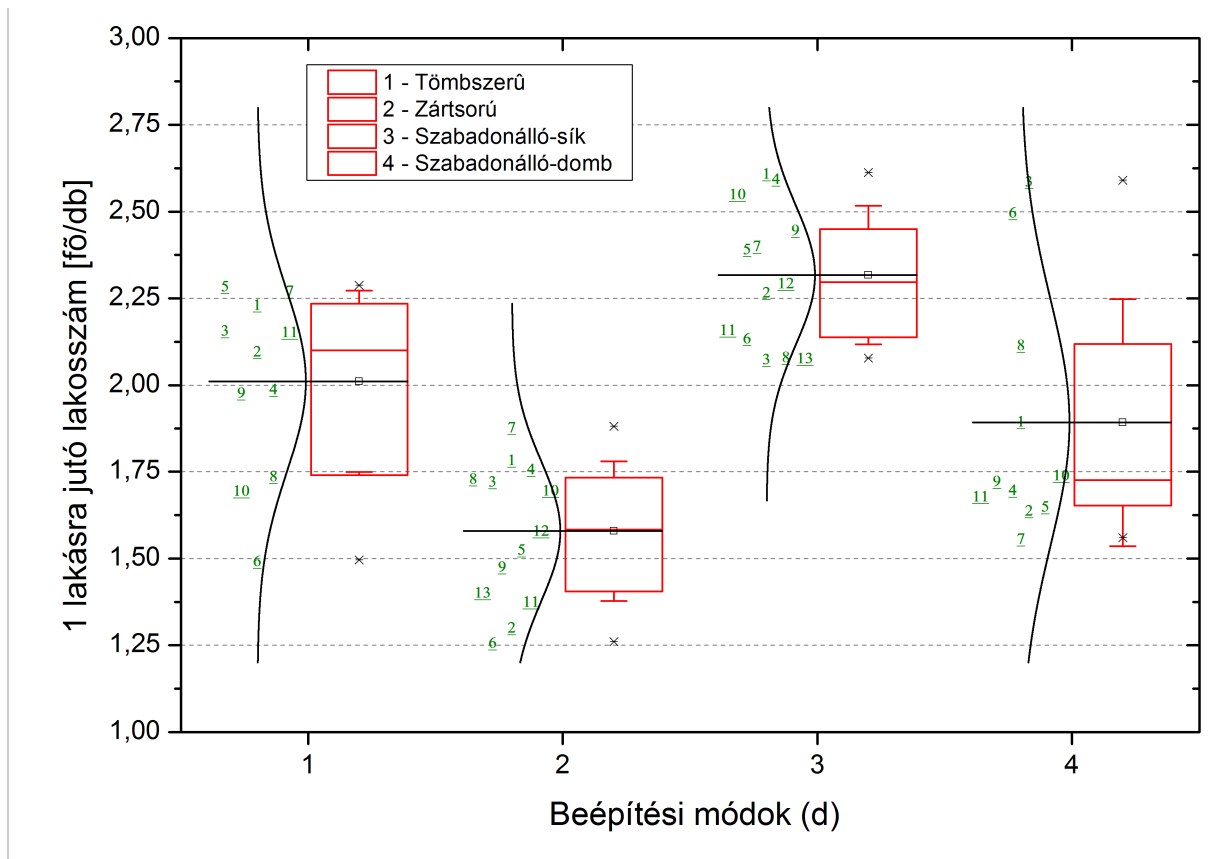
A következő fejezet a vizsgálat során kapott eredményeket és a belőlük levont következtetéseket tartalmazza. Az eredmények ábrázolása boxplot diagram, más néven doboz diagramm felhasználásával került megjelenítésre. A 3. ábra és a 4. ábra által tartalmazott boxplot diagrammok mellett megjelenítésre kerülnek a vizsgált kerületekhez tartozó értékek az 1. táblázatban lévő sorszámaik alapján és a hozzájuk tartozó feltételezett normál eloszlás fekete vonalként. A boxplot részei a következők. A piros színű doboz alja és teteje megjeleníti az első és harmadik kvartilist (Q1 és Q3). A doboz belsejében lévő piros vonal a második kvartilist a mediánt jeleníti meg (Q2). A doboz két végén lévő bajusz a szórás (SD) jeleníti meg. A feketével ábrázolt horizontális vonal az átlagot, míg szórásértékektől távolabb elhelyezkedő fekete X-ek a 1% és 99%-os értéket jeleníti meg. Az eredmények kiértékelése során a relatív szórás figyelembe vételre került. Relatív szórás a minta szórását a minta számtani átlagához viszonyítja.

### 4.1. Vizsgált területek általános jellemzése

Eltérő beépítési módok utcahálózatának elemzése mellett a néhány szóban fontosnak érződik, hogy a területnagyságok, népsűrűség, lakássűrűség és az 1 lakásra jutó lakosság megemlítésre kerüljön. Az eredményeket az 3. ábra tartalmazza.







3. ábra

Vizsgált kerületrészek területének (a), népsűrűségének (b), lakássűrűségének (c) és az 1 lakásra jutó lakosok számának (d) értékei és statisztikai eloszlása

#### 4.1.1. Terület

A vizsgált területek nagyságát az 3. ábra (a) része tartalmazza. Vizsgált kerületrészek csoportosítása alapján megállapítható, hogy a vizsgálatra kijelölt telepszerű és zárt sorú beépítéssel rendelkező területek mediánja közel azonos, 0,65 körüli érték. A számtani átlagot figyelembe véve már jelentősebb az eltérés, 0,75 és 0,94. Kerületrészek nagysága szerint haladva ezt követi a szabadonálló-dombvidéki beépítés és átlagosan a legnagyobb területű beépítési mód a szabadonálló-sík beépítés. A vizsgált területek relatív szórása minden esetben 0,5 fölötti érték. Szabadonálló-sík beépítés esetében három vizsgált városrész mérete (Rákosszentmihály (XVI.) 7,405 km<sup>2</sup>; Csepel-Királyerdő (XXI.) 4,249 km<sup>2</sup>; Sashalom (XVI.) 3,867 km<sup>2</sup>) jelentősen nagyobb a többi esethez hasonlóan. A számtani átlag és a medián közötti különbség és a relatív szórás nagy értéke ennek a következménye.

#### 4.1.2. Lakossűrűség

A vizsgált területek népsűrűségét az 3. ábra (b) része tartalmazza. Lakossűrűséget figyelembe véve a telepszerű beépítéssel és zárt sorú beépítéssel rendelkező kerületrészek az átlag értékeket tekintve (számtani átlag, medián) közel azonos lakossűrűség értékkel rendelkeznek. A két szabadonálló beépítési módokhoz alacsonyabb népsűrűség társul, közel azonos értékben. Megjegyzendő, hogy a relatív szórás mértéke közel azonos és 0,3 körüli értéket vesz fel az összes esetben. A lakosság adatokat vizsgálva az eredmények azt szemléltetik, hogy Budapest telepszerű, illetve zárt sorú beépítéssel rendelkező városrészeiben jelentősen többen laknak, mint a kiválasztott szabadonálló beépítéssel rendelkező településrészek esetében. A beépítési típusok közötti különbség a lakássűrűség vizsgálata során is megmutatkozik.

#### 4.1.3. Lakássűrűség

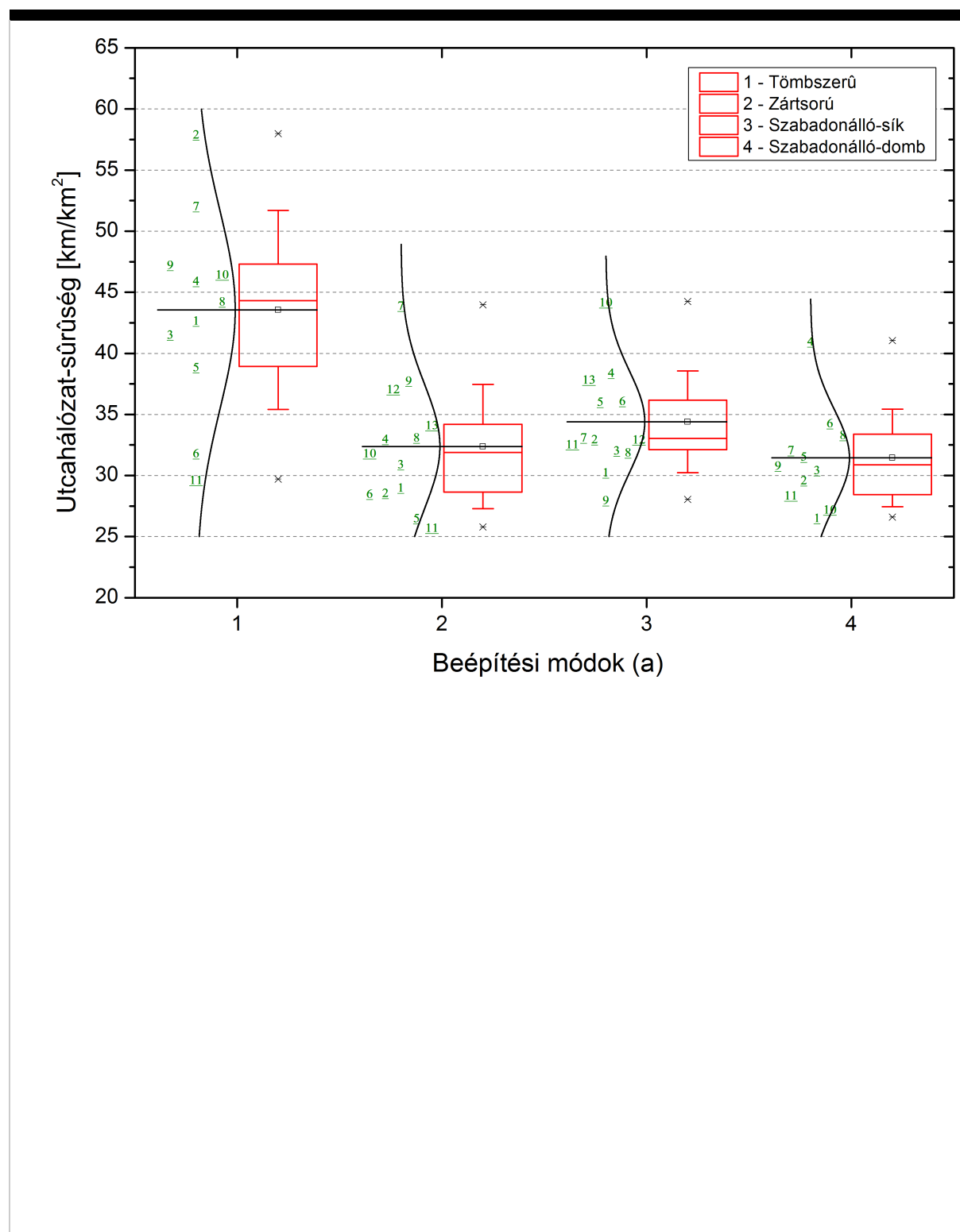
A vizsgált területek lakássűrűségét az 3. ábra (c) része tartalmazza. A legnagyobb lakássűrűséghez a zárt sorú beépítés tartozik, melyet a telepszerű beépítés mód követ. Az átlagértékeket tekintve két beépítési mód között körülbelül 3000 lakás/km<sup>2</sup> a különbség. A szabadonálló területeken jelentősen kisebb a lakássűrűség. Szabadonálló-síkbeépítés esetén 2000 lakás/km<sup>2</sup>-nél kisebb érték adódik, míg dombvidék esetében 2500 lakás/km<sup>2</sup> körüli értékkel rendelkeznek átlagosan. A relatív szórást figyelembe véve a vizsgált településrészek között fordított a helyzet. Szabadonálló beépítések esetében jelentősen nagyobb a relatív szórás értéke, mint telepszerű vagy zárt sorú beépítés esetén. A beépítési módok területhasználatának intenzitásában rejlő különbségek a lakossűrűségi és lakássűrűségi adatokból megfelelően reprezentálhatóak.

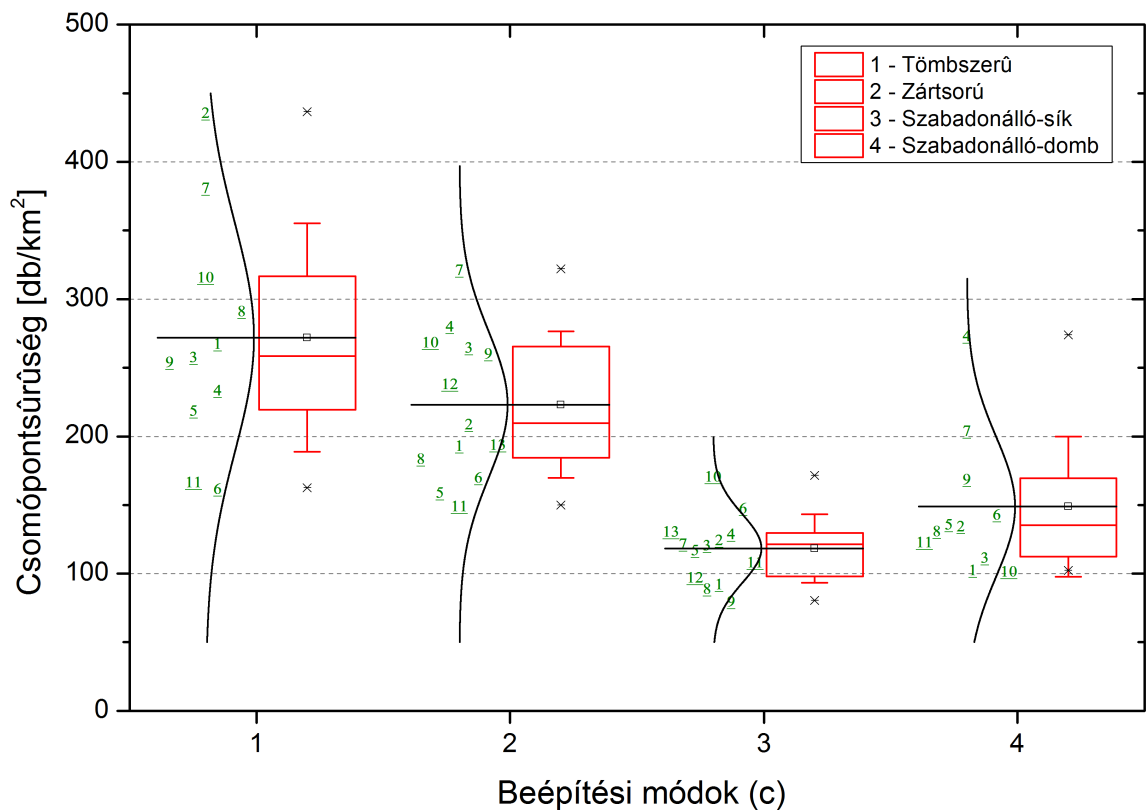
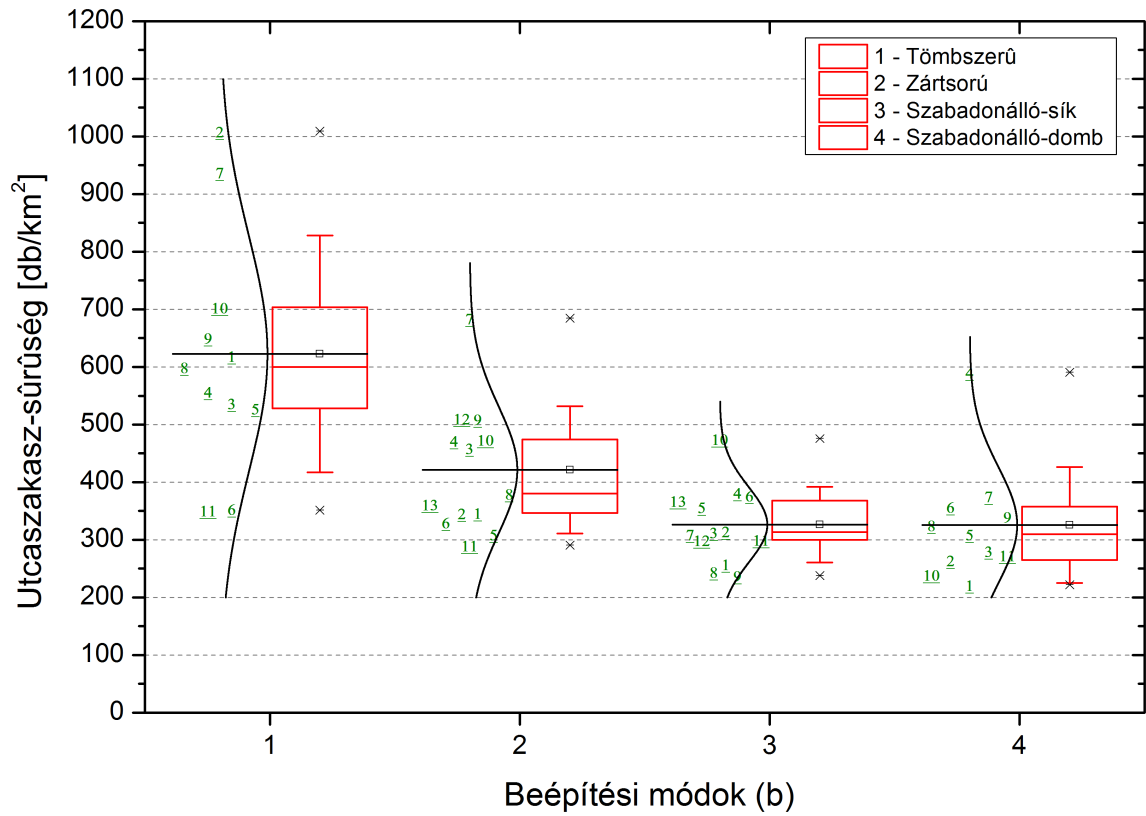
#### 4.1.4. Lakásra jutó lakósszám

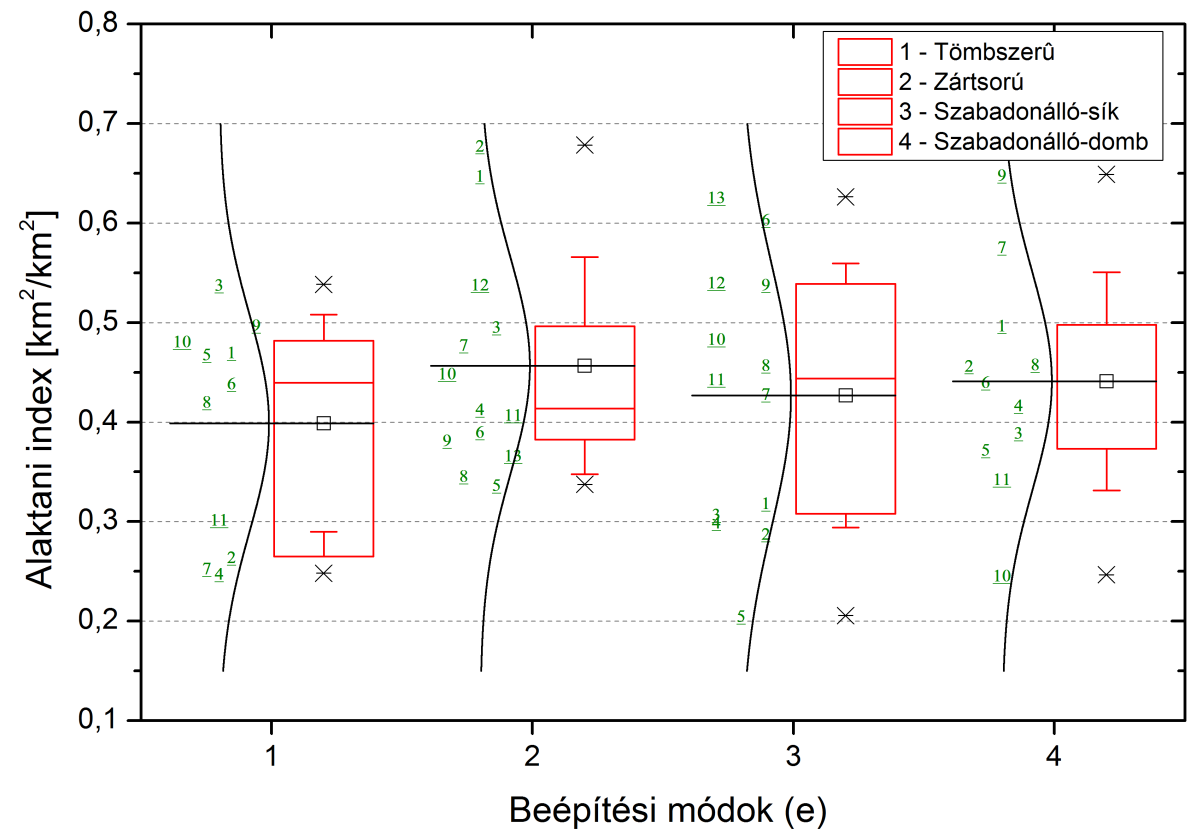
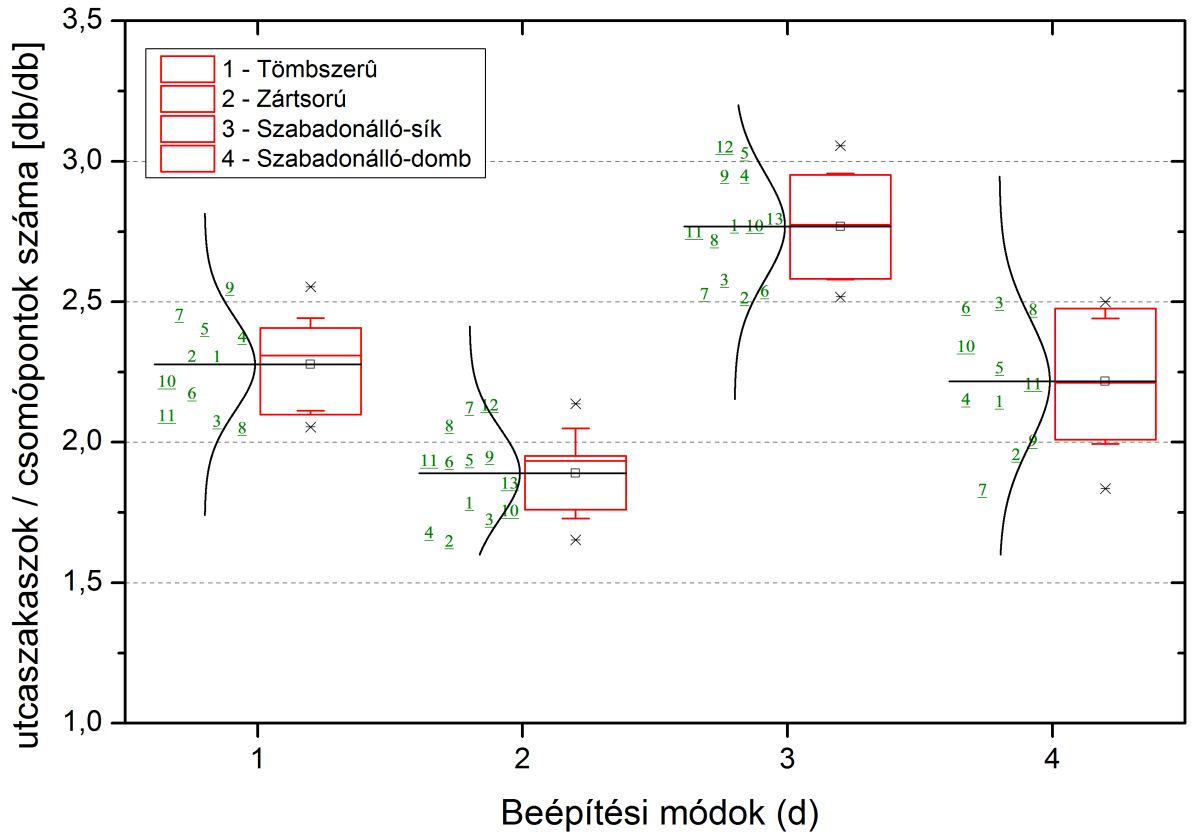
A vizsgálat tárgyát képező területeken az 1 lakásra jutó lakósszámot az 3. ábra (d) része tartalmazza. Az eredmények átlagos értékei azt mutatják, hogy a szabadonálló beépítéssel rendelkező síkvidéki, pesti, kerületrészek rendelkeznek a legmagasabb értékkel. Ezt követi a tömbyszerű beépítéssel rendelkező lakótelepek, illetve a szabadonálló beépítéssel rendelkező dombvidéki, budai, kerületrészek. A zárt sorú beépítéssel rendelkező belvárosi kerületrészekhez tartozik a legalacsonyabb 1 lakásra jutó lakósszám. Az eredmények azt mutatják, hogy Budapest kertvárosi, családi házas övezetében laknak legtöbbször 1 lakóegységre vonatkoztatva, miközben ezen területek népsűrűsége jelentősen elmarad a lakótelepek és belvárosi kerületrészek népsűrűségétől.

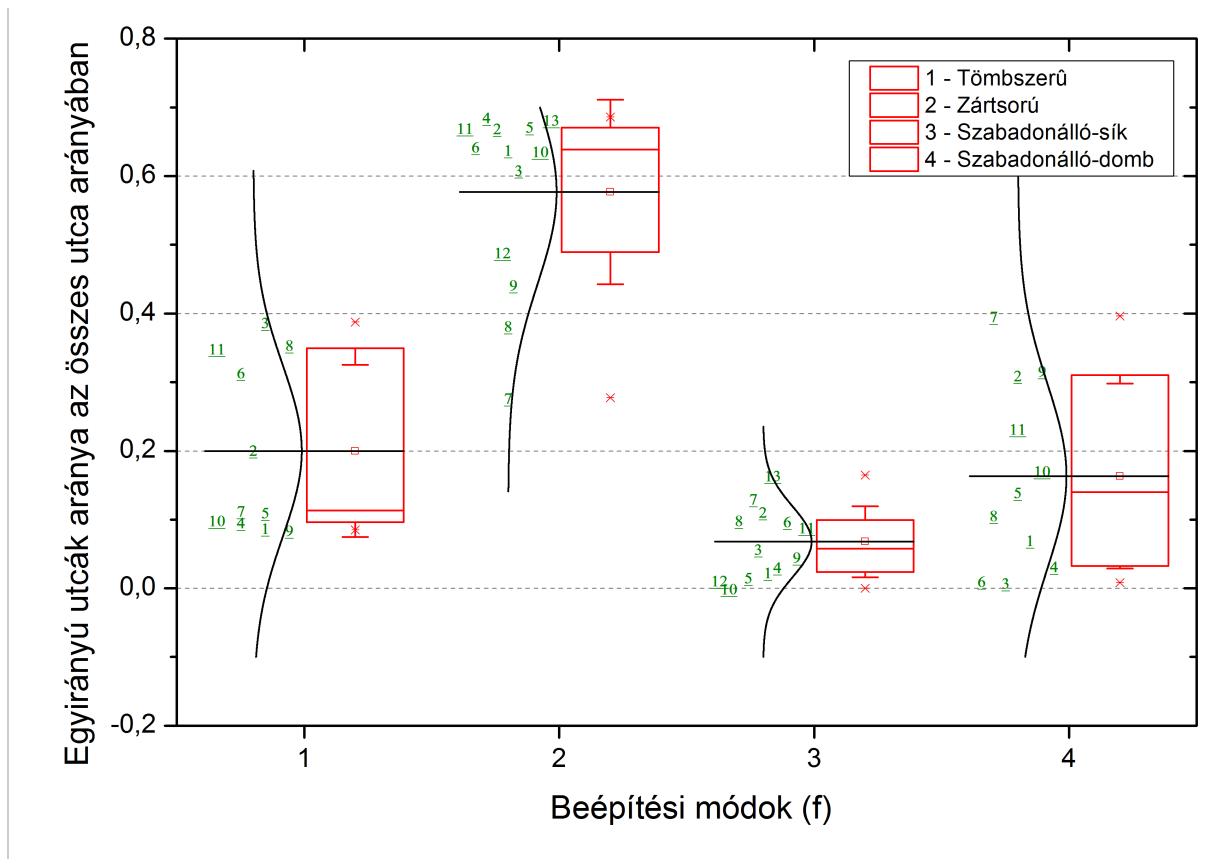
#### 4.2. Vizsgált utcahálózati paraméterek eredményei

Településrészek utcahálózatának topológiai vizsgálatának eredményeit a következőkben kerülnek bemutatásra. A 4. ábra tartalmazza a vizsgálat során kapott eredményeket, melyet követően kerülnek részletezésre a topológiai vizsgálatok eredményei.









4. ábra

Vizsgált kerületek utcahálózat-sűrűségének (a), utcaszakasz-sűrűségének (b), csomópontsűrűségének (c), kapcsolati indexének (d), alaktani indexének (e) és az egyirányú utcák arányának (f) statisztikai eloszlása

#### 4.2.1. Utcahálózat-sűrűség

Az elemzett kerületekhez tartozó utcahálózat-sűrűség értékek eredményeit a 4. ábra (a) tartalmazza. A telepszerű beépítés esetében mérhető az adatok közötti legnagyobb eltérés a beépítési módok között. A jelentős eltérést az magyarázza, hogy a különböző időpontban épült lakótelepeken az épített házak elhelyezése módja és az azokat feltáró lakóutca rendszere (pl.: sávós, utcás, bokros, teres) eltérő. Ennél a beépítési módhoz tartozó eredmények átlagos értéke és mediánja 44 km/km<sup>2</sup> körüli értékeket vesz fel, és a legsűrűbb az utcahálózat. A másik három esetben a medián és átlag értékek 30-33 km/km<sup>2</sup> közötti, és a szórásuk is közel azonos. A szabadonálló-sík beépítéshez tartozó értékek nagyobbak, mint zárt sorú és szabadonálló-dombvidéki esetben, a hozzá tartozó relatív szórás pedig a legalacsonyabb. Az egymáshoz közeli szoros eredményeket az magyarázza, hogy a vizsgált területeken a saktábla alapú, tervezett négyzetrácsos utcahálózat található kétirányú utcaszakaszokkal.

#### 4.2.2. Utcaszakasz-sűrűség

Az elemzett kerületekhez tartozó utcaszakasz-sűrűség értékek eredményeit a 4. ábra (b) tartalmaz. A beépítési módok közötti eredmények egymás közötti eloszlása hasonlít az utcahálózat-sűrűség vizsgálata során kapott eredményekhez. Telepszerű beépítési módhoz tartoznak a legmagasabb átlag értékek (számtani átlag, medián), a legnagyobb szórás és relatív szórás. Másik három vizsgált beépítési módhoz közel azonos értékek tartoznak. A zárt sorú beépítéssel rendelkező kerületek átlagos értékei 100db/km<sup>2</sup>-tel magasabbak, mint szabadonálló beépítésekhez tartozó értékek, amelyek egymáshoz képest közel azonosak. Az eredmények azt mutatják, hogy telepszerű beépítések esetében az utcahálózat az adott területhez viszonyítva mind az utcaszakaszok számában, mind pedig az utcaszakaszok hosszában jelentősen nagyobb, a többi beépítési módhoz viszonyítva, az utcahálózat jobban feltárja a lakóterületeket a sűrű utcahálózatnak köszönhetően. Ennek oka, hogy a lakóutak a lakóépületeket több oldalról is megközelítik és külön szervízutak mentén elhelyezkedő parkolóhelyek biztosítják a személygépjárművek közterületi elhelyezését. A többi vizsgált esetben a kerületek lefedő utcahálózatok nagyobb tömböket határolnak le.

#### 4.2.3. Csomópontsűrűség

Az elemzett kerületekhez tartozó csomópontsűrűség értékek eredményeit a 4. ábra (c) tartalmazza. Csomópontsűrűség tekintetében az eredmények jobban eltérnek az eddig bemutatásra került tényezőktől. A legmagasabb átlag értékek, szórás és relatív szórás értékek a telepszerű beépítéshez tartoznak. A szórás magas mértéke jól szemlélteti a Magyarországon az 1960-as és '90 -es évek között nagyszámban épült lakótelepek eltérő utcahálózati felépítését. A zárt sorú beépítéshez tartozó

csomópontsűrűség értékek megközelítik telepszerű beépítéshez tartozó eredményeket és azoknál kisebb szórással és relatív szórással rendelkeznek. Az utcaszakasz-adatok és a csomópontokadatok közötti különbséget az magyarázza, hogy zárt sorú beépítéssel rendelkező belvárosi utcahálózat esetében nagyon gyakori az utcák egyirányúsítása, mint forgalomszabályzási eszköz alkalmazása, lsd. egyirányúsítás meglétének vizsgálata. Szabadonálló-dombvidéki beépítéssel rendelkező területek átlagos értékei magasabbak, mint a szabadonálló-síkvidék esetében. A különbség oka, hogy sík területeken a domborzati viszonyok az utcahálózatok kialakítására nincs jelentős hatással, addig a dombvidéki területeken megjelenő relatív szintkülönbségek a közlekedési folyosókra elhelyezkedésére, így a csomópontok meglétére is jelentékeny hatást gyakorolnak. A csomópontsűrűséget, utcahossz-sűrűséget és utcaszakasz-sűrűséget a szabadonálló szabadonálló-síkvidéki beépítési mód esetén elmondható, hogy az eredmények a legkisebb szórással rendelkeznek, azaz a főváros különböző részein található vizsgált kerületrészek utcahálózatai közel azonosak. E utcahálózatok tervezettek, derékszögű-hálós alaprajzúak vagy más néven saktábla-alaprajzú kialakítással rendelkeznek és az utcák forgalmi egyirányúsítása csak kis mértékben jelentkezik.

#### 4.2.4. Kapcsolati index

A vizsgált beépítési módok utcahálózatai között megjelenő legmarkánsabb különbségét a kapcsolati index segítségével jeleníthetők meg. Kutatás során az utcák forgalmi egyirányúsítása figyelembe vételre került, azaz jelentős számú egyirányú utcával rendelkező utcahálózatok kapcsolati index mérőszáma alacsonyabb, mint ahol az egyirányúsítás található meg. Vizsgálat eredményeit 4. ábra (d) szemlélteti. Zárt sorú beépítéssel rendelkező belvárosi területeken a kapcsolati index nagysága az átlagos értékeket tekintve a legalacsonyabb a vizsgált esetek közül. Összehasonlítva az utcahálózat-sűrűséget, utcaszakasz-sűrűséget és a csomóponti sűrűséget látszódik, hogy a zárt sorú beépítéssel rendelkező belvárosi településrészek gyakran alkalmazott forgalomcsillapítási és forgalomirányítási eszközrendszer az utcahálózat egyirányúsítása. Az egyirányúsítás ezen beépítési mód mellett forgalombiztonsági megfontolások mellett azért is szokás alkalmazni, mert a szűkebb belvárosi utcákban nem áll rendelkezésre megfelelő keresztmetszeti szélesség, amely az összes közlekedési igényt egyszerre ki tudná elégíteni (kétirányú közlekedés, parkolási, gyalogos és kerékpáros közlekedési igények). Főváros ezen területein a XIX. sz. végén XX. sz. elején épül bérházak esetében az ingatlanon belüli parkolás nem megoldott, ezért a városrészeket feltáró utcahálózaton erőteljesen jelentkezik a parkolási igény. A kapcsolati index a szabadonálló beépítéssel rendelkező sík vidéki településrészek esetében a legmagasabb. Ezt a kétirányú közlekedésre alkalmas utcaszakaszok összes utcaszakaszhoz képesti magas aránya, valamint a derékszögű-hálós alaprajzú utcahálózat biztosítja. A telepszerű beépítés és szabadonálló beépítés dombvidéken esetében hasonló eredmények adódnak. E hasonlóságra adhat okot egyrészt, hogy mindkét beépítési típus esetében gyakran fordulnak elő a szabályos, a saktábla kialakítástól eltérő szabálytalan utcahálózat, melynek köszönhetően gyakran előfordulnak háromágú T csomópontok (Hegyi, 2015), valamint hurok utcák és zsákutcák. Ameddig dombvidéki utcahálózat esetében ezek a meglévő domborzati kényszerekből adódnak, addig telepszerű beépítés esetében tervezői tudatosság eredményei.

#### 4.2.5. Alaktani index

Az alaktani vizsgálat arra kereste a választ a kutatás során, hogy a kerületrészek alakja beépítési módtól függően szignifikánsan hasonlóak-e egymáshoz. Az eredményeket a 4. ábra (e) része tartalmazza. Az eredmények alapján megállapítható, hogy nincs összefüggés a kerületrészek alakja és a beépítési módok között. Minden esetben az alaktani index értéke 0,40 és 0,46 közötti értéket vesz fel közel azonos 0,12 körüli szórással. Az eredmények ugyanakkor azt jelentik, hogy beépítési módtól és elhelyezkedéstől függetlenül a településrészek alakja közel azonos módon eltérőek és a településrészek alakjának átlagos értéke beépítési módtól függetlenül azonos.

#### 4.2.6. Utca egyirányúsításának megléte

A vizsgálat során a közúti csomópontok közötti utcaszakaszok a gépjárművek által használható közlekedési irányonként kerültek megvizsgálásra, ugyanakkor a közúti utcahálózatokat alkotó utcák forgalomszabályzás szempontjából lehetnek egyirányúak vagy kétirányúak. Az egyirányúsítás meglétének vizsgálata során a két szomszédos közúti csomópontot összekötő szakaszra, az utca elnevezés került alkalmazásra annak érdekében, hogy a többi vizsgálati esetben figyelembe vett egyirányú utcaszakasztól terminológiai megkülönböztetésre kerüljön. Az eredményeket a 4. ábra (f) része tartalmazza. Az eredmények alapján kimutatható, hogy zárt sorú beépítés esetén jelentősen gyakrabban kerül alkalmazásra az egyirányúsítás, mint a másik három megvizsgált beépítési mód esetében. Az eredményeket tovább erősíti, hogy a relatív szórás is ezen területek esetében a legalacsonyabb, viszont az eredmények két részre oszthatók. A 0,65 körüli értékkel számos kerületrész rendelkezik, ellenben néhány kerületrész esetében ennél az értéknél jelentősen alacsonyabb az alkalmazott egyirányúsítás értéke, különös tekintettel Losonczy negyedre (7) vonatkozóan. Ez a különbség megjelenik a telepszerű beépítés esetében is, a lakótelepek egyik csoportjához 0,1 körüli egyirányúsítás tartozik, mag a másik csoportjához 0,35 körüli érték, a két érték között középen szerepel Csepel-Belváros (2). Szabadonálló-síkvidéki beépítés esetében az utcák egyirányúsítására ritka, 100 utcából kevesebb, mint 7 utca egyirányú és az eredményekhez tartozik a legkisebb mértékű szórás. Az egyirányúsítás, mint forgalomszabályzó eszközrendszer alkalmazása nem jellemző a szabadonálló beépítéssel rendelkező (kertvárosias) területeken. Szabadonálló dombvidéki beépítés esetén az eredmények jelentősen eltérnek egymástól 0,13 körüli szórás mellett a relatív szórás mértéke 0,825 értéket vesz fel.



### 4.3. Eredmények statisztikai elemzése

A megvizsgált beépítési módokhoz tartozó utcahálózatok topológiai elemzése alapján az előző fejezetben bemutatottak alapján különbségek figyelhetők meg. Matematikai statisztikai hipotézisvizsgálattal került ellenőrzésre a beépítési módok utcahálózataiban lévő különbségek. Első lépésben normalitás vizsgálattal megállapításra került, hogy az utcahálózati eredmények nem követnek normális eloszlást, azaz nemparaméteres próbát volt szükséges alkalmazni az eredmények összehasonlítása során. A szignifikancia vizsgálathoz kétmintás Mann-Whitney próbát (más néven Wilcoxon-teszt) került alkalmazásra annak eldöntésére, hogy a két független minta azonos eloszlást követ-e.

A vizsgálat során összehasonlításra került az eltérő beépítési módhoz tartozó értékeket egymással utcahálózat-sűrűség, utcaszakasz-sűrűség, csomópontsűrűség, kapcsolati index, alaktani index és egyirányúsítás vizsgálata esetén. A hipotézisvizsgálat során nullhipotézissel az volt, hogy az adatok ugyanazon populációból származnak. A hipotézisvizsgálatot kétoldali próbával és 95%-os szignifikancia szint mellett került elemzésre és az eredményeket a 2. táblázat tartalmazza.

UH-S	1	2	3	4	USz-S	1	2	3	4	CsS	1	2	3	4
1	–	0,0021	0,0091	0,0016	1	–	0,0045	4,09E-04	8,11E-04	1	–	0,2025	6,40E-05	0,0013
2	–	–	0,2592	0,7281	2	–	–	0,0313	0,0150	2	–	–	3,27E-05	0,0026
3	–	–	–	0,0725	3	–	–	–	0,6430	3	–	–	–	0,0725
4	–	–	–	–	4	–	–	–	–	4	–	–	–	–
KI	1	2	3	4	AI	1	2	3	4	EGY	1	2	3	4
1	–	2,09E-04	8,16E-05	0,5994	1	–	0,49	0,49	0,79	1	–	1,31E-04	0,0077	0,4701
2	–	–	1,65E-05	9,59E-04	2	–	–	0,64	1,00	2	–	–	1,65E-05	1,04E-04
3	–	–	–	3,90E-05	3	–	–	–	0,86	3	–	–	–	0,0929
4	–	–	–	–	4	–	–	–	–	4	–	–	–	–

2. táblázat

Statisztikai függetlenségvizsgálat 95%-os szignifikancia mellett. UH-S: utcahálózat-sűrűség, SSz-S: utcaszakasz-sűrűség, CsC: csomópontsűrűség, KI: kapcsolati index, AI: alaktani index, EGY: egyirányúsítás. Zöld: szignifikáns különbség, piros: nem szignifikáns különbség. 1 – telepszerű beépítés, 2 – zártosú beépítés, 3 – szabadonálló-sík beépítés, 4 – szabadonálló-domb beépítés [Forrás: saját szerkesztés]

A szignifikancia vizsgálat alapján megállapítható, hogy az eltérő beépítési módokhoz a vizsgált utcahálózati paraméterek alapján eltérnek egymástól. A statisztikai próbák során kapott eredmények néhány esetben vizuálisan nem jelentkeznek egyértelműen, amint azok a 4. ábra láthatók, ami az alacsony esetszámnak és a nemparaméteres vizsgálat gyengeségének következménye. Az alábbiakban az eredmények elemzése, a vizsgált beépítési módok függetlenségének bemutatása következik. A nemparaméteres függetlenség vizsgálat során a számtani átlag és a szórás nincs figyelembe véve, a vizuális megfigyelés során az első, második és harmadik kvartilis mellett ezek is figyelembe lettek véve.

Telepszerű beépítés a következő esetekben különbözik a többi beépítéstől. Utcahálózat- és utcaszakasz-sűrűség esetében szignifikánsan, amely különbségek vizuálisan is egyértelműen megjelennek. Zártosú beépítés esetében a statisztikai vizsgálat alapján utcaszakasz-sűrűség, kapcsolati index és egyirányúsítás esetében is külön-külön szignifikánsan eltér a többi beépítési módtól. Megjegyzendő ugyanakkor, hogy az eltérés vizuálisan kapcsolati index és egyirányú utcák esetében jellemezhető, ugyanakkor az eltérés utcaszakasz-sűrűség tekintetében nem jelenik meg egyértelműen. Szabadonálló síkvidéki beépítés a statisztikai próba alapján kapcsolati index alapján különbözik a többi beépítési módtól. A többi esetben az eredmények közel találhatóak a szabadonálló dombvidéki beépítéshez. Vizuális megfigyelés alapján az eredmények szabadonálló dombvidéki beépítési esethez tartozó értékhez nagyon közeli értékeket vesznek fel. Szabadonálló dombvidéki beépítés a statisztikai vizsgálat alapján önmagában egyik vizsgált utcahálózati paraméter alapján sem különböztethető meg a többi beépítési módtól. Mindezek mellett a kapcsolati index (zártosútól és szabadonálló-sík beépítéstől megkülönböztetés) és az utcahálózat-sűrűség vagy utcaszakasz sűrűség (telepszerű beépítéstől való megkülönböztetés) együttes vizsgálata alapján az eltérés megállapítható.

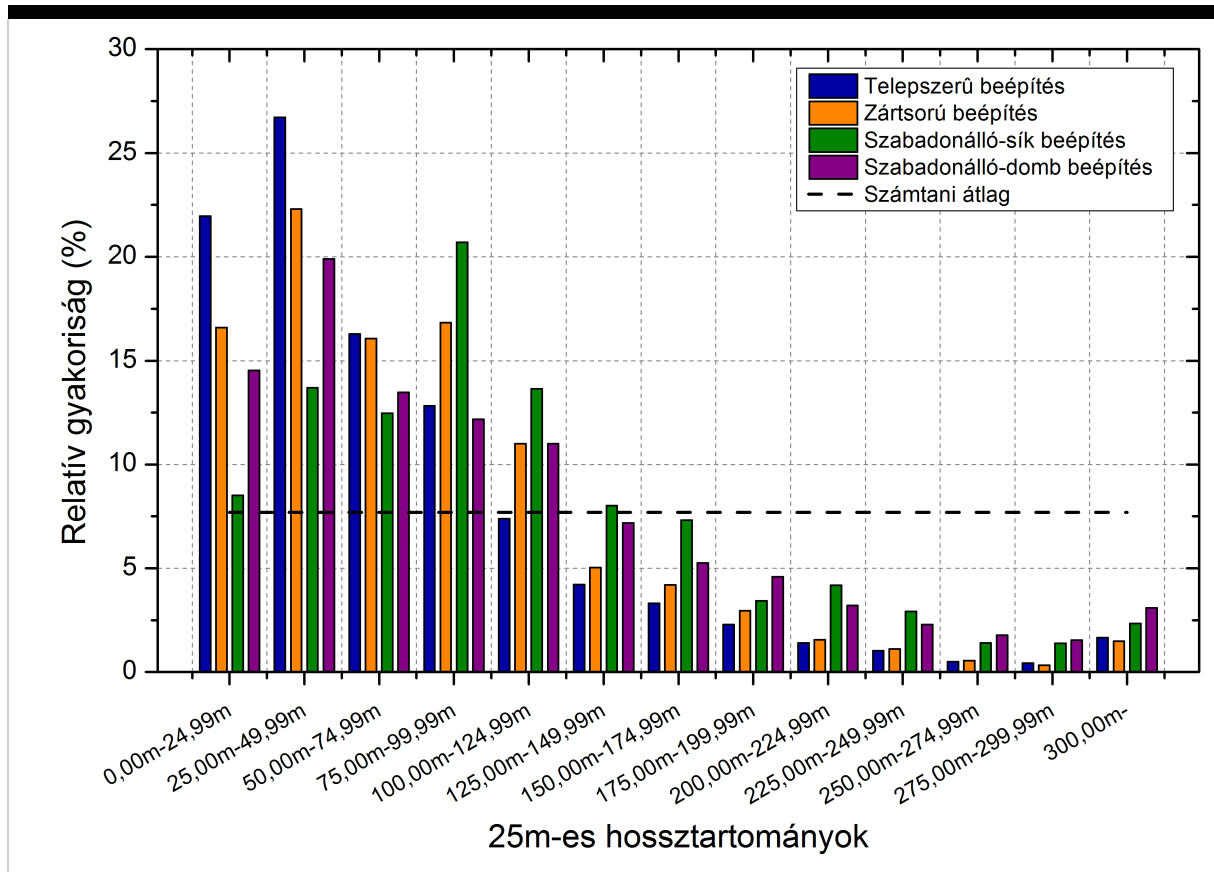
A vizsgálat során csak budapesti adatok kerültek elemzésre, Budapesthez hasonló történelmi fejlődéssel rendelkező településeken az eredmények megfeleltethetők.

### 4.4. Utcaszakaszok hosszának vizsgálata

A vizsgálat második felében a közúti járművek által járható utcaszakaszok hossz szerinti eloszlása került elemzésre. A vizsgálat arra kereste a választ, hogy az eltérő beépítési móddal rendelkező településrészekben az utcaszakaszok hosszának

eloszlása milyen mértékben hasonlít egymásra.

Az utcahálózatok egyértelmű összehasonlíthatósága végett, a vizsgálat során az utcaszakaszok a hosszuk alapján 13 vizsgálati tartományba kerültek összevonásra és a csoportokba tartozó elemszámok relatív gyakorisági eloszlása és a relatív kumulált gyakorisági eloszlása került elemzésre. A relatív gyakorisági eloszlás az egyes tartományokba tartozó gyakoriságokat az összes megfigyeléshez viszonyított százalékos értékeként fejezi ki. Míg a relatív kumulatív gyakorisági eloszlás az adott intervallum felső határértékénél kisebb értékek gyakoriságát mutatja be az összes megfigyeléshez viszonyított százalékaként. Az alkalmazott vizsgálati intervallumok nagysága 25 m (0,00m-24,99m; 25,00m-49,99m; 50,00m-74,99m; stb...). A 300m és az annál hosszabb szakaszok közös intervallumba kerültek összevonásra. Utcaszakaszok relatív eloszlását az 5. ábra tartalmazza.

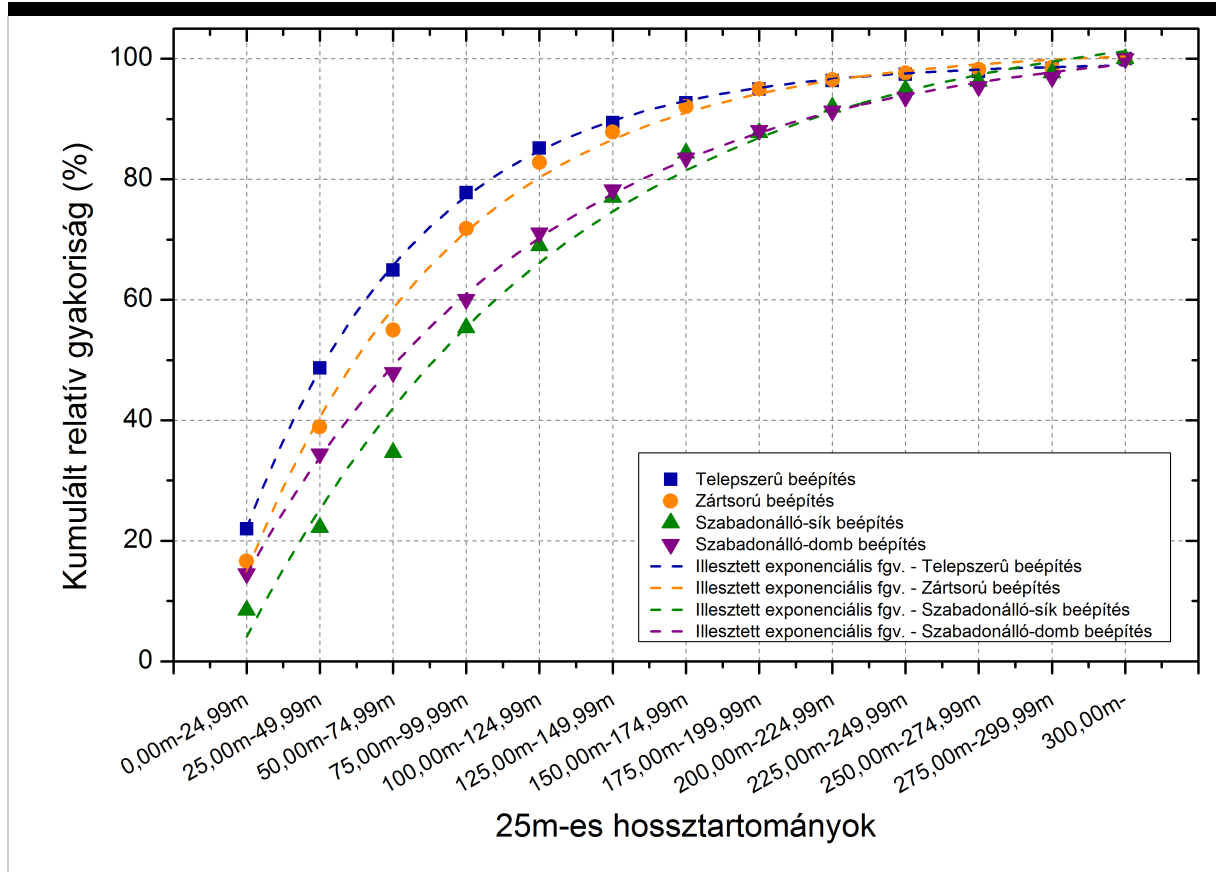


5. ábra

Utcaszakaszok hosszának relatív gyakorisági eloszlása

A beépítési módokhoz tartozó utcaszakaszok hossza a korábban vizsgált utcahálózatok között különbségeket jól reprezentálja. Beépítési módonként eltérő gyakorisággal rendelkeznek a vizsgálati osztályokba tartozó eredmények alapján, ugyanakkor azonosságok is megjelennek azok között. A legtöbb utcaszakaszok hossza kisebb, mint 100m. Az eredmények a 6. ábrával történő együttes vizsgálatával megállapítható, hogy szabadonálló beépítések esetén az utcaszakaszok több, mint 50%-a ezen értékek alatti, míg telepszerű és zárt sorú beépítés az utcaszakaszok kb. 66%-a kisebb ennél az értéknél. Leggyakoribb hossz tartomány zárt sorú, szabadonálló dombvidéki és telepszerű beépítési mód esetén a 25,00m-49,99m közötti értékekkel rendelkeznek, 20% és 27% közötti relatív gyakoriság mellett. Telepszerű beépítési mód esetén ebbe a tartományba tartozik az utcaszakaszok több, mint 25%-a. A szabadonálló síkvidéki beépítés esetén a 75,00m-99,99m közötti hosszúságú utcaszakaszok előfordulása a leggyakoribb, és megfigyelhető, hogy az említett tartományon kívül a 25,00m és 124,99m közötti tartományokba tartozó utcaszakaszok száma közel egymással azonos. Ez azt mutatja, hogy az utcaszakaszok hossza egyenletesebben oszlik el, mint a másik három vizsgált beépítési mód esetében. Telepszerű és szabadonálló dombvidéki beépítési mód esetén fordított eset figyelhető meg, a leggyakoribb utcahossz tartományt követő osztályokba egyre kevesebb utcaszakasz tartozik. Zárt sorú beépítési módnál az említettek vegyesen jelentkeznek. A legkisebb, 25m alatti vizsgálati hossz tartományba, arányaiban véve jelentős számú érték tartozik, mely három okra vezethető vissza. Az első ok az egymáshoz közel elhelyezkedő közúti csomópontok megléte. A vizsgált utcahálózati modellekben azok a közúti csomópontok, amelyek egymáshoz közel találhatók, de forgalomszabályzás alapján egymástól elkülöníthetők külön csomópontként kerültek definiálásra. A második ok a kiszolgáló- és szervízutak figyelembe vétele, amelyek a legtöbb esetben biztosítják a legtöbb esetben a gépjárműtároláshoz szükséges felületeket. Ezek általában egymással, illetve magasabb rendű úttal párhuzamosan, közel helyezkednek el és a köztük kapcsolatot biztosító utcaszakaszok rövidek. A harmadik ok az utcahálózati modellek megalkotásával kapcsolatos. A kerületrészek határaitól

alkalmazott 25m-s pufferezónán belül elhelyezkedő utcák is a modellek részét képezték, annak érdekében, hogy a vizsgált területek környezetbe illeszkedése is megjelenjen a vizsgálatok során.



6. ábra

Utcaszakaszok hosszának kumulált relatív gyakorisági eloszlása

A relatív gyakoriságok kumulált eloszlását a 6. ábra tartalmazza. Az ábrán megfigyelhető az utcaszakaszok hosszának gyakorisága alapján a telepszerű és a zárt sorú, illetve a szabadonálló sík- és dombvidéki beépítési móddal rendelkező területek eloszlása egymáshoz hasonlítanak. A 4 eset közötti hasonlóság az utcaszakaszok hosszának eloszlására való tekintettel még erősebben jelentkezik, ha a kapott eredményekre exponenciális függvény kerül illesztésre. Az illesztett függvény képlete az alábbi.

$$y = y_0 + Ae^{(R_0x)} \quad (1)$$

Az illesztés során a használt exponenciális függvény paramétereinek értékeit és az illesztések jóságát ( $R^2$ ) a 3. táblázat tartalmazza. A függvényparaméterek közötti eltérést az eltérő beépítési módokhoz tartozó utcahálózatok közötti különbségből adódik, ugyanakkor mindegyik adatsorra illesztett függvény korrelációja  $R^2=0,99$  körüli értéket vesz fel, amely alapján megállapítható, hogy a kerületrészek utcaszakaszainak hosszának kumulált relatív gyakorisági eloszlása exponenciális függvénnyel megfelelően leírható.

Beépítési mód	$y_0$ érték	$y_0$ standard hiba	A érték	A standard hiba	$R_0$ érték	$R_0$ standard hiba	Korreláció $R^2$
Telepszerű	99,41	0,283	-77,36	0,524	-0,017	2,68 E-4	0,999
Zárt sorú	101,66	1,073	-86,82	1,666	-0,014	6,82 E-4	0,996
Szabadonálló-sík	108,06	3,636	-103,99	3,639	-0,009	9,15 E-4	0,988
Szabadonálló – domb	103,74	0,748	-89,34	0,797	-0,010	2,51 E-4	0,999

3. táblázat

Utcaszakaszok hosszának kumulált relatív gyakorisági eloszlásaira illesztett exponenciális függvények paramétereit [Forrás: saját szerkesztés]

## 5. Összegzés

Az eredmények a vizsgált budapesti kerületrészeket figyelembe vételével megállapítható, hogy az eltérő beépítések eltérő utcahálózattal rendelkeznek az irányhelyes közlekedés figyelembe vétele alapján. A vizsgálat során elemzett beépítési módok közé tartozott a telepszerű beépítési mód, zárt sorú beépítési mód és a szabadonálló beépítési mód volt. Ez utóbbi esetében külön került megvizsgálásra a síkvidéki és a dombvidéki domborzati adottságokkal rendelkező fővárosi kerületrészek. Vizsgálat során a kerületrészeket utcahálózat-sűrűség, utcaszakasz-sűrűség, csomópontsűrűség, kapcsolati index, alaktani index és az egyirányúsítás mértéke alapján került összehasonlításra. A vizsgált paraméterek alapján a 4 elemzett beépítési módhoz tartozó utcahálózatok matematikai statisztikai hipotézisvizsgálattal került összehasonlításra, amely kimutatta, az eltérő beépítési módhoz tartozó utcahálózatok közötti különbségeket. Ezen eltérések a kerületrészek egyedi történelmi fejlődésének, tervezettségének, domborzati viszonyainak és az utcák egyirányúsításának eltérő mértékéből fakadnak. Az utcaszakaszok hosszának relatív gyakorisági eloszlása és kumulált relatív gyakorisági eloszlása elemzésével megállapításra került beépítési módonként az utcaszakaszok hosszának eloszlása. Minden esetben a 100 m alatti utcaszakaszok hosszának gyakorisága meghaladja az 50%-ot és az utcaszakaszok hosszának kumulált relatív gyakorisági eloszlása exponenciális függvény illesztésével írható le 0,99 értékű korrelációs együtthatóval. A vizsgálat eredményei Budapesthez hasonló történelmi fejlődéssel rendelkező települések esetén hasznosítható, és az eltérő beépítési móddal rendelkező településrészek utcahálózatában rejlő különbségek kimutathatóak vele.

## 6. Irodalomjegyzék

Hanson, S., Giuliano, G. (szerkesztésében), The geography of urban transportation, 4. kiadás, Guilford Press, 2017

Jiang, B., A topological pattern of urban street networks: Universality and peculiarity, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, Vol.384., No.2, 2007, pp: 647–655, DOI: 10.1016/j.physa.2007.05.064.

Meggyesi T., Városépítészeti alaktan, TERC Kft., 2009

Budapest 2030 Hosszú távú városfejlesztési koncepció, BFVT Kft. – Budapest Főváros Városépítési Tervező Kft., 2013

[http://budapest.hu/Documents/V%C3%A1ros%C3%A9p%C3%ADt%C3%A9si%20F%C5%91oszt%C3%A1ly/Budapest2030\\_HUN\\_teljes](http://budapest.hu/Documents/V%C3%A1ros%C3%A9p%C3%ADt%C3%A9si%20F%C5%91oszt%C3%A1ly/Budapest2030_HUN_teljes)

Nagy B., A település, az épített világ, B+V Lap- és Könyvkiadó Kft., 2005

Fanis Grammenos, Residential Street Pattern Design, Canada Mortgage and Housing Corporation, Ottawa, 2002,

<https://www.cmhc-schl.gc.ca/publications/en/rh-pr/tech/socio75.html>

Xiaomin, X., Zhen, H., Jiasong, W. The impact of urban street layout on local atmospheric environment, Building and Environment, Vol.41., No.10, 2006, pp: 1352-1363., DOI: 10.1016/j.buildenv.2005.05.028

Knight, P. L., Marshall, W. E., The metrics of street network connectivity: their inconsistencies, Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability, Vol.8., No.3, 2015, pp: 241–259, DOI: 10.1080/17549175.2014.909515

Marshall, S., Streets and patterns, Routledge, 2004

Porta, S., Crucitti, P., & Latora, V., The network analysis of urban streets: a primal approach, Environment and Planning B: planning and design, Vol.33., No.5, 2006, pp: 705-725, DOI: 10.1068/b32045

Porta, S., Crucitti, P., & Latora, V. (2006). The network analysis of urban streets: a dual approach. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, Vol.369., No.2, 2006, pp: 853-866, DOI: 10.1016/j.physa.2005.12.063

KSH Helynévgyűjtő, <https://www.ksh.hu/apps/hntr.main>

Geofabrik, <http://download.geofabrik.de/europe/hungary.html>

data2.openstreetmap, <https://data2.openstreetmap.hu/hatarok/index.php>

Körner Zs., Nagy M., Az európai és a magyar telepszerű lakásépítés története 1945-től napjainkig, TERC Kft., 2007

Hegy P., Road patterns of housing estates in Hungary, Pollack Periodica, Vol.10., No1, 2015, pp. 83–92, DOI: 10.1556/Pollack.2015.10.1.8

*Adatok*

*Megjelent itt*

**11. szám**

*Szerző***Háznagy Andor Gellért**

Okl. építőmérnök, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Út és Vasútépítési Tanszékén szerezte MSc diplomáját 2014-ben. Ezt követően 4 évig a Tanszék Doktorandusz hallgatója, jelenleg a Budapesti Közlekedési Központ munkatársa.

*Témakörök*

Kiemelt • Városi közlekedés

*Kulcsszavak*

Beépítés • Kumulált relatív gyakorlati eloszlás • Lakóterület • Mann-Whitney u-test • Relatív gyakorisági eloszlás • Települési utcahálózat • Utcahálózat topológiai elemzése

*Befogadva*

2018. augusztus 24.

*Abstract*

Morphological analyzation of street networks of settlements has become very popular in the last decades. Connections among land use, built landscape and street network layout create a complex system. This paper has been sought the connection between built landscapes of subdistricts and their street networks. The analyzed 48 built landscapes were the following: superblock, downtown, garden suburb on plain and garden suburb on hilly. The outcomes of morphological analysis methods such as street segment density, street network density, intersection density, connectivity index, shape ratio index and ratio of one-way streets were compared to each other. The author established connection among street network indexes with Mann-Whitney U test. Moreover, the relative frequency distribution and cumulative relative frequency distribution of length of street segments were also analyzed. The results show that built landscapes are predictable based on street networks in case of Budapest. Keywords: street network analysis, urban street network, built landscape, mann-whitney u test relative frequency distribution, cumulative relative frequency distribution

**Hozzászólás**

Hozzászólás	<input type="text"/>
* Név	<input type="text"/>
* E-mail cím	<input type="text"/>
Honlap	<input type="text"/>
<input type="button" value="Hozzászólás elküldése"/>	

Bejegyzések

Galéria

Impresszum

Interjúk

Könyvajánló

Nemzetközi szemle

Szakolvasó

Témakörök

---

© Copyright **Útügyi Lapok** 2019 • *Minden jog fenntartva.*

Az Útügyi Lapok félévente elektronikus formában megjelenő, online szabadon elérhető kiadvány, erre tekintettel jelenleg nem előfizethető. Alkalmanként azonban papíralapon is megjelenik, amennyiben szeretne a papír alapú megjelenésről értesítést illetve példányt kapni, kérjük érdeklődési szándékát az alábbi címen jelezze: [utugylapok@makadam.hu](mailto:utugylapok@makadam.hu). *A lapban megjelent cikkek a szerzőik személyes véleményét fejezik ki és nem feltétlenül egyeznek meg a szerkesztők véleményével illetve ismereteivel.*





Folyóirat

Bejegyzések

Szakolvasó

Impresszum

# Útügyi lapok

# 11

*Cikk*

## A járműsebesség hatása a pályaszerkezetek élettartamára

---

*Bevezetés Pályaszerkezeteink teherhordó szerkezetek, igénybevételeiket a járműforgalomból és a meteorológiai hatásokból kapják. A járműforgalom hatása azonban korántsem mennyiségi kérdés, számít többek között a járműsebesség is. Jelen írásnak a célja a járműsebességből eredő hatások számszerűsítése, egy konkrét nagy forgalmú autópálya szakasz esetében. Ez egyben egy másik, fontos kérdés része, mit tudunk megállapítani meglévő aszfaltszerkezeteink méretezési tulajdonságairól, [...]*

### 1. Bevezetés

Pályaszerkezeteink teherhordó szerkezetek, igénybevételeiket a járműforgalomból és a meteorológiai hatásokból kapják.

A járműforgalom hatása azonban korántsem mennyiségi kérdés, számít többek között a járműsebesség is.

Jelen írásnak a célja a járműsebességből eredő hatások számszerűsítése, egy konkrét nagy forgalmú autópálya szakasz esetében.

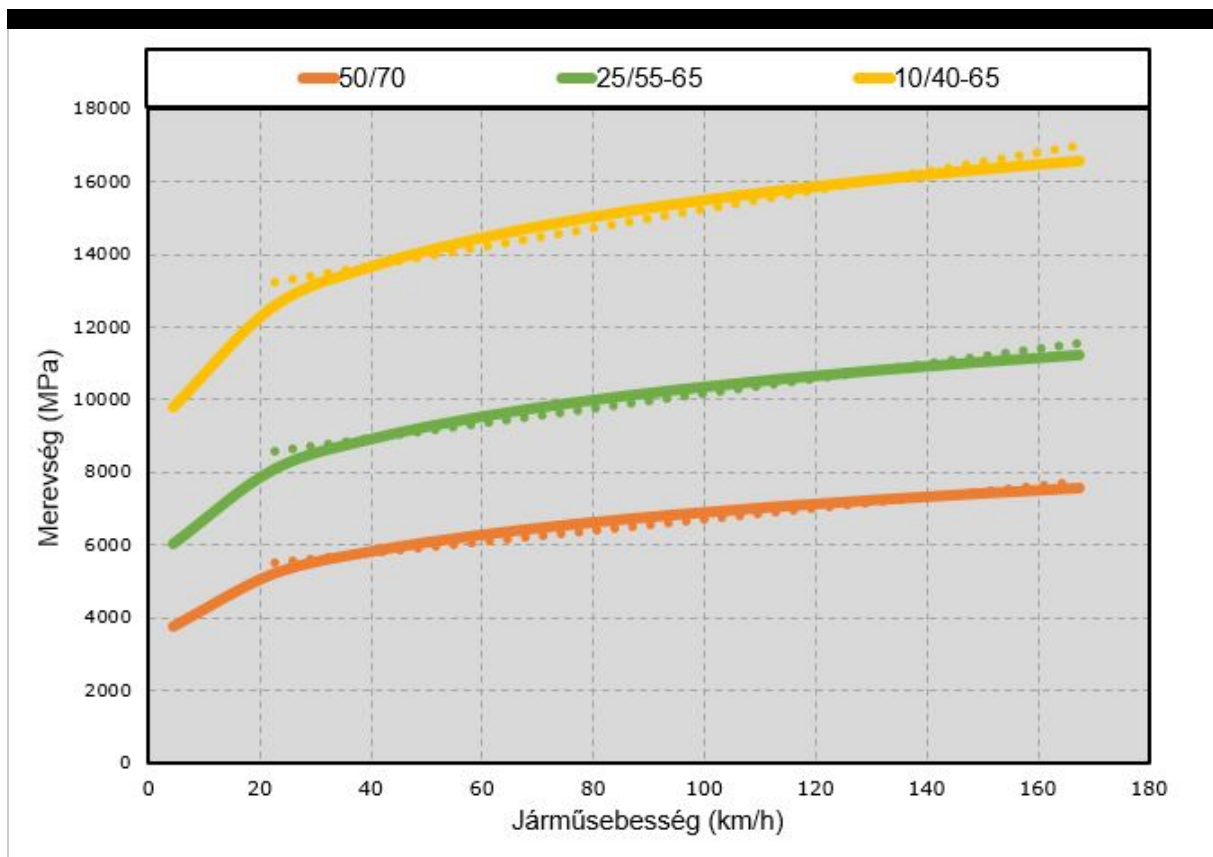
Ez egyben egy másik, fontos kérdés része, mit tudunk megállapítani meglévő aszfaltszerkezeteink méretezési tulajdonságairól, de erről csak a végén.

## 2. Elméleti alapok

Sajnálatos módon a probléma értelmezéséhez szükségesek némi elméleti alapok is, ezeket itt foglalom össze.

### 2.1. Az aszfalt merevségének terhelési idő (sebesség) függése

Útpályaszerkezeteink aszfaltja viszkózus tulajdonságokkal (is) rendelkezik, ez-egyebek között – az aszfaltok merevségének terhelési idő függésében nyilvánul meg, 1. ábra.



**1. ábra**

*Aszfaltkeverékek merevségének terhelési idő (sebesség) függése*

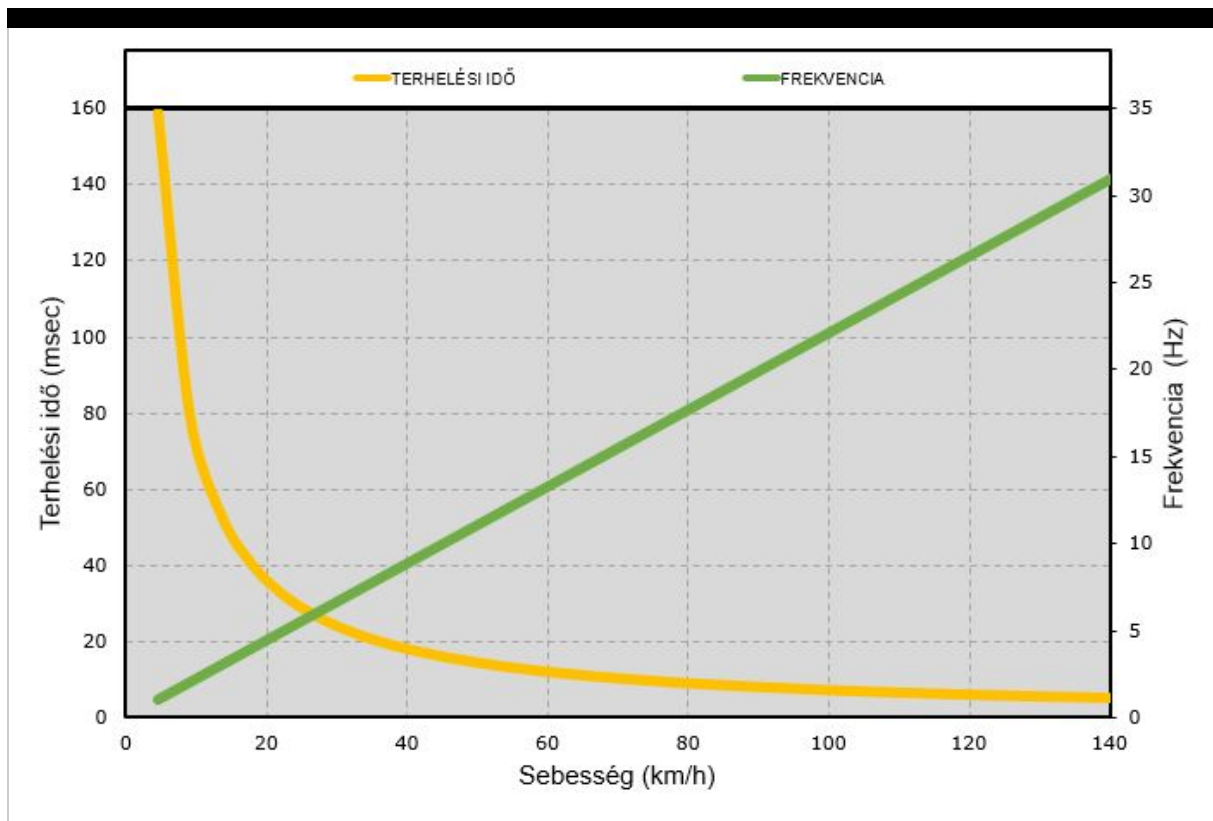


Jól megfigyelhetők a következők:

- a terhelési idő függés a viszkózus tulajdonságok „hordozójától” a kötőanyagtól függ
- egy viszonylag alacsony járműsebességtől kezdve a függés gyakorlatilag lineáris (ezt jeleztem pontozott vonallal)
- a merevség a haladási sebesség csökkenésével lényegében arányosan csökken, a kisebb merevség nyilvánvalóan az alacsonyabb élettartam irányába hat

## 2.2. Haladási sebesség, terhelési idő, frekvencia

A terhelési idő, a haladási sebesség és a terhelési frekvencia között képletszerű összefüggés van, amit a 2. ábrán láthatunk.



**2. ábra**

*Terhelési idő, frekvencia és jármű sebesség függése*

## 2.3. Pályaszerkezet élettartam

A pályaszerkezet élettartamát – egyszerűsítve – azonosnak veszem az aszfaltszerkezet alsó szálában keletkező megnyúlásból meghatározhatóval, megjegyzem, ennél lényegesen komplexebb élettartam kritérium is figyelembe vehető.

## 2.4. Aszfaltnyúlás számítása

A meglévő pályaszerkezetekben keletkező megnyúlások meghatározására számos eljárást dolgoztak ki, alapvetően az FWD technológia elterjedésének hatására. (Van Gurp, 1997) számos regressziót fejlesztett a konkrét probléma megoldására, köztük két nagyon gyakorlatias és egyszerű megoldást, amit a továbbiakban alkalmazni fogunk, ezért részletesebben ismertetjük.

Az aszfaltszerkezet alsó szálában keletkező megnyúlást – 150 mm – nél vastagabb aszfaltszerkezetek esetében – a következő képlettel lehet meghatározni:

$$\text{LOG}_{(10)}\epsilon = 0,481 + 0,881 * \text{LOG}_{(10)}SCI \quad (1)$$

ahol:

$\epsilon$  - a keletkező aszfaltnyúlás, microstrain

$SCI$  - a központi és a 300 mm távolságban mért behajlás különbsége, microméter

Az aszfaltszerkezet felső szálában az összefüggést Van Gurp a következők szerint állapította meg:

$$\epsilon_b = 194,895 - 20,7769 * SCI^{0,5} \quad (2)$$

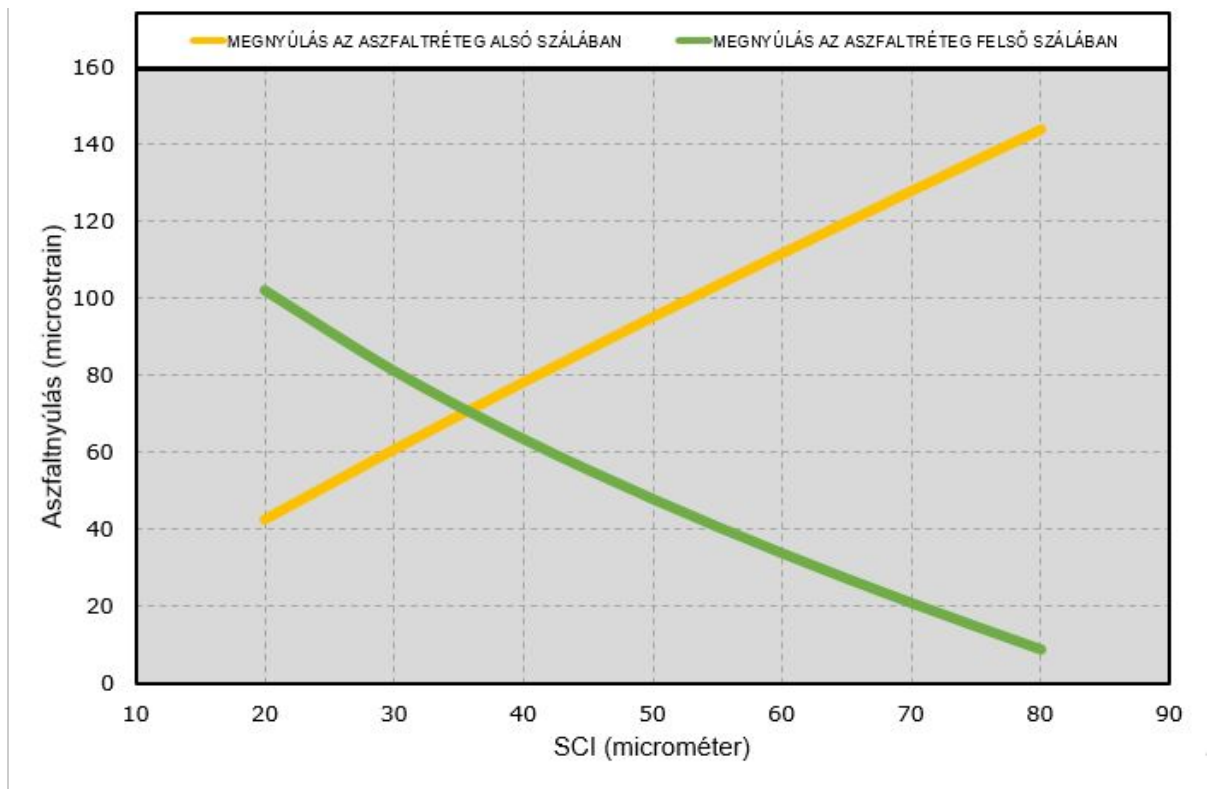
ahol:

$\epsilon_b$  - a burkolatfelületen keletkező aszfaltnyúlás, microstrain

$SCI$  - a központi és a 300 mm távolságban mért behajlás különbsége, microméter

A kétféle megnyúlásérték kapcsolatát az  $SCI$  értékkel a 3. ábra mutatja.



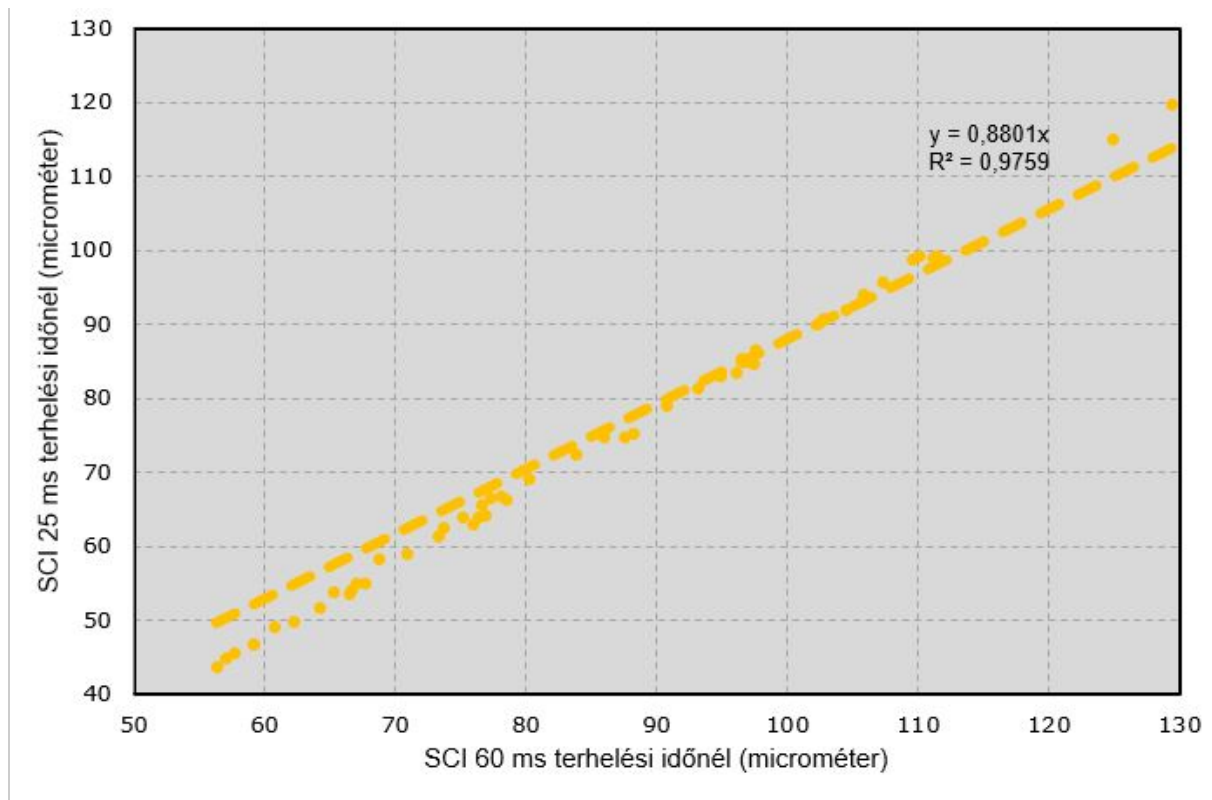


**3. ábra**  
Aszfaltnyúlás az SCI függvényében

Jól megfigyelhető, hogy az SCI növekedésére (a központi terheléshez illeszthető görbületi sugár csökkenésére) az aszfaltréteg alsó szálában nő a megnyúlás, a felső szálban csökken.

## 2.5. SCI érték frekvenciafüggése

Az SCI értékekből, mint látjuk, lehetséges számítani az aszfaltnyúlásokat. Nyilvánvaló, hogy mivel az aszfaltrétegek merevsége függ a terhelési időtől, a pályaszerkezeten mérhető/számítható SCI értéknek is kell, hogy kapcsolata legyen ezzel, 4. ábra.



4. ábra

25 és 60 ms terhelési időnél érvényes SCI értékek kapcsolata

(Van Gurp, 1995) – ez egy nyughatatlan holland mérnök, mindig csinál valamilyen érdekes dolgot – regressziós összefüggést fejlesztett ki a KUAB típusú ejtősúlyos behajlásmérők esetére.

Az összefüggés a 25 ms terhelési idő alatti behajlási teknőparaméterek meghatározására vonatkozik a 60 ms (normál) KUAB terhelési időből kiindulva.

A regressziós összefüggés alapszerkezete a következő:

$$d25_i = a_i + b_i * d60_0 + c_i * d60_{300} + d_i * d60_{600} + e_i * d60_{900} + f_i * d60_{1200} \quad (3)$$

ahol:

$d25_i$  - lehajlás az FWD-től  $i$  mm távolságra, 25 ms terhelési impulzus mellett, microméter

$d60_i$  - lehajlás az FWD-től  $i$  mm távolságra, 60 ms terhelési impulzus mellett, microméter

$a_i$ –  $f_i$  - regressziós tényezők a következő táblázat szerint

Távolság, mm	$a_i$	$b_i$	$c_i$	$d_i$	$e_i$	$f_i$
0	20,544	1,08				-0,631
300	27,268		1,153			-0,675
600	22,021	-0,39	1,205			-0,223
900	2,605			0,64		

1200	4,697				0,644	
1500	4,468					0,627
1800	6,794	-0,35	1,133	-1,323		1,161

**1. táblázat**  
Regressziós tényezők

A kapcsolatot egy mérésor alapján a 4. ábrán mutatom be.

## 2.6. A halmozott károsodások törvénye

Útpályaszerkezeteink a forgalomból és a környezeti hatásokból (ezek főleg meteorológiai jellegűek) eredő igénybevételek hatására fokozatosan, fáradási tönkremenetelt szenvednek el.

Ez a tapasztalt tönkremeneteli formák nagyon nagy részénél (repedések alulról felfelé, repedések felülről lefelé, keréknyomképződések különböző formái) mind igaz, legfeljebb az egyes tönkremeneteket előidéző ismétlésszám különbözik jelentősen. A pályaszerkezettel foglalkozó mérnök számára a problémát az jelenti, hogy a forgalomból és a környezetből keletkező igénybevételek nagyságai jelentősen különböznek.

A különböző nagyságú (vagy különböző feltételek mellett ható) igénybevételek összesített károsító hatásának számítására a Palmgren – Miner nevéhez fűződő összefüggés használata általános.

Az összefüggés a következők szerint írható le:

$$\frac{n_1}{N_1} + \dots + \frac{n_i}{N_i} + \dots + \frac{n_n}{N_n} = x \quad (4)$$

ahol:

$n_i$  - az adott terhelési szinthez tartozó tényleges teher-ismétlésszám

$N_i$  - az adott terhelési szinthez tartozó, tönkremenetelt okozó teher-ismétlésszám

$x$  - a tönkremenetel valószínűsége

## 3. Az esettanulmány

Bizonyos, alább ismertetett események miatt egy gyorsforgalmú útszakasz kezelője kíváncsi lett a járműsebesség változásának az élettartamra gyakorolt hatására.

### 3.1. A szabályozás és következményei

A gyorsforgalmi utakra 2010 – ben új szabályozás jelent meg, lényege az alábbiakban olvasható:

„(6) Tilos előzni az azonos irányú forgalom számára két forgalmi sávval rendelkező autópályán és autópályán – 6 és 22 óra között – a 7500 kg-ot meghaladó megengedett legnagyobb össztömegű tehergépkocsival, vontatóval, valamint e járműből és pótkocsiból álló járműszerelvényvel.

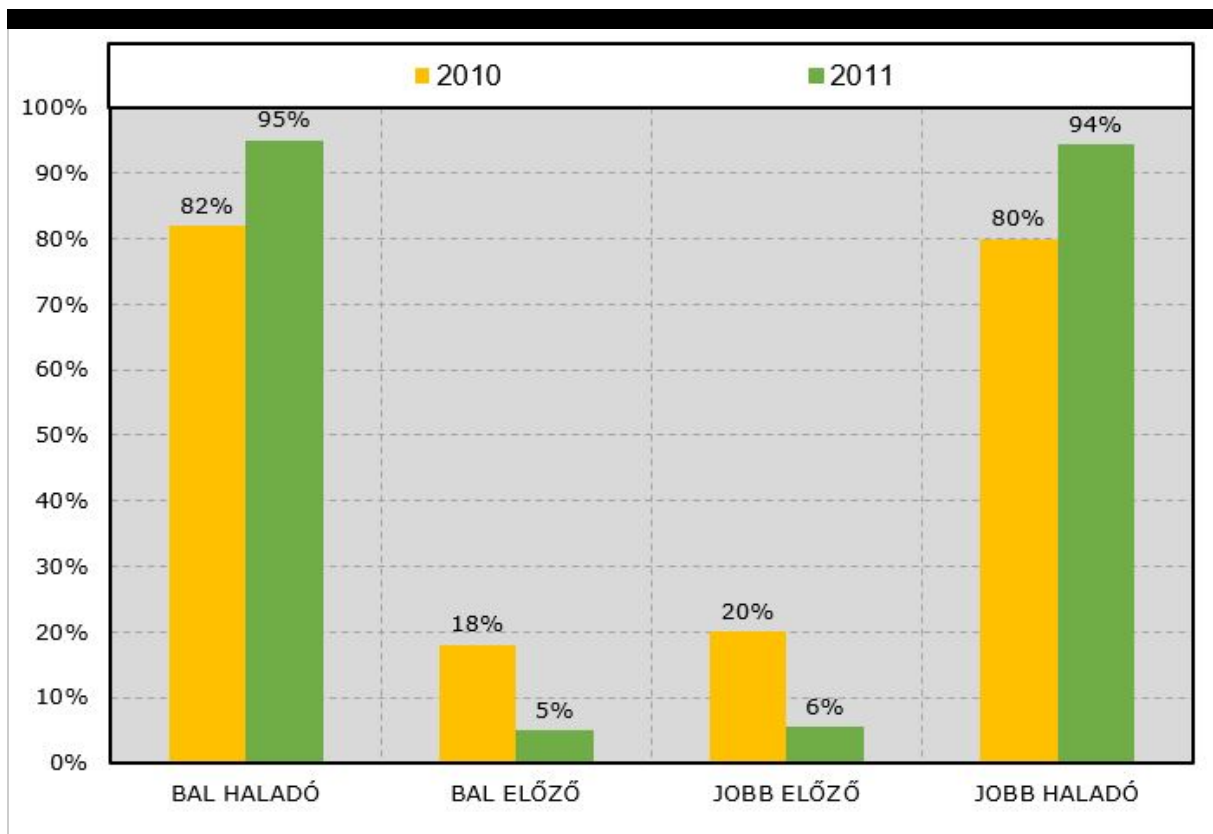
(7) A (6) bekezdésben meghatározott előzési tilalom esetén a tilalom hatálya alá tartozó járműveknek olyan követési távolságot kell tartaniuk, hogy középük legalább egy – az abban meghatározott előzési tilalom hatálya alá tartozó – járműszerelvény biztonságosan besorolhasson.”

### 3.2. Tapasztalatok

A szakaszon rendelkezésre álltak járműszám és sebességmérési adatok, kiválasztottunk két azonos hosszúságú időperiódust (2010 illetve 2011 évekből) és megvizsgáltuk a nehéz járművek forgalmi sávok közötti eloszlását és az átlagsebességek alakulását a szabályozásváltozás előtt és után, ennek a vizsgálatnak az eredményét az 5-7. ábrákon láthatjuk.

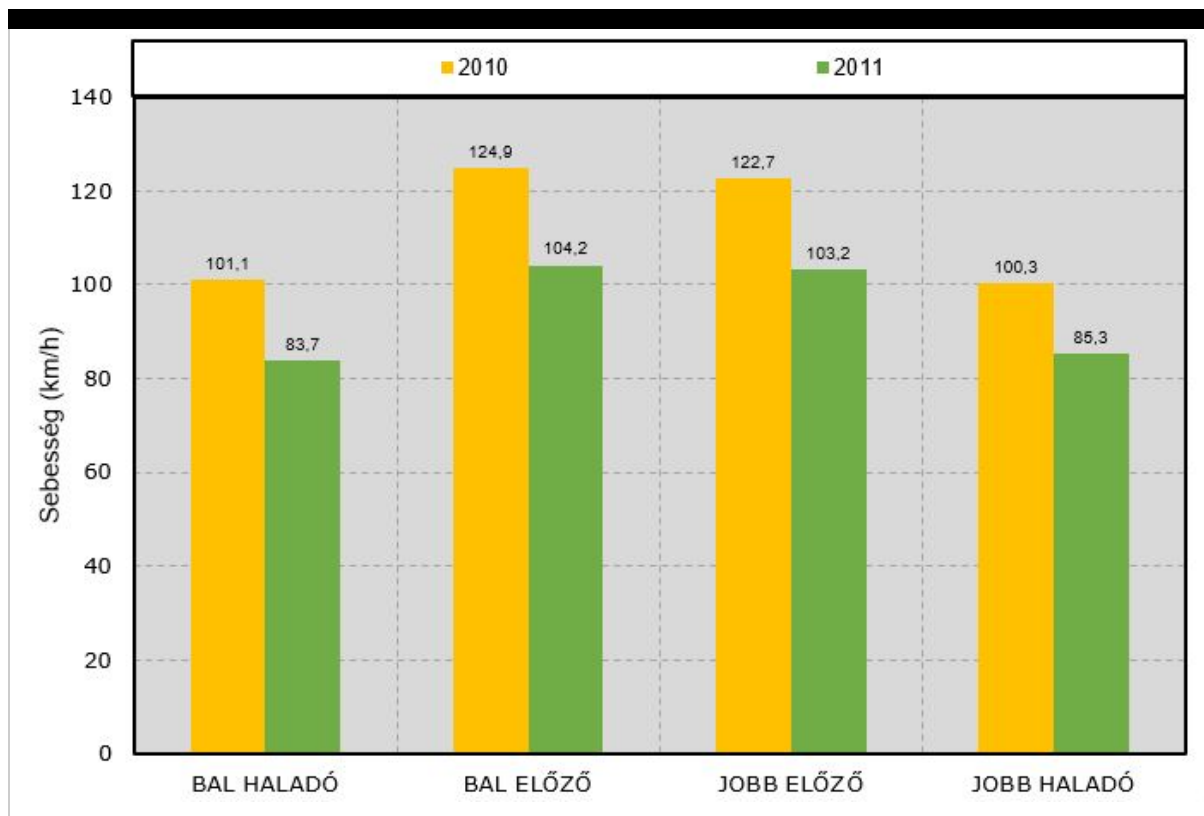
A következő megállapítások tehetők:

- az alapvetően forgalombiztonsági okok miatt keletkezett szabályt betartják
- a nehéz forgalom gyakorlatilag teljesen a haladósávra került
- a járműsebességek nagymértékben csökkentek, az átlagsebesség több, mint 10 % – al.

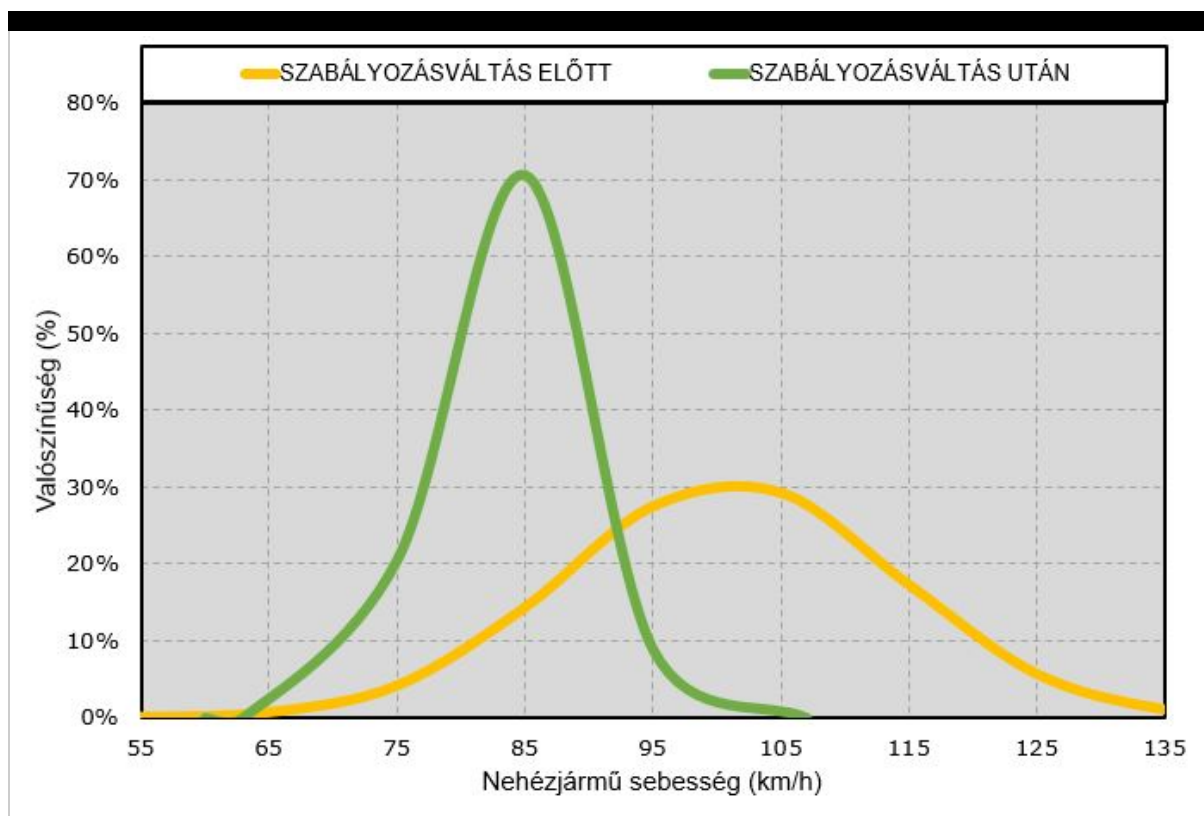


**5. ábra**

Nehéz forgalom megoszlása

**6. ábra**

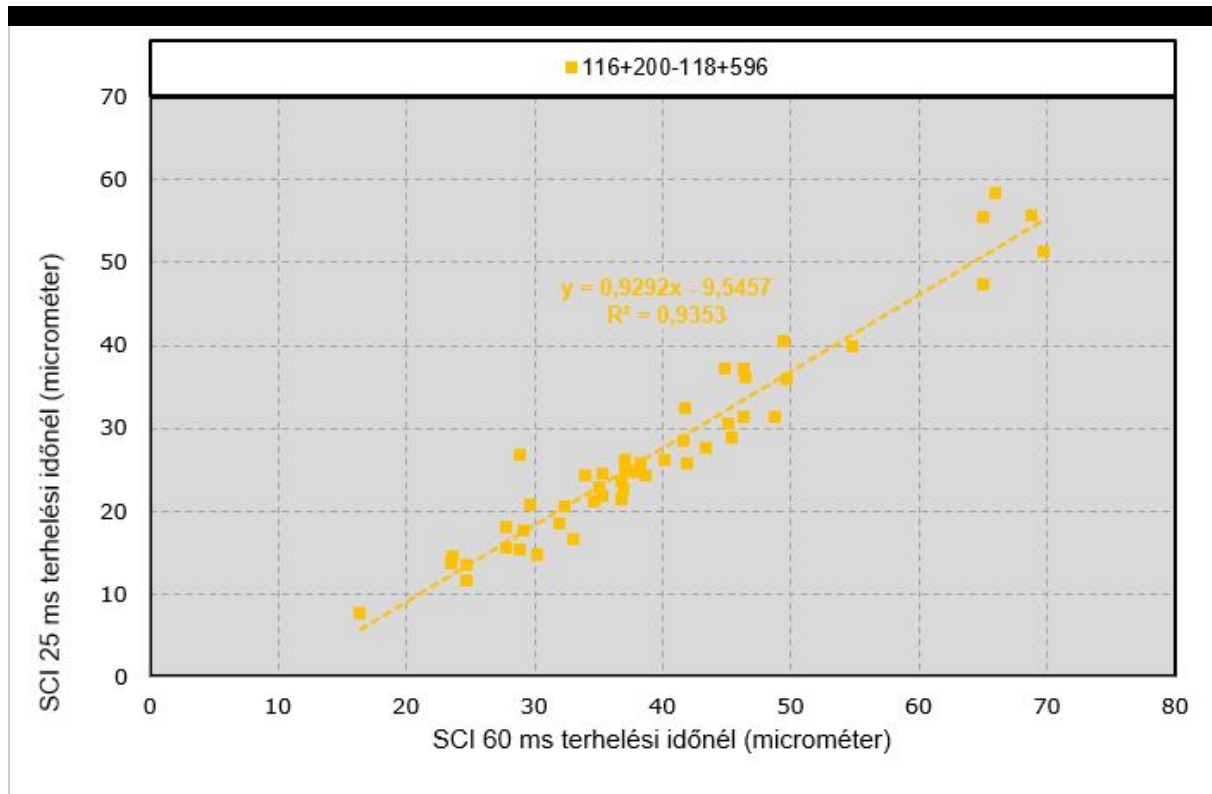
Nehéz járművek átlagsebessége

**7. ábra**

### 3.3. A kiválasztott szakasz merevségének sebességfüggése

A tényleges vizsgálat egy hosszabb szakaszra terjedt ki, amelyet – statisztikai módszerekkel – a merevségfüggés szempontjából homogén alszakaszokra bontottam.

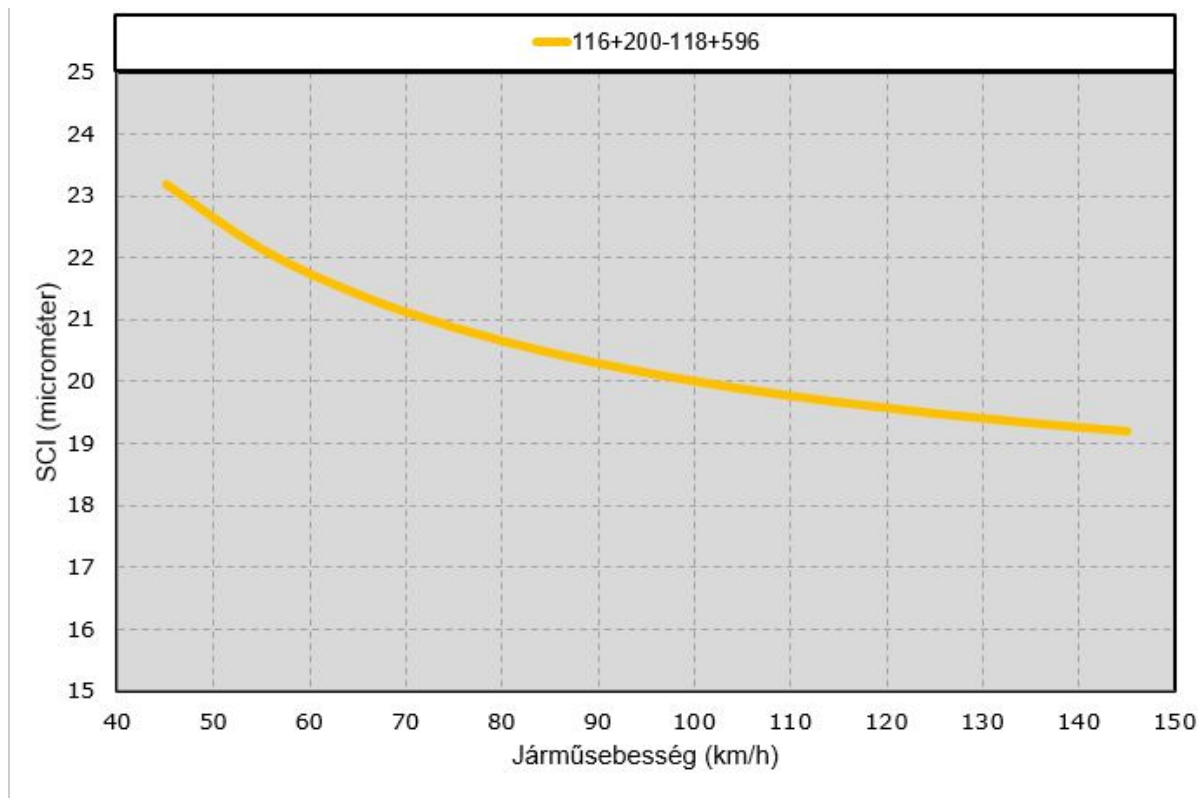
A továbbiakban ezen alszakasz eredményeit ismertetem, 8-9. ábra.



**8. ábra**

25 és 60 ms terhelési időnél érvényes SCI értékek kapcsolata



**9. ábra**

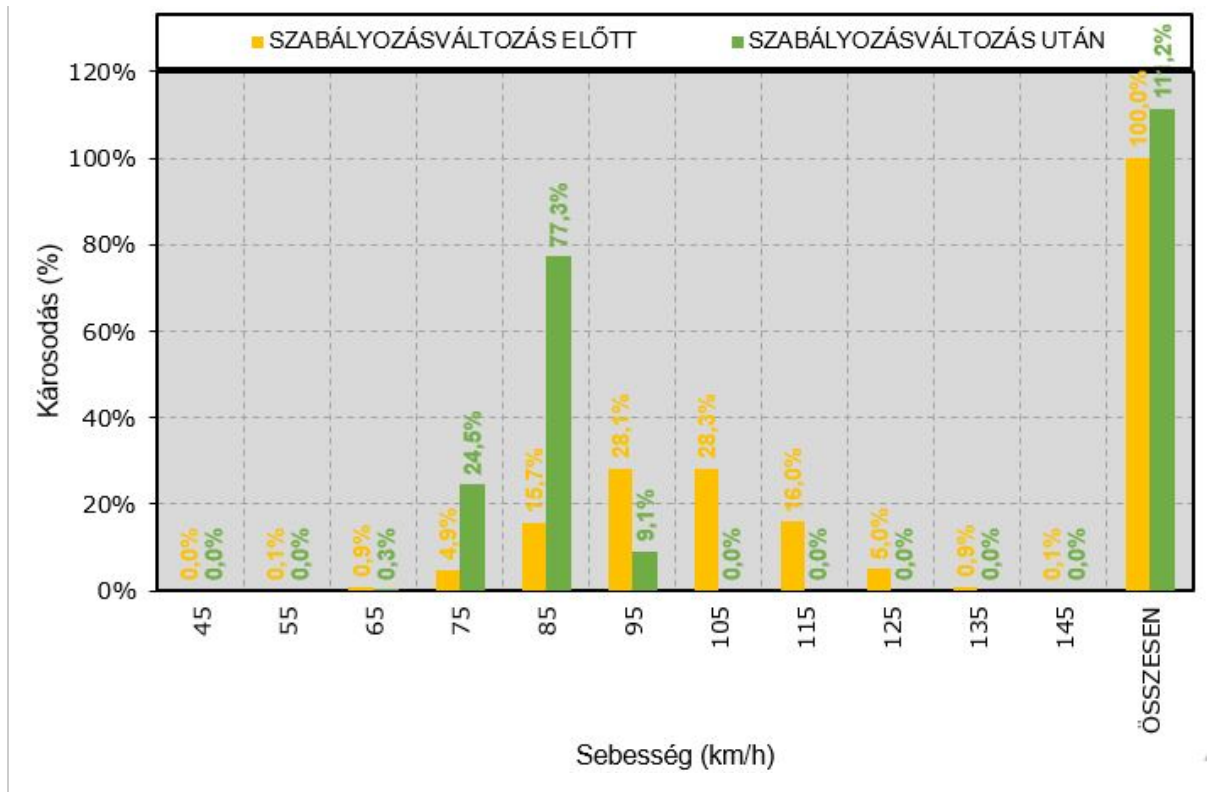
Az SCI érték járműsebesség függése

A 8. ábrán az ejtősúlyos behajlasmérés eredményeiből számított terhelési idő függés látható, ebből számoltam az SCI teknőparaméter sebességfüggését a vizsgált szakaszra.

### 3.4. A halmozott károsodások számítása

A már ismertett Palmgren – Miner törvény alapján végrehajtottam a sebességeloszlás megfelelően választott osztályközeiben az egyedi károsodások számítását, a szabályozás előtti és utáni sebességek esetére.

A számításnál a szabályozás előtti állapotot vettem 100% – nak, hogy az összehasonlítás plasztikus legyen, 10. ábra.

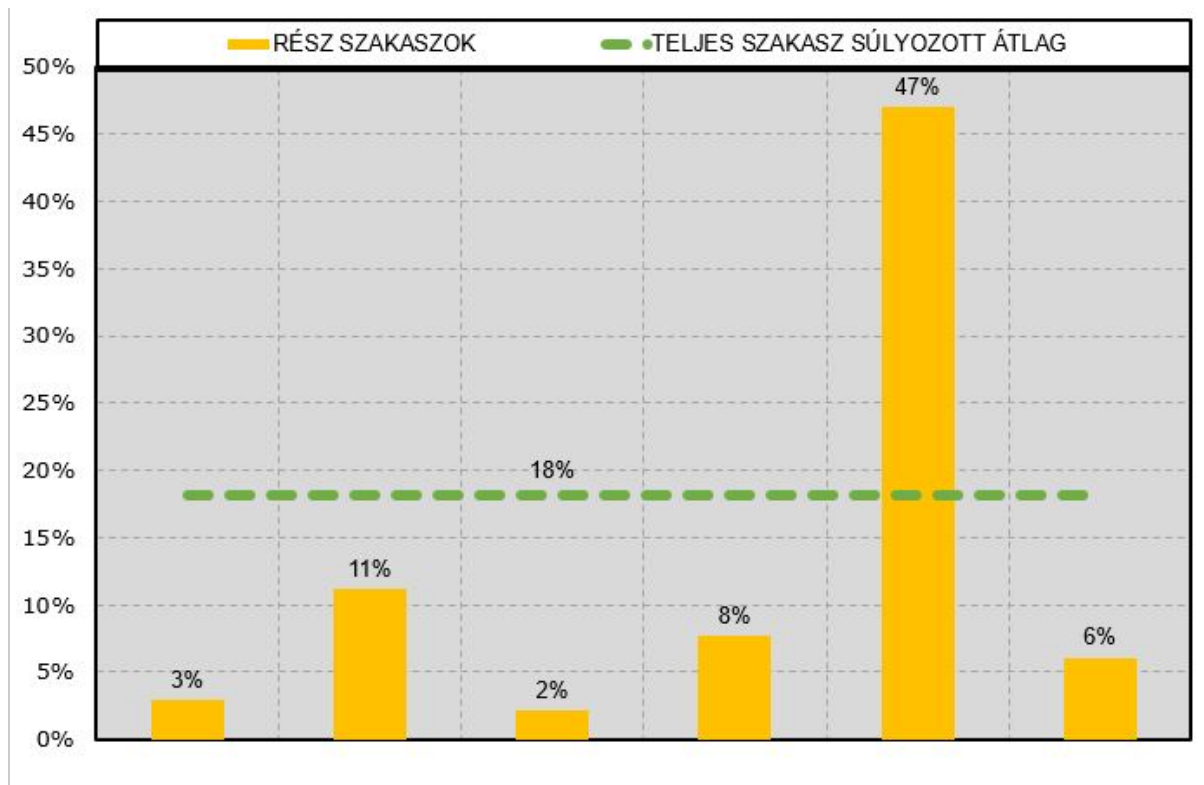


10. ábra

Halmazott károsodások 116+200 – 118+596

Megvizsgálva az eredményt, a következő megállapítások tehetők:

- a kisebb sebességek kb. 11% – al nagyobb károsodást, következésképpen ennyivel rövidebb élettartamot jelentenek.
- a károsodásnövekedés az összes szakaszon tapasztalható volt, mértéke eltérő, ezt megvizsgálhatjuk a következő diagramon
- mindenképpen meg kell jegyezni, hogy a megengedett megnyúlás értéket – egyéb forrásokra támaszkodva, egy mérnöki becsléssel, de azonosnak tételeztem fel
- miután adott esetben a csökkenés kritikus is lehet, adott esetben célszerű további vizsgálatok végrehajtása is, ezek a frekvenciafüggés és a szintén megállapítható hőmérsékletfüggés ismeretében (kvázi ismerjük a mestergörbét) a tényleges fáradási tulajdonság meghatározására irányulhat
- ez utóbbi számítás elvégzése lehetséges, én két olyan komplex kutatást is ismerek (Medani, 2006), (Jacobs 1995) amelyek alapján végrehajtható, hangsúlyozottan aszfaltmechanikai vizsgálatok nélkül



11. ábra

Hátralévő élettartam csökkenés a vizsgált teljes szakaszon

## 4. Összefoglalás

Ezzel a kissé hosszabbra sikerült írással azt kívántam érzékeltetni, hogy a pályaszerkezetek világa ugyan elég komplex, de igazából némi szorgalommal a komplex problémák is megoldhatók.

## 5. Irodalomjegyzék

Van Gorp. C.A.P.M.; Wennink, P.M. : Design, structural evaluation an overlay design of rural roads (in Dutch) KOAC – WMD consultants; Apeldoorn, 1997

Christ van Gorp, Characterization of seasonal influences on asphalt pavements with the use of falling weigh deflectometers PHD disszertáció, Delft 1995

Tarig Obeid Medani; Design Principles of Surfacing on Orthotropic Steel Bridge Decks PHD disszertáció, Delft 2006

Mathias Maria Johannes Jacobs; Crack Growth in Asphaltic Mixes, PHD disszertáció, Delft 1995

*Adatok*

*Megjelent itt*

## 11. szám

---

*Szerző*

### **Karoliny Márton**

Okleveles építőmérnök, szakmérnök, mérnök-közgazdász. A MAUT Útpályaszerkezetek szakbizottság elnöke, jelenleg aktív, szakmai tanácsadással foglalkozó nyugdíjas.

---

*Témakörök*

Útépítés

*Kulcsszavak*

*Befogadva*

2018. augusztus 31.

---

---

### **Hozzászólás**

Hozzászólás

\* Név

\* E-mail cím

Honlap

Hozzászólás elküldése

Bejegyzések

Galéria

Impresszum

Interjúk

Könyvajánló

Nemzetközi szemle

Szakolvasó

Témakörök

---

© **Copyright Útügyi Lapok** 2019 • *Minden jog fenntartva.*

Az Útügyi Lapok félévente elektronikus formában megjelenő, online szabadon elérhető kiadvány, erre tekintettel jelenleg nem előfizethető. Alkalmanként azonban papíralapon is megjelenik, amennyiben szeretne a papír alapú megjelenésről értesítést illetve példányt kapni, kérjük érdeklődési szándékát az alábbi címen jelezze: [utugyilapok@makadam.hu](mailto:utugyilapok@makadam.hu). *A lapban megjelent cikkek a szerzőik személyes véleményét fejezik ki és nem feltétlenül egyeznek meg a szerkesztők véleményével illetve ismereteivel.*





Folyóirat

Bejegyzések

Szakolvasó

Impresszum

# Útügyi lapok

# 11

*Cikk*

## A pályaszerkezet-teherbírást jellemző behajlás mérések feldolgozása során alkalmazott korrekciók megbízhatósága I. rész

---

*A cikk egy olyan kutatás első eredményeit tartalmazza, amely során az útpályaszerkezetek hálózati szintű teherbíróképességét német, litván és amerikai eljárások segítségével vizsgálták, továbbá ismertetésre kerül két olyan hőmérsékleti korrekciós eljárás, amely ezen eljárások alkalmazásához szükséges.*

### 1. Bevezetés, célkitűzés

Az útpályaszerkezetek behajlásmérési eredmények alapján becsült teherbíró-képessége (továbbiakban: teherbírása) a szerkezet pillanatnyi állapotáról és – bizonyos mértékig – a jövőben várható viselkedéséről szolgáltat információkat. A teherbírási meghatározásának – egyéb, napjainkra már kiforrott, más lehetőségeken kívül – elterjedt mérési módja a burkolatfelületen, szabványos mértékű terhelés hatására regisztrálható függőleges elmozdulás (behajlás) rögzítése, amelynek mértékét az egyes pályaszerkezeti rétegek állapota és az azokat alátámasztó földmű, illetve altalaj szilárdsága határozza meg.

A pályaszerkezeti rétegek – kiemelten az aszfaltrétegek – állapotát jellemzően a hőmérséklet, a földművét pedig, a legtöbb talajfajta esetében, alapvetően annak víztartalma befolyásolja. Ezen

klimatikus hatások által okozott változásoknak a figyelembevételére, a pályaszerkezet-megerősítési eljárások, a pályaszerkezet reprezentatív (mértékadó) állapotát jellemző paraméter meghatározásához, ún. korrekciós tényezőket alkalmaznak. Kutatásunk ezen korrekciók megbízhatósági vizsgálatát, illetve azok pontosítását tűzi ki céljául. Ennek érdekében – korábbi mérési eredmények feldolgozásával – a pályabehajlás mérésekor regisztrált hőmérséklet, illetve a mérést megelőző csapadék mennyiségének a mérési eredményekre gyakorolt hatását vizsgáljuk, majd, az így nyert eredmények segítségével, azt tanulmányozzuk, hogy a KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. már 27 éve, rendszeresen megfigyelt etalonszakaszain mért teherbírási eredmények idősora – az említett tényezők figyelembevételével – hogyan módosul.

A kutatás során a pályaszerkezet teherbíró képességét nem a hazánkban megszokott – és az érvényes útügyi műszaki előírásban (e-ÚT 09.02.34, 2005) szereplő módon, az ún. mértékadó behajlás alapján jellemezzük, hanem három, nemzetközileg elterjedt eljárás segítségével is vizsgáljuk. Jelen cikk az útpályaszerkezetek hálózati szintű teherbírását vizsgáló, német, litván és amerikai eljárásokat mutat be, illetve két olyan hőmérsékleti korrekciós eljárást ismertet, amely az említett eljárások alkalmazásához szükséges.

## 2. Hálózati szintű teherbírási jellemzők

A Közlekedéstudományi Intézet 1991 óta az országos közúthálózatból választott 60 db, 500 fm-es hosszúságú etalonszakasz rendszeres, évenkénti állapotvizsgálatának eredményeit dolgozza fel, elsősorban hálózatviselkedési modellek kifejlesztése, illetve pontosítása érdekében. A hatodik állapot-megfigyelési évtől kezdődően, az egyes útszakasz-osztályokban, regressziós eljárással, a hat vizsgált állapotparaméter hálózatviselkedési modelljeit kezdték kialakítani, az idő vagy a lefutott forgalom függvényében. A további években, az újabb állapotadatokat hasznosításával egyre pontosabb függvényeket lehetett meghatározni. Az egyes állapotparaméterek idősorai általában „logikusan” – az előzetesen várakozásoknak megfelelően – alakultak. Ezek között egyedüli kivételnek a pályaszerkezet-teherbírási bizonyult, amelynek idősora határozott „romló” trendet nem mutatott, hanem gyakran – beavatkozások hiányában is – „megmagyarázhatatlanul”, az egyik évről a másikra a mért értékek javultak (Burkolatleromlási, 2017). Ennek nyomán felmerült a kérdés, hogy ennek oka az alkalmazott korrekciók pontatlansága vagy valamilyen környezeti körülmény figyelmen kívül hagyása, esetleg a használt állapotjellemzők – mértékadó behajlás és egyenértékű felületi modulus – nem képesek a rongálódási folyamat elvárt pontosságú detektálására.

Az úthálózat teherbírásának jellemezhetőségét, természetesen, a nemzetközi szakirodalom is kiemelt hangsúllyal taglalja. A magyar gyakorlatban megszokott teherbírási jellemzők mellett számos egyéb paraméter terjedt el a nemzetközi gyakorlatban ennek a kérdésnek a tanulmányozásakor.

A kutatás során elsőként a magyar gyakorlattól teljesen eltérő megközelítést jelentő, az ún. szerkezeti számon alapú jellemzéseket tekintettük át, majd útpályaszerkezetek hálózati szintű teherbírásának jellemzésére három modellt választottunk ki, amelyeket részletesen is megvizsgáltunk az alábbiak szerint.

### 2.1. Az „SN, SNC és SNP” paraméterek meghatározásának általános összefüggései

Az útpályaszerkezetek teljesítőképességét a világ számos részén – az USA-tól Új-Zélandig – napjainkban is az ún. szerkezeti számmal (SN: structural number) jellemzik, amelyet az AASHTO útkísérlet (Highway, 1962) után dolgoztak ki. Figyelembe véve, hogy a magyar nyelvű szakirodalom e szakterületen meglehetősen szűkszavú, így tömören áttekintjük az ezzel kapcsolatos főbb ismereteket.

A szerkezeti szám alapösszefüggése az alábbi:

$$SN = \sum_{i=1}^n a_i * h_i \quad (1)$$

*ahol:*

$SN$  - szerkezeti szám

$a_i$  - anyag- és rétegegyüttható

$h_i$  - rétegvastagság

Az alapösszefüggést az 1960-as évek elején alkották meg, azonban a későbbiekben felmerült, hogy a szerkezeti szám, mint a pályaszerkezet teherbírásának egyik lehetséges jellemzője nem kellő súllyal veszi figyelembe a földmű-teherbírást esetleges változásait; így azt a következőképpen egészítették ki:

$$SNC = \sum_{i=1}^n a_i * h_i + SN_{sg} \quad (2)$$

*ahol:*

$SNC$  - módosított szerkezeti szám (Modified Structural Number)

$a_i$  - anyag- és rétegegyüttható

$h_i$  - rétegvastagság

$SN_{sg}$  - a földmű merevségét jellemző, szerkezeti szám

A bevezetett új tag ( $SN_{sg}$ ) a földmű merevségét igyekszik figyelembe venni, értékének meghatározására az első összefüggést, CBR-értékek alapján, Hodges dolgozta ki (Hodges et al., 1975):

$$SN_{sg} = 3,51 * (\log CBR) - 0,85 * (\log CBR)^2 - 1,43 \quad (3)$$

Következő lépésként a módosított szerkezeti szám (SNC) pályabehajlás alapján történő meghatározhatósága került a kutatások középpontjába, és erre számos modell született, például, (Paterson, 1987):

$$SNC = A_0(D_0)^{-0,63} \quad (4)$$

*ahol:*

$D_0$  - maximális behajlás (mm), Benkelman-tartóval mérve

$A_0$  - modell együttható (értéke: 3,2 kötőanyag nélküli alapréteg és 2,2 hidraulikus kötő-anyagú burkolatalap esetében)

A statikus behajlásmérések mellett megjelenő ejtősúlyos berendezések (FWD) elterjedése később szükségessé tette, hogy a szerkezeti szám meghatározásához, a dinamikus berendezések által szolgáltatott adatok is felhasználhatóak legyenek. Így ismét modellek tucatjai készültek, amelyek FWD-mérések alapján külön határozták meg az SN paramétert és külön az  $SN_{sg}$  értéket. A cikk terjedelmi keretei nem teszik lehetővé a pályaszerkezetek teherbírását hálózati szinten leíró



modellek – napjainkban is zajló – fejlődésének részletesebb bemutatását, így csak felsorolunk néhány jelentősebb, a témában kidolgozott állapotjellemzőt:

- Adjusted Structural Number (HDM-4),
- Structural Adequacy Index (Haas, 1994),
- Structural Strength Index (Scullion, 1988),
- Structural Strength Indicator (Flora, 2009),
- Modified Structural Index (Bryce et al., 2013),
- Structural Capacity Index (Nam et al., 2016),
- Structural Health Index (Elbagalati et al., 2018)

Közelmúltban megjelent publikáció (Kavussi et al., 2017) a pályaszerkezet és a földmű együttes állapotát reprezentáló SNeff érték meghatározásának lehetőségeit részletezi, a földmű merevségének becsléséhez használható képletekre is kitérve.

### 2.1.1. Puodziukas és Pakalnis közelítése

Egy litván kutatás (Puodziukas és Pakalnis; 2002) a szezonális hatások aszfaltburkolatú utak szerkezeti állapotára gyakorolt hatását ezen klasszikus elvek mentén tanulmányozta 5 út összesen 13 szakaszán. A szezonális hatásokat három éven keresztül követték nyomon. A pályaszerkezet teherbírásának becslésére az ún. Jameson-képletet alkalmazták:

$$SN = 1,69 + \frac{842,8}{d_0 - d_{1500}} + \frac{42,94}{d_{900}} \quad (5)$$

majd a földmű CBR-értékét az alábbi, széleskörűen elterjedt képlettel becsülték:

$$\log(CBR) = 3,264 - 1,018 * \log d_{900} \quad (6)$$

$$SNSG = 3,51 * \log(CBR) - 0,85 * (\log(CBR))^2 - 1,43 \quad (7)$$

$$SNC = SNSG + SN \quad (8)$$

ahol:

*CBR* - a földmű CBR-értéke

*d<sub>i</sub>* - terhelés tengelyétől *i* távolságban lévő geofon alatt mért behajlás,  $\mu\text{m}$

*SNSG* - a földmű szerkezeti száma

*SN* - a pályaszerkezeti rétegek szerkezeti száma

*SNC* - útpályaszerkezet módosított szerkezeti száma

Figyelembe véve, hogy a litván kutatás – hasonlóan a mi elképzeléseinkhez szintén a klimatikus hatások lehetőség szerinti kiküszöbölésével kívánta az aszfaltburkolatú utak teherbíró-képességét jellemezni, így ezt a modellt további vizsgálatra kiválasztottuk.

### 2.1.2. AASTHO-eljárás

Az amerikai AASTHO méretezési eljárás elméleti megközelítést alkalmaz: a földművet reziliens modulussal ( $M_R$ ) jellemzi, ami a felette fekvő (H) vastagságú, ( $E_p$ ) merevségű pályaszerkezeti réteget alátámasztja; a kétrétegű rugalmas lemezelmélet két alapösszefüggését használja, az alábbiak szerint:

$$M_R = \frac{0,24 * P}{d_r * r} \quad (9)$$

ahol:

$M_R$  - a földmű reziliens modulusa

$P$  - terhelés

$d_r$  - a terheléstől „ $r$ ” távolságra mért behajlás

$r$  - a terheléstől mért távolság

$$d_0 = 1,5 * p * a * \left\{ \frac{1}{M_R \sqrt{1 + \left( \frac{D}{a} \sqrt[3]{\frac{E_p}{M_R}} \right)^2}} + \frac{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left( \frac{D}{a} \right)^2}}}{E_p} \right\} \quad (10)$$

ahol:

$d_0$  - a terhelés alatt mért behajlás

$p$  - terhelő feszültség

$a$  - terhelő felület sugara

$M_R$  - a földmű reziliens modulusa

$D$  - a pályaszerkezet vastagsága

$E_p$  - a pályaszerkezet merevsége

Az eljárás végül, az „ $E_p$ ” meghatározást követően, az alábbi képlettel határozza meg a szerkezet teherbírási jellemzőjét:

$$SN_{eff} = 0,00045 * D * E_p \quad (11)$$

ahol:

$SN_{eff}$  - a meglévő pályaszerkezet szerkezeti száma

$D$  - a pályaszerkezet vastagsága

$E_p$  - a pályaszerkezet merevség

Mivel a két egyenlet egymástól nem független, így segítségükkel, a mért „ $d_0$ ” és „ $d_r$ ” értéke alapján, a két ismeretlen („ $M_R$ ” és „ $E_p$ ”) közvetlenül nem számolható, meghatározásukhoz valamilyen iterációs technika, pl.: Excel SOLVER szükséges.

Ennek nyomán, az úthálózatok teherbírásának jellemzésére, napjainkban elterjedten használják még az ún. SCI indexet (Structural Condition Index):

$$SCI = \frac{SN_{eff}}{SN_{req}} \quad (12)$$

*ahol:*

$SN_{req}$  - 20 éves élettartamra meghatározott szükséges szerkezeti szám, az AASHTO mé-retezési eljárás alapján

$SN_{eff}$  - a meglévő pályaszerkezet szerkezeti száma

Tekintettel arra, hogy a magyar mérések is FWD berendezéssel történtek és történnek ezt a megközelítést szintén illeszthetőnek tartjuk a hazai gyakorlatba, így ez a modell is kiválasztásra került.

## 2.2. A német gyakorlat

A Jendia-féle kiértékelés (Jendia, 1995) segítségével, a pályaszerkezet-megerősítés előtt és után vizsgálják az altalaj/földmű és a kötőanyag rétegek teherbírását. Az altalaj teherbírásának jellemzésére, a terhelési középponttól távolabb fekvő érzékelőkkel mért behajlási értékek alkalmazhatók. Bevezetve az altalaj-indikátor (UI) fogalmát és meghatározva a terhelés középpontjától az  $r = 900$  mm és az  $r = 1500$  mm-es távolságban levő behajlási értékek, azaz a  $d_{900}$  és a  $d_{1500}$  különbségét, a földmű teherbírására vonatkozóan nyerhető információ.

$$UI = d_{900} - d_{1500} \quad (13)$$

Jendia az altalaj teherbírására az  $UI = 70$   $\mu\text{m}$ -es határérték bevezetését javasolja; ez alatt gyengének, felette pedig jó teherbírásúnak tekintik az altalajt. A pályaszerkezeti rétegek állapotát az ún. teherbírési számmal jellemzik:

$$T_z = \sqrt{\frac{R_0}{d_0}} \quad (14)$$

*ahol:*

$T_z$  - teherbírési szám,-

$R_0$  - behajlási teknő görbületi sugara, m

$d_0$  - a terhelő tárcsa alatt mért behajlás,  $\mu\text{m}$

A megfelelő és a nem megfelelő értékek határának Jendia a  $T_z = 0,75$  értéket javasolja. A mérési pontonként meghatározott teherbírési szám ( $T_z$ ) és az altalaj indikátor (UI) értékpárok alapján, a pályaszerkezet teherbírására négy kombináció lehetséges (1. táblázat)

Jelleg	$T_z$	UI( $\mu\text{m}$ )	Pályaszerkezet teherbírása	Kötött rétegek teherbírása	Földmű teherbírása
I.	0,75	70	jó	viszonylag merev	viszonylag jó
II.	0,75	70	nem megfelelő	viszonylag merev	gyenge
III.	0,75	70	erősítés szükséges	kötött rétegek merevsége kisebb	viszonylag jó
IV.	0,75	70	kimerült	kötött rétegek merevsége kisebb	gyenge

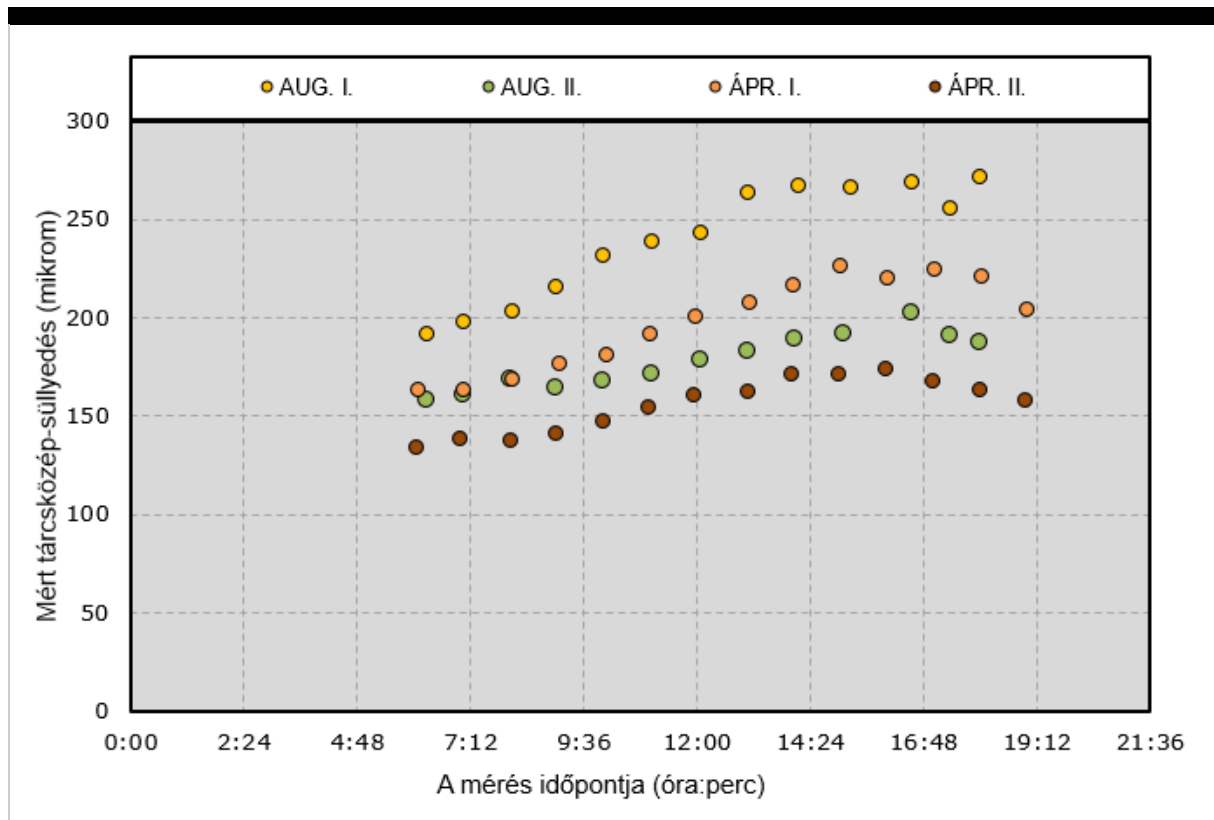
**1. táblázat**

A Jendia-diagram kiértékelési táblázata

Figyelembe véve, hogy a módszer mai is az egyik leggyakrabban alkalmazott eljárás Németországban (Cickovic, 2017), továbbá hazai alkalmazására is sor került (Tóth, 2008), ezért ezt a megközelítést is további vizsgálatoknak vettük alá.

### 3. A hőmérséklet hatásának kiküszöbölési lehetősége a behajlási eredmények kiértékelésekor

A behajlási adatok kiértékelhetőségét a pályaszerkezet hőmérséklete nehezíti. Ez a hatás azonban meglepően nagymértékű, ahogyan azt korábbi hazai publikáció is tárgyalta (Ureczky, 2005). Az 1. ábra ugyanazon keresztmetszetekben (I. illetve II. jelzésű keresztszelvény), reggel 6 és este 7 óra között, óránként mért behajlási eredmények láthatók; ezek között az eltérés esetenként 150%-osnak is adódott!



1. ábra

Tavasszal és nyáron, két keresztmetszetben, óránként mért behajlások idősora

Elsődlegesen megoldandó probléma volt tehát, a napi hőingás mérést befolyásoló hatásának kiküszöbölése.

A napi hőmérséklet-ingadozás hatásán túlmenően, az adatok az évszaki hatást is mutatják, hiszen a tavaszi és a nyári mérések közötti szignifikáns különbség nem elsősorban az időközben lefutott forgalmi terhelésnek tudható be, hanem az alátámasztó földmű merevségváltozásának, amely a mérést megelőző csapadékmennyiséggel hozható kapcsolatba.

Az előzőekben ismertetett modellek azonban a hőmérséklet hatásával nem foglalkoznak, csupán előírják, hogy a fenti összefüggések már hőmérsékleti korrekcióval ellátott, behajlási adatokra alkalmazhatók.

A 2005-ben kiadott Útügyi Műszaki Előírás (ÚT 2-1.202, 2005), a hőmérsékleti korrekciós tényező értékét a következő

$$CT = 1,3 - 0,015 * T \quad (15)$$

*ahol:*

$CT$  - a tárcsaközép-süllyedés hőmérsékleti korrekciója

$T$  - burkolatfelület hőmérséklete, a mérés időpontjában, °C

Az említett ÚME szerint, a hőmérsékleti korrekciós tényező értéke 100 mm-nél vékonyabb aszfaltréteg esetében 1,0. Vastagabb aszfaltrétegnél, a fenti képletet kell alkalmazni. Látható azonban, hogy a képlet csak a terhelés alatti behajlás korrekciójára alkalmas, így keresni kellett olyan összefüggést, ami a hátsó szenzorokon mért értékeket is tudja korigálni.

Karoliny a hazai burkolat-megerősítési eljárás kidolgozása során egy finn, az Oulu-i egyetemen kidolgozott összefüggést javasolt (Gáspár – Karoliny, 2014), így adott, hogy ezen összefüggés pontosságát vizsgáljuk. A korrekció alapösszefüggése:

$$k_{Di} = 1 - (T_a - 20) * a_i * h \quad (16)$$

*ahol:*

$k_{Di}$  - a terheléstől „i” távolságra mért behajlás korrekciós tényezője 20°C-ra

$T_a$  - a burkolatfelület hőmérséklete a méréskor, °C

$a_i$  - szenzortávolságtól függő paraméter

$h$  - bitumenes kötőanyagú rétegek összes vastagsága, mm

Jansen (2009) is hasonló korrekciót dolgozott ki PhD-értekezésében:

$$D_{20,i} = (a - b * T) * D_{T,i} \quad (17)$$

*ahol:*

$D_{20,i}$  - „i” távolságban lévő szenzoron mért, 20 oC-ra korigált behajlás

\(a,b\)) - a szenzorok távolságától, a hőmérséklettől és a behajlási értékek nagyságától függő paraméterek

$T$  - a burkolat hőmérséklete a felszín alatt, 5 cm-es mélységben

$D_{T,i}$  - „i” távolságban lévő szenzoron mért behajlás

A modell használatát nehezíti, hogy a bemenő paraméterként nem a felszíni, hanem az 5 cm-es mélységben mért aszfalthőmérséklet szerepel, hiszen a hazai gyakorlatban a rendelkezésre álló adatok, jellemzően, a léghőmérséklet mellett, a burkolathőmérsékletre szorítkoznak. Ez utóbbi többféleképpen becsülhető (pl.: BELLS3 modell), a német szabályozás azonban Kayser eredményét használja (Kayser, 2007), az alábbiak szerint.

$$y = a * \ln(0,01 * x + 1,0) + T \quad (18)$$

*ahol:*

$y$  - „x” mm mélységben becsült burkolathőmérséklet

$x$  - mélység, mm

$T$  - felületi hőmérséklet, °C

$a$  - hőmérséklettől függő paraméter, –

Az 1. ábrán szemléltetett mérési sorok kiértékelése során mind a két hőmérsékleti korrekciót alkalmaztuk, annak érdekében, hogy vizsgáljuk a két korrekció pontosságát. A mérési eredmények lehetősé tették, hogy a különböző burkolathőmérsékletek esetén mért és a modellek segítségével korrigált behajlási eredmények közötti egyezést vizsgáljuk. Ideális modell esetén ezen két érték között az eltérés nulla kellene legyen, a valóságban azonban ez az érték a modell megbízhatóságától függő változó. Ennek ismerete azért alapvetően fontos, hogy a hálózati szintű, évente végzett behajlás mérési eredmények idősorának ingadozást nem csupán a forgalmi terhelés okozta teherbírási csökkenés okozhatta, hanem a hőmérsékleti korrekció pontatlansága is. Ezen torzító hatás mértéke, ezen kiértékelésből jól becsülhetővé válik.

## 4. A földmű merevség és a pályaszerkezet teherbírási becslése

A reggeltől estig óránként regisztrált behajlási értékek idősora alapján, az egyes teherbírási-becslő modellek megbízhatósága felmérhető lehet, hiszen ebben az időszakban nincs semmilyen olyan klimatikus – a nyomon követett hőmérsékletváltozáson kívül – vagy forgalmi hatás, ami indokolná a teherbírási változást. Ha ingadozás figyelhető meg, az csak a hőmérsékleti korrekcióra, illetve az egyes modellek megbízhatóságára vezethető vissza, ha a mérési pontatlanságot elhanyagolható mértékűnek tekintjük.

A mérési eredményeken a korábban ismertetett modellek közül hármat teszteltük:

- Puodziukas és Pakalnis módszere,
- Jendia-féle módszer,
- AASTHO-eljárás.

Mind a három módszer, mint azt korábban részleteztük, a pályaszerkezet teherbírását két részre – a földmű állapotára és a földmű feletti pályaszerkezeti rétegek állapotára – bontva vizsgálja. Elméleti várakozásunk szerint, mind a két paraméternek az óránkénti mérések során konstans érték körül kellene ingadozni; a tényleges ingadozás mértéke pedig a modell megbízhatóságával hozható kapcsolatba.

### 4.1. A földmű-merevség alakulása

A három módszert alkalmazva, a két mérési pontban, két alkalommal mért adatok alapján, a földmű állapotát jellemző paraméterek statisztikai jellemzőit meghatároztuk. (2. táblázat).

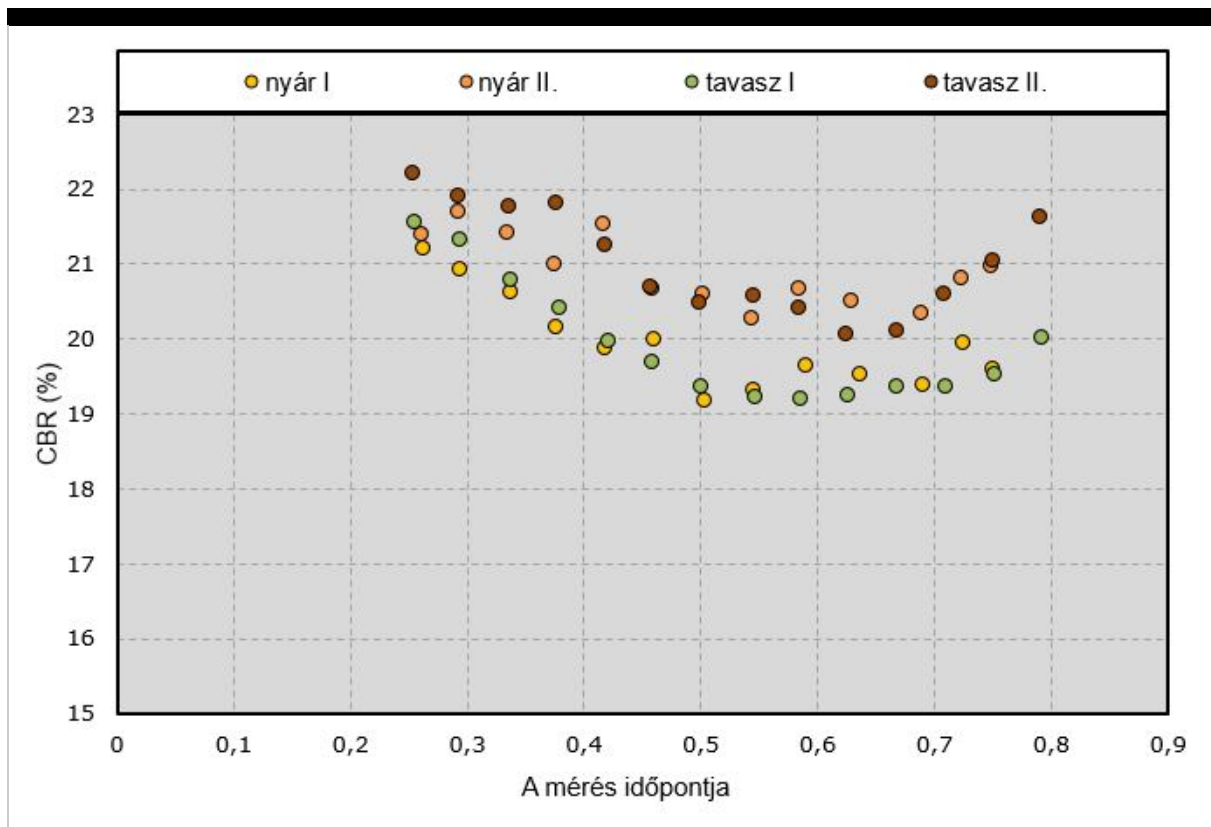
Módszer	Puodziukas		Jendia	AASTHO
Vizsgált jellemző	CBR (%)	SNsg	UI	Mr (MPa)
<b>nyár I.</b>				
átlag	19,94	1,70	36,15	182,47
szórás	0,63	0,02	2,37	5,65
variancia	0,03	0,01	0,07	0,03
<b>nyár II.</b>				
átlag	20,90	1,72	30,46	191,13
szórás	0,47	0,01	1,04	4,23
variancia	0,02	0,01	0,03	0,02
<b>tavasz I.</b>				

átlag	19,92	1,69	33,56	182,56
szórás	0,79	0,02	2,38	7,35
variancia	0,04	0,01	0,07	0,04
<b>tavasz II.</b>				
átlag	21,03	1,73	28,46	192,26
szórás	0,72	0,02	1,52	6,73
variancia	0,03	0,01	0,05	0,03

**2. táblázat**

*A földmű különböző eljárások alapján becsült állapotjellemzői*

Fontos megjegyezni, hogy a hátsó (>600 mm) szenzorokat, a nemzetközi gyakorlatnak megfelelően, sem a Jansen-képlet, sem pedig a finn összefüggés nem korigálja, a hőmérsékleti hatás azonban ott is megfigyelhető.

**2. ábra**

*Tavasszal és nyáron, két keresztmetszetben, óránként végzett behajlási eredmények alapján becsült CBR-értékek időszora Puodziukas és Pakalnis modell alapján*

Látható a 2. ábra alapján, hogy a burkolathőmérséklet növekedésével, csökkennek a becsült CBR-értékek, illetve, az esti lehűlést követően, ezek újra növekedésnek indulnak. Hasonló trend figyelhető meg a másik két modell esetében is, hiszen mind az „UI” paraméter, mind pedig a becsült reziliens modulus ( $M_r$ ) a hőmérsékletváltozásra kis mértékben reagál.

Figyelembe véve továbbá, hogy a vizsgált keresztmetszvények pályaszerkezete alatt, 30 cm-es vastagságban javítóréteg készült, amelyen, eltakarás előtt, 54-75 MPa-nyi E2-értékeket mértek, a kapott földmű-jellemzők megfelelően minősíthetők. A Jendia-módszer szerint,  $UI < 70$  ese-tében, a

földmű állapota jó; ezzel összhangban, a kapott CBR-értékek is meglehetősen magasak. Az amerikai szabályozás az így megkapott Mr-értékeket  $C=0,3$  értékkel korrigálja; ennek figyelembevétele után, a becsült modulus értékek szintén kiválóknak adódnak.

#### 4.2. A kötőanyag rétegek merevségének alakulása

Hasonlóan a földmű-állapot jellemző paramétereikhez, a három módszer pontosságát a kötőanyaggal készült rétegek vonatkozásában is vizsgáltuk. Meghatároztuk a két mérési pontban, két alkalommal mért adatok alapján, a „Tz”, az „SN” és az „Ep” értékeket. Itt azonban már a két – korábban ismertetett – hőmérsékleti korrekciót is alkalmazni kellett. Annak érdekében, hogy a hőmérsékleti korrekció hatása is láthatóvá váljon, minden esetben az eredeti, korrigálatlan adatokhoz is kiszámítottuk a burkolat állapotát jellemző paramétereket (3. táblázat).

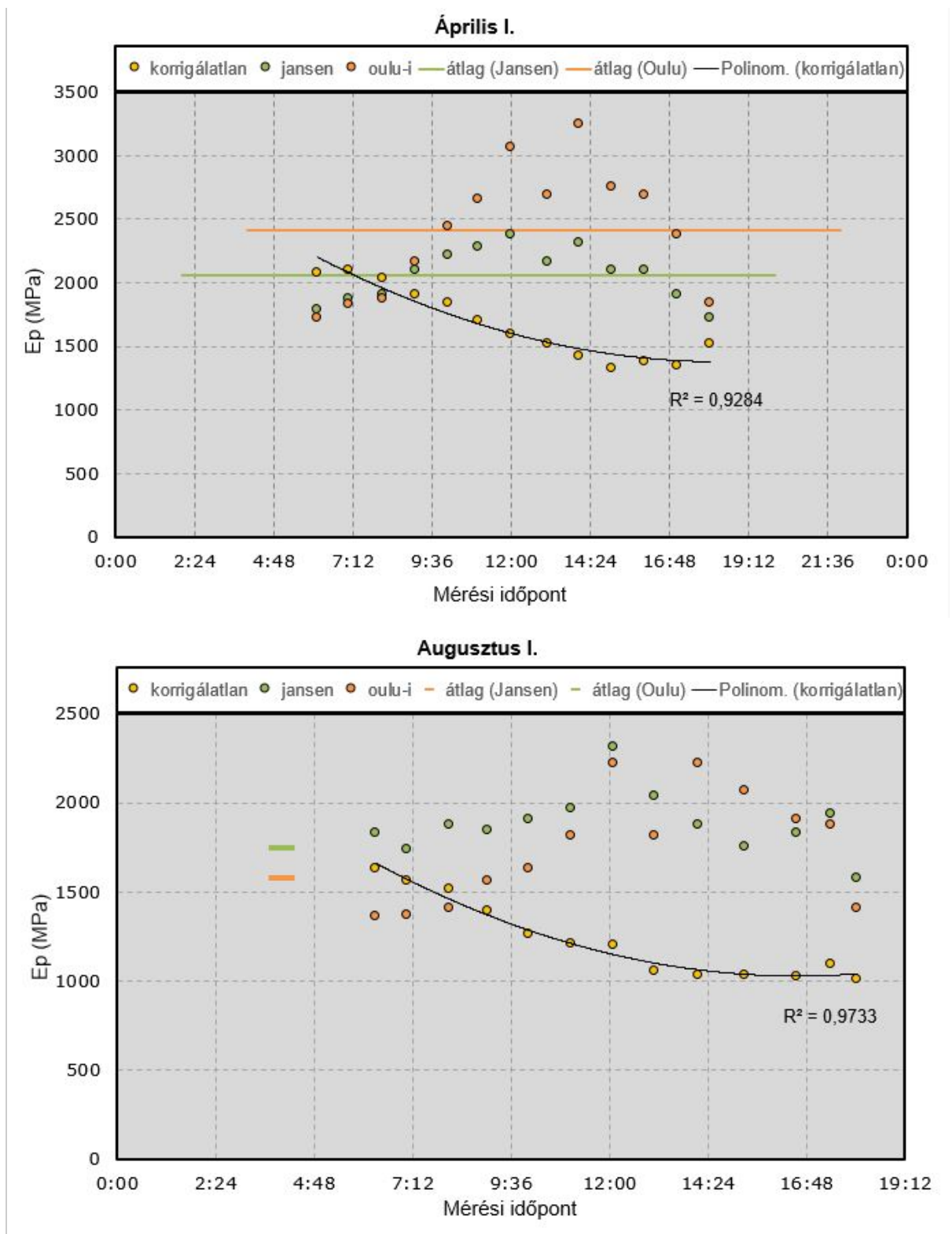
	Poudziukas			Jendia			ASTHO		
	SN			TZ			Ep		
	korrigálatlan	korrekció (Jansen)	korrekció (Oulu)	korrigálatlan	korrekció (Jansen)	korrekció (Oulu)	korrigálatlan	korrekció (Jansen)	korrekció (Oulu)
<b>nyár I.</b>									
átlag	6,74	8,70	10,63	1,14	1,55	1,74	1 230	1 882,3	1 741,2
szórás	0,77	0,51	1,51	0,22	0,15	0,17		172,73	312,30
variancia	0,11	0,06	0,14	0,19	0,096	0,099	0,18	0,09	0,18
<b>nyár II.</b>									
átlag	8,90	13,08	18,85	1,95	2,94	3,13	1 852	3 170,8	2 771,8
szórás	0,70	1,75	6,05	0,42	0,50	0,47	208,1	553,5	687,2
variancia	0,08	0,13	0,32	0,22	0,17	0,15	0,11	0,17	0,25
<b>tavasz I.</b>									
átlag	8,14	9,32	10,34	1,54	1,79	1,88	1 673	2 062,8	2 410,1
szórás	0,99	0,64	1,40	0,29	0,18	0,19	287,1	209,3	495,9
variancia	0,12	0,07	0,14	0,19	0,0998	0,0999	0,17	0,10	0,21
<b>tavasz II.</b>									
átlag	10,54	12,52	14,74	2,64	3,15	3,23	2 337	2 947,3	3 473,8
szórás	1,06	1,46	3,17	0,62	0,57	0,44	314,1	484,5	817,4
variancia	0,10	0,12	0,21	0,23	0,18	0,14	0,13	0,16	0,24

**3. táblázat**

*A különböző eljárások alapján becsült pályaszerkezet állapotjellemzők*

Jól látható, hogy, a korrigálatlan paraméterekhez képest, mind a két hőmérsékleti korrekció a behajlási eredmények felhasználhatóságán javított, hatásuk mértékét a 3. ábrán szemléltettük.



**3. ábra**

Az AASHTO-módszer szerint meghatározott „ $E_p$ ” értékek alakulása, hőmérsékleti korrekciókkal és azok nélkül

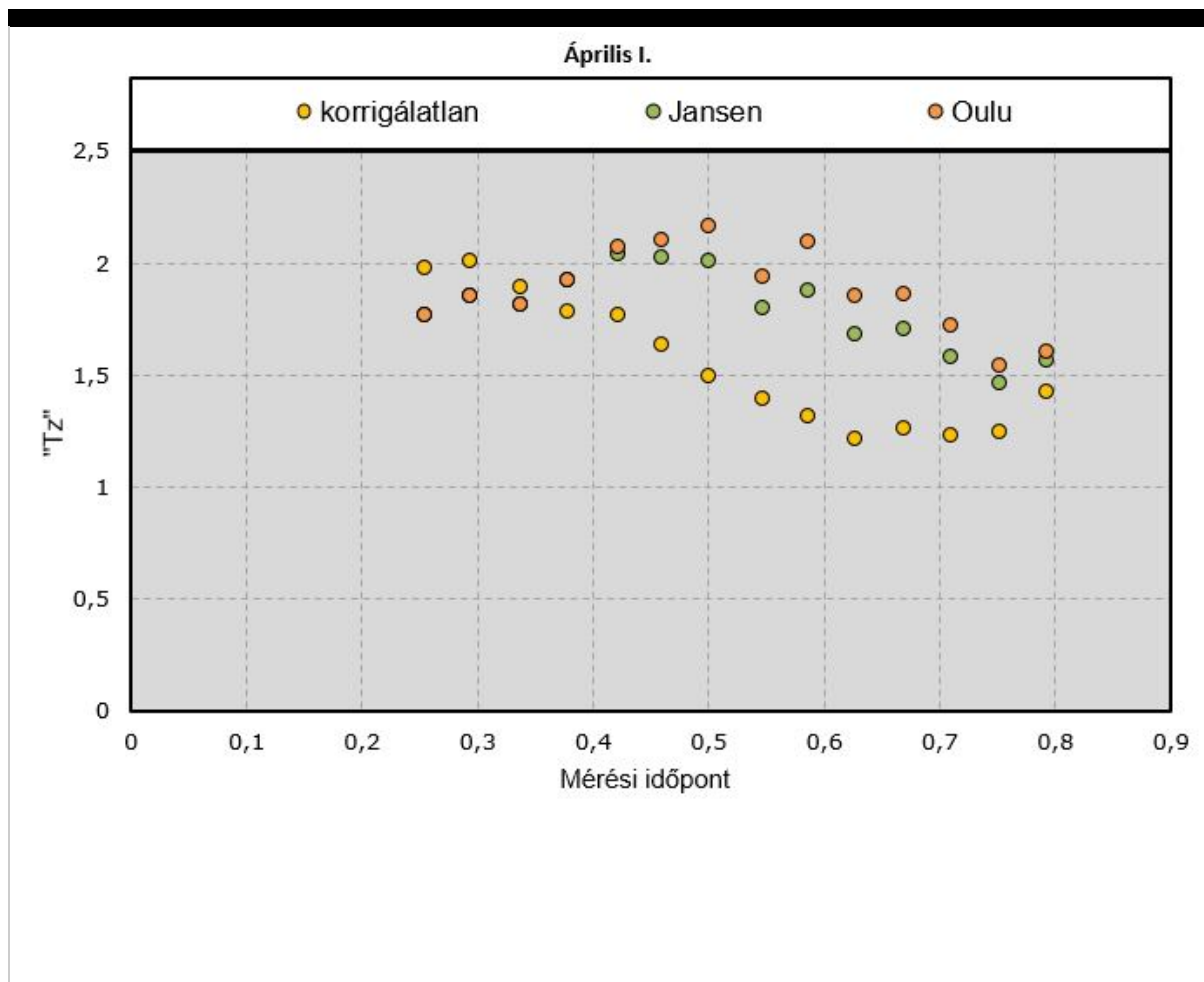
Látható, hogy a burkolathőmérséklet növekedésével a becsült „ $E_p$ ” értékek csökkennek, illetve az esti lehűlést követően, a korigálatlan értékek újra növekednek. A mérési időpont, azaz közvetve a hőmérséklet alakulása és a becsült teherbírás között nagyon szoros korreláció figyelhető meg. A hőmérsékleti korrekciónak ezt a hatást kellene „kisimítania”. Az áprilisi mérést vizsgálva, látható, hogy a Jansen-féle korrekció, az oulu-i összefüggéssel szemben, a hőmérsékleti hatás jelentősebb mértékű kiküszöbölésére volt képes. A 4. táblázat a 3. ábrán fel-tüntetett adatok áttekintő, statisztikai leírását szolgáltatja.

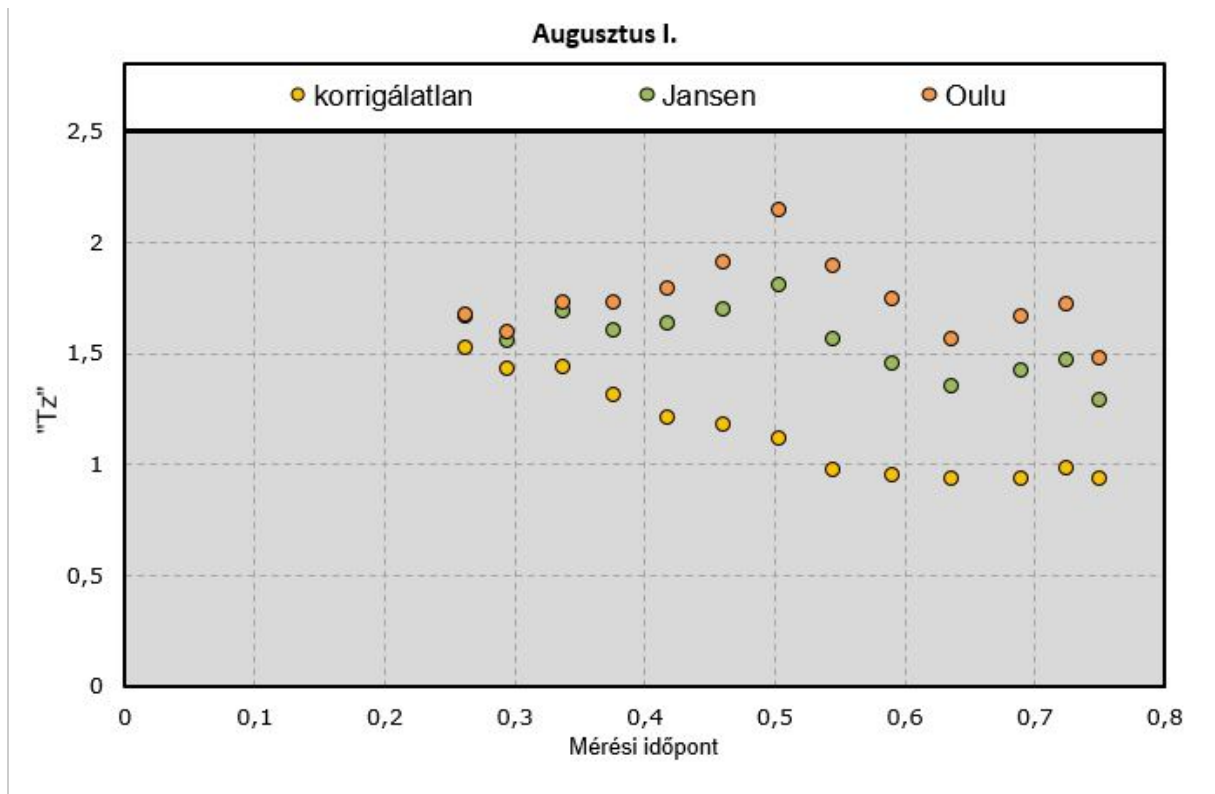
Korrekció-típus	Statistikai jellemző	Mérési időpont és hely	
		Augusztus I.	Április I
Korrigálatlan	min	1008,309	1328,461
	max	1625,188	2094,227
	átlag	1230,553	1673,36
	<b>terjedelem</b>	<b>617</b>	<b>766</b>
Jansen-féle korrekció	min	1578,336	1718,891
	max	2312,922	2375,406
	átlag	1882,354	2062,808
	<b>terjedelem</b>	<b>735</b>	<b>657</b>
Oulu-i korrekció	min	1359,695	1718,891
	max	2219,195	3250,188
	átlag	1741,24	2410,114
	<b>terjedelem</b>	<b>860</b>	<b>1 531</b>

**4. táblázat**

*Az AASTHO-eljárás alapján becsült pályaszerkezet-állapotjellemző terjedelme, különböző korrekciók esetében*

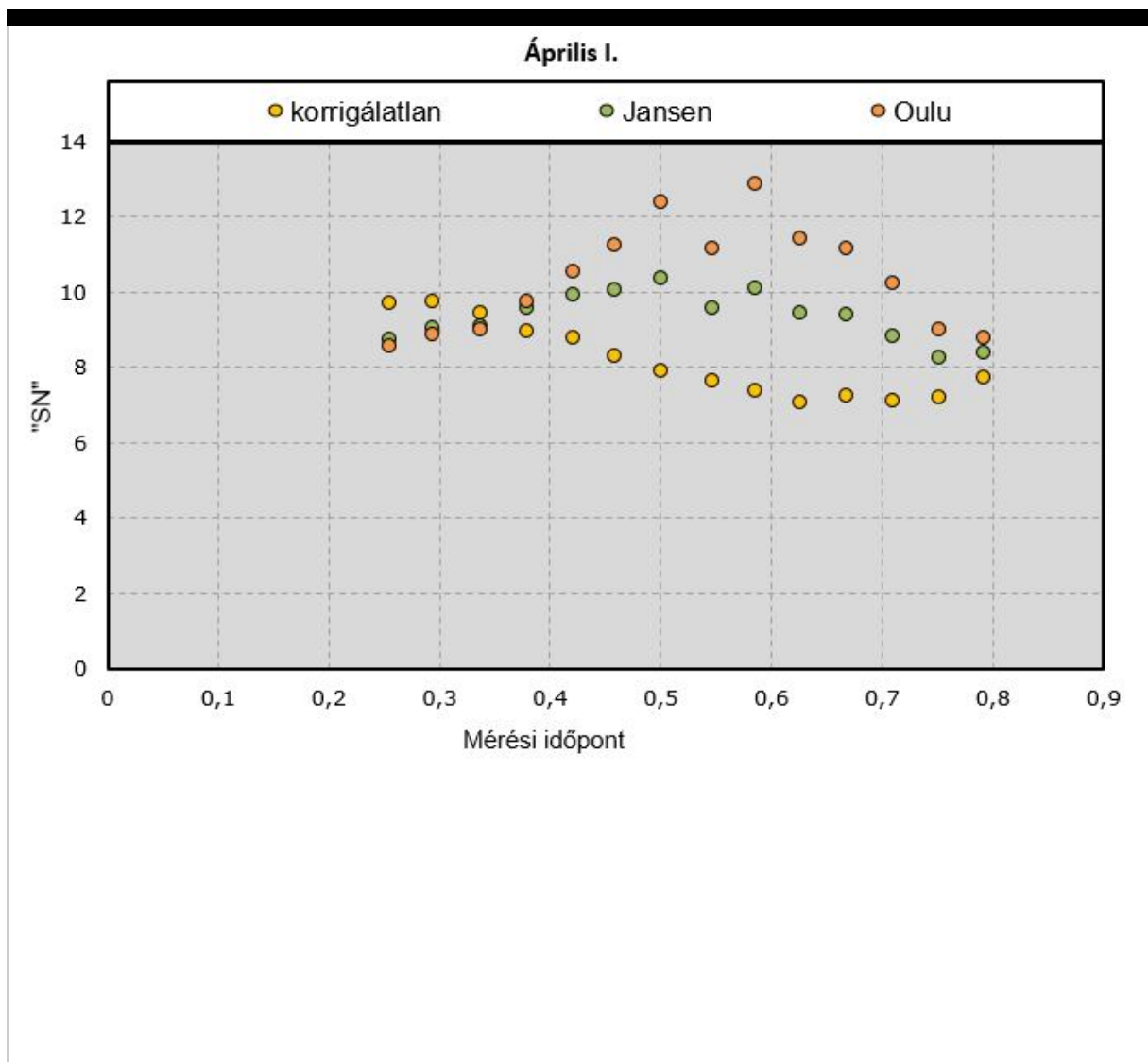
Hasonló trend figyelhető meg a másik két modell esetében is; mind az „Tz” paraméter, mind pedig a becsült SN a hőmérséklet változására hasonlóképpen reagál.

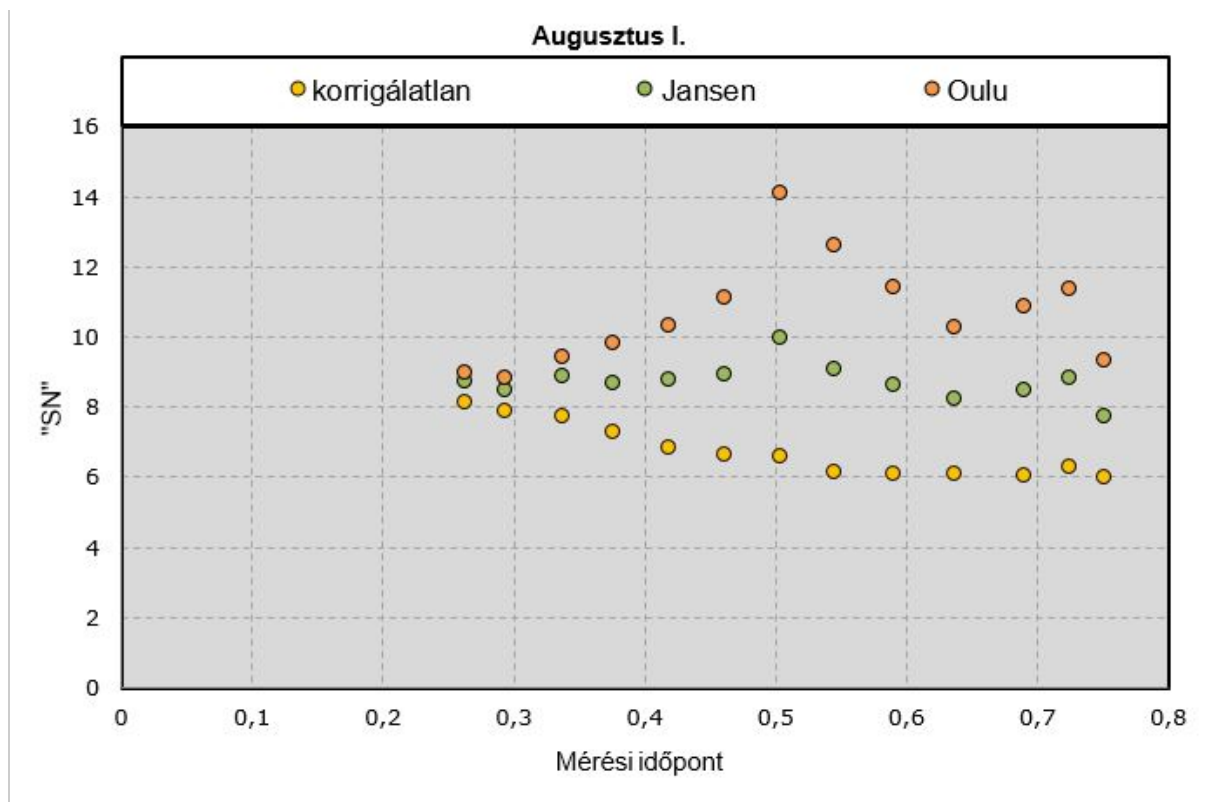




4. ábra

A Jendia módszer szerint meghatározott „Tz”értékek alakulása, hőmérsékleti korrekciókkal és azok nélkül





5. ábra

A Puodžiukas-módszer szerint meghatározott „SN”értékek alakulása, hőmérsékleti korrekciókkal és azok nélkül

Az eredmények azonban jól alátámasztják, hogy bármilyen modell alapján történik majd a jövőben a magyar úthálózat pillanatnyi teherbíróképességének vagy hátralévő élettartamának – akár hálózati, akár projekt szintű – vizsgálata, annak egyik legfontosabb eleme kell legyen egy olyan új hőmérsékleti korrekciós összefüggés megalkotása, amely a behajlási teknő teljes spektrumában képes korrigálni.

## 5. További kutatási célok és feladatok

Távlati kutatási célunk – a hazai úthálózat teherbírásának alakulását hálózati szinten és elvárt pontossággal leírni képes modell megalkotása – megvalósításaként, első lépéseként három (lett, német és amerikai) modellt vizsgáltunk. A modellek alkalmazhatóságának azonban szükséges feltétele a klimatikus hatások kiküszöbölése annak érdekében, hogy a teherbírás változása közvetlenül a lefutott forgalmi terheléssel legyen kapcsolatba hozható. Ennek részeként azt vizsgáltuk, hogy a hőmérsékleti hatás milyen módon és mértékben küszöbölhető ki. A csekély számú, korábbi kutatás során keletkezett adatok újrahasznosításakor azonban egyértelmű állásfoglalás nem tehető; csupán az állapítható meg, hogy mind a három vizsgált módszer alkalmas lehet arra, hogy a hazai pályaszerkezetek teherbírásának jellemzésére készülő modell alapját alkossa. Sajnos a napi hőingás hatásának kiküszöbölésére alkalmas hazai korrekciót az érvényes magyar szabályozás (e-ÚT 09.02.34, 2005) nem tartalmaz; a korábbi publikációkban (Gáspár – Karoliny, 2014), szereplő, ún. finn korrekció erre megfelelő lehet; a két szelvényben és két időszakban végzett méréseink eredményei azonban azt mutatták, hogy a Németország-ban kidolgozott korrekció (Jansen, 2009) jobb megbízhatósággal korrigál. Ennek eldöntése azonban még újabb vizsgálatok elvégzését igényli.

További vizsgálatok szükségesek annak megítélésére is, hogy az évszaki ingadozást, valamint a mérést megelőző időszak csapadékviszonyait milyen mértékben képesek a modellek leképezni. Ennek érdekében, kijelölt útszakaszokon heti rendszerességgel, egy teljes meteorológiai éven át

végzett mérések szolgálhatnak alapul.

A fenti vizsgálatok elvégzését és kiértékelését követően dolgozható ki olyan hazai modell, amelynek segítségével a magyar aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek leromlása modellezhető.

## 6. Irodalomjegyzék

2-1.202:2005 (e-UT\_09-02-34) Dinamikus teherbírásmérés (KUAB). Mérési eredmények feldolgozása.

AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials. Guide for Design of Pavement Structures, 1993.

Bryce, J. M. et al.: Developing a Network-Level Structural Capacity Index for Structural Evaluation of Pavements. VCTIR 13-R9. Virginia Center for Transportation Innovation and Research, Charlottesville, 2013.

Burkolatleromlási modell készítése. A KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. témajelentése (Témafelelős: dr. Gáspár László), 2017, 113 p.

Chai et al. : Prediction of Subgrade CBR using FWD for Thin Bituminous Pavements. International Journal of Pavement Research and Technology, 2013.

Cickovic, M.; Bald, J. Stefan: Rückrechnung der charakteristischen mechanischen Parameter von Verkehrsbefestigungen aus FWD-Messungen Straße + Autobahn, 2017

Emery, S. J.: Prediction of Moisture Content for Use in Pavement Design. Ph.D. dissertation. University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa, 1985.

Flora, W.F. Development of a Structural Index for Pavement Management: An Exploratory Analysis. Master's Thesis. Purdue University, West Lafayette, Indiana, 2009.

Gáspár L., Karoliny M.: Felújított útpályaszerkezetek ciklusidejének növelése korszerű tervezéssel. Közlekedéstudományi Szemle 64:(4), pp. 7-20, 2014.

Gedafa, D. et al.: Estimation of Remaining Service Life of Flexible Pavements from Surface Deflections. Journal of Transportation Engineering, Vol. 136, Issue 4, 2010a, pp. 342-352.

Gustav T. Rohde: Determining Pavement Structural Number from FWD Testing. Transportation Research Record 1448, 1994.

Haas, R., Hudson, Q.R. and Zaniewski, J.: Modern Pavement Management. Krieger Publishing Company, Malabar, FL. 1994.

Highway Research Board „The AASHTO Road Test: Report 5 – Pavement Research” Highway Research Board Special Report 61-E, 1962.

Irwin, L. H. User's Guide to MODCOMP2, Version 2.1. Local Roads Program, Cornell University, Ithaca, N.Y., 1983.

Jansen, D.: Temperaturkorrektur von mit dem Falling-Weight-Deflectometer gemessenen Deflexionen auf Asphaltbefestigungen, Essen, 2009.

Kavussi, A. et al.: A new method to determine maintenance and repair activities at network level pavement management using falling weight deflectometer. Journal of Civil Engineering and Management, 23:3, 338-346, DOI: 10.3846/13923730.2015. 1073173, 2017

Kayser, T.: Berücksichtigung klimatischer Bedingungen bei der rechnerischen Dimensionierung von Oberbauten für Verkehrsflächen, Dissertation, TU Dresden. 2007.

Omar Elbagalati, Mostafa Elseifi, Kevin Gaspard & Zhongjie Zhang (2018) Development of the pavement structural health index based on falling weight deflectometer testing, International Journal of Pavement Engineering, 19:1, 1-8, DOI: 10.1080/10298436.2016.1149838

Puodžiukas, V., Pakalnis, A.; Determination of seasonal factors for structural condition values of bituminous pavements, Journal of civil engineering and management, 8:2, 133-137, doi: 10.1080/13923730.2002.10531265, 2002.

Romanoschi, S. and Metcalf, B.: Simple approach to estimation of pavement structural capacity. Transportation Research Record 1652 (1), 198–205. doi:10.3141/1652-59., 1999.

Scullion, T.: Incorporating a structural strength index into the Texas pavement evaluation system. CollegeStation, TX: Texas Transportation Institute, Research Report 409-3F, 1988

Tóth Csaba – Tóth J.: Útpályaszerkezetek roncsolásmentes diagnosztikai lehetőségei. Köz-úti és mélyépítési szemle. (2008)

Ureczky J. Tóth Cs.: A hőmérséklet teherbírással gyakorolt hatásának vizsgálata. Közúti és mélyépítési szemle 58. évfolyam, 3.szám.

ÚT 2-2.202:2005 (e-ÚT 06.03.13) Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése.

Wimsatt, A.J.: Direct analysis methods for falling weight deflectometer deflection data. Transportation Research Record 1655 (1), 135–144. doi:10.3141/1655-18., 1999.

## *Adatok*

### *Megjelent itt*

## **11. szám**

---

### *Szerző*

#### **Tóth Csaba**

Docens, BME Út és Vasútépítési Tanszék.

#### **Dr. habil. Gáspár László**

okl. mérnök, okl. gazdasági mérnök, az MTA doktora. A Közlekedéstudományi Intézet kutató professzora, a Széchenyi István Egyetem emeritusz professzora. 400 publikációjának és 520 szakmai előadásának zöme útépítési, -fenntartási és -gazdálkodási témákkal foglalkozik. 30+ nemzetközi téma és bizottság tagja vagy vezetője (volt).

---

### *Témakörök*

#### **Útépítés**

### *Kulcsszavak*

hőmérsékleti korrekció • Szerkezeti szám • teherbírás

*Befogadva*

2018. augusztus 24.

---

## Hozzászólás

Hozzászólás

\* Név

\* E-mail cím

Honlap

Hozzászólás elküldése

Bejegyzések

Galéria

Impresszum

Interjúk

Könyvajánló

Nemzetközi szemle

Szakolvasó

Témakörök

---

© Copyright **Ütügyi Lapok** 2019 • Minden jog fenntartva.

Az Ütügyi Lapok félévente elektronikus formában megjelenő, online szabadon elérhető kiadvány, erre tekintettel jelenleg nem előfizethető. Alkalmanként azonban papíralapon is megjelenik, amennyiben szeretne a papír alapú megjelenésről értesítést illetve példányt kapni, kérjük érdeklődési szándékát az alábbi címen jelezze: [utugyilapok@makadam.hu](mailto:utugyilapok@makadam.hu). *A lapban megjelent cikkek a szerzőik személyes véleményét fejezik ki és nem feltétlenül egyeznek meg a szerkesztők véleményével illetve ismereteivel.*





Folyóirat

Bejegyzések

Szakolvasó

Impresszum

# Útügyi lapok

# 11

Cikk

## A dél-koreai pályaszerkezetméretezés rövid áttekintése; hajlékony pályaszerkezetek

*A cikk célja a dél-koreai pályaszerkezetméretezés rövid ismertetése, valamint a jelenlegi és a korábban használt AASHTO eredményein alapuló eljárás különbségeinek bemutatása. Az AASHTO módszer alkalmazása során különböző problémák merültek fel, mint például a felesleges többlet anyagfelhasználás és a pályaszerkezet élettartalmának rövideje. Így, Dél-Korea kifejlesztett egy új eljárást, amely a regionális hatásokat is figyelembe veszi a koreai mechanisztikus-empirikus pályaszerkezet méretezés során. A cikk célja, hogy bemutassa a tervezés azon részét, amely eltér az AASHTO eljárástól, valamint ismerteti a koreai mechanisztikus-empirikus pályaszerkezet méretezési programot.*

### 1. Bevezetés

Dél-Korea jellegzetes évszaki változásai ellenére, 2010-ig pályaszerkezet méretezéshez a 2002-ben kiadott AASHTO útmutatót alkalmazták (AASHTO EXECUTIVE COMMITTEE, 2002). Ennek eredményeképpen – a szezonális és regionális hatások miatt – a pályaszerkezet hibái a vártnál hamarabb lettek fellelhetők. Így, a Koreai Szárazföldi, Közlekedési és Tengerészeti Ügyek Minisztériuma (MOLIT) kidolgozta a koreai mechanisztikus-empirikus pályaszerkezetméretezési (KMEPD, Korea Mechanistic-Empirical Pavement Design) eljárást, amit 2011-től alkalmaznak. A módszer hatására a fenntartási költségek 65 000 000 Euróval csökkentek az elmúlt 5 év során, a pályaszerkezet élettartalma pedig a (MOLIT, 2015) tanulmány alapján 12,1 évre nőtt. A megnövekedett élettartalom pozitív hatással bírt a társadalmi költségekre, mivel a fenntartási- és üzemeltetési munkák során keletkező torlódások jelentősen csökkentek. Ennek nyomán Korea ki tudta terjeszteni a technológiát, építési eljárást és technikai hátteret a környező országokban is (SON, et al., 2013)

A cikk a továbbiakban a koreai méretezési eljárás hátterét és jellemzőit kívánja röviden bemutatni, kiemelve a KMEPD és az AASHTO tervezési eljárások közötti különbségeket.

### 2. Rövid történelmi áttekintés Korea pályaszerkezet méretezéséről

A háború utáni gazdasági visszaesést követően Dél-Korea célul tűzte ki az infrastruktúra nagy mértékű fejlesztését. Az ország által vezetett infrastruktúra-bővítési projekt hatására Dél-Korea az egyik legszegényebb országból olyan országgá vált, amely támogatni tudja a fejlődő országokat.

A forgalom nagysága élesen megemelkedett a 70-es évek béli gazdasági fellendülés következtében. Így az infrastruktúra-bővítés fő eleme a gyorsforgalmi úthálózat kiterjesztése volt az árufuvarozáshoz. A földrajzi adottságok miatt Korea nem érintkezik egyéb országokkal, így a belföldi szállítások igényeinek kielégítésére volt szükség a szállítási költségek csökkentése érdekében. Ez a földrajzi jellegzetesség sokat segített a koreai pályaszerkezet-tervezési technológiájának fejlesztésében, mivel Dél-Korea ebben az időszakban jelentős mennyiségű empirikus adat tudott összegyűjteni (KIM & KIM, 2007).

1926-ban megépült az első aszfalt makadám burkolat a mai fővárosban, az akkor gyarmati Szöulban. A jelenleg is alkalmazott



aszfalt pályaszerkezet elsőként az 50-es években jelent meg, amerikai támogatás révén. A körülmények javultak napjainkra, miáltal a teljes úthálózat-hossz Koreában 107 527 km, melyből a burkolt utak aránya 92,1% (2016, MOLIT).

### 3. Pályaszerkezet méretezés Koreában

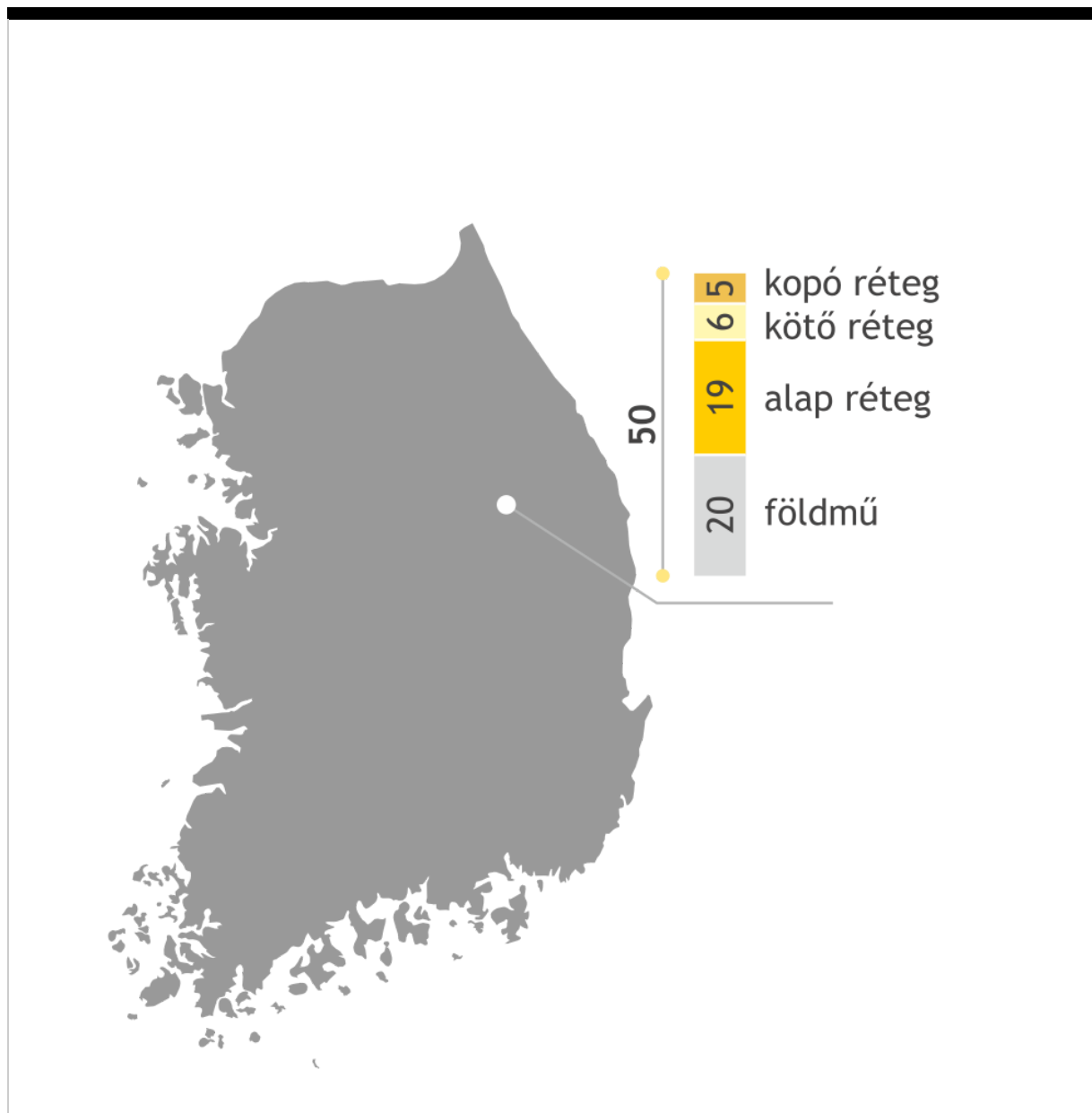
A burkolat típusának megválasztásához a forgalom nagyságát, az altalaj tulajdonságokat, az éghajlati, építhetőségi, közlekedés gazdaságossági, teljesítményi és fenntartási menedzsment tulajdonságokat kell figyelembe venni.

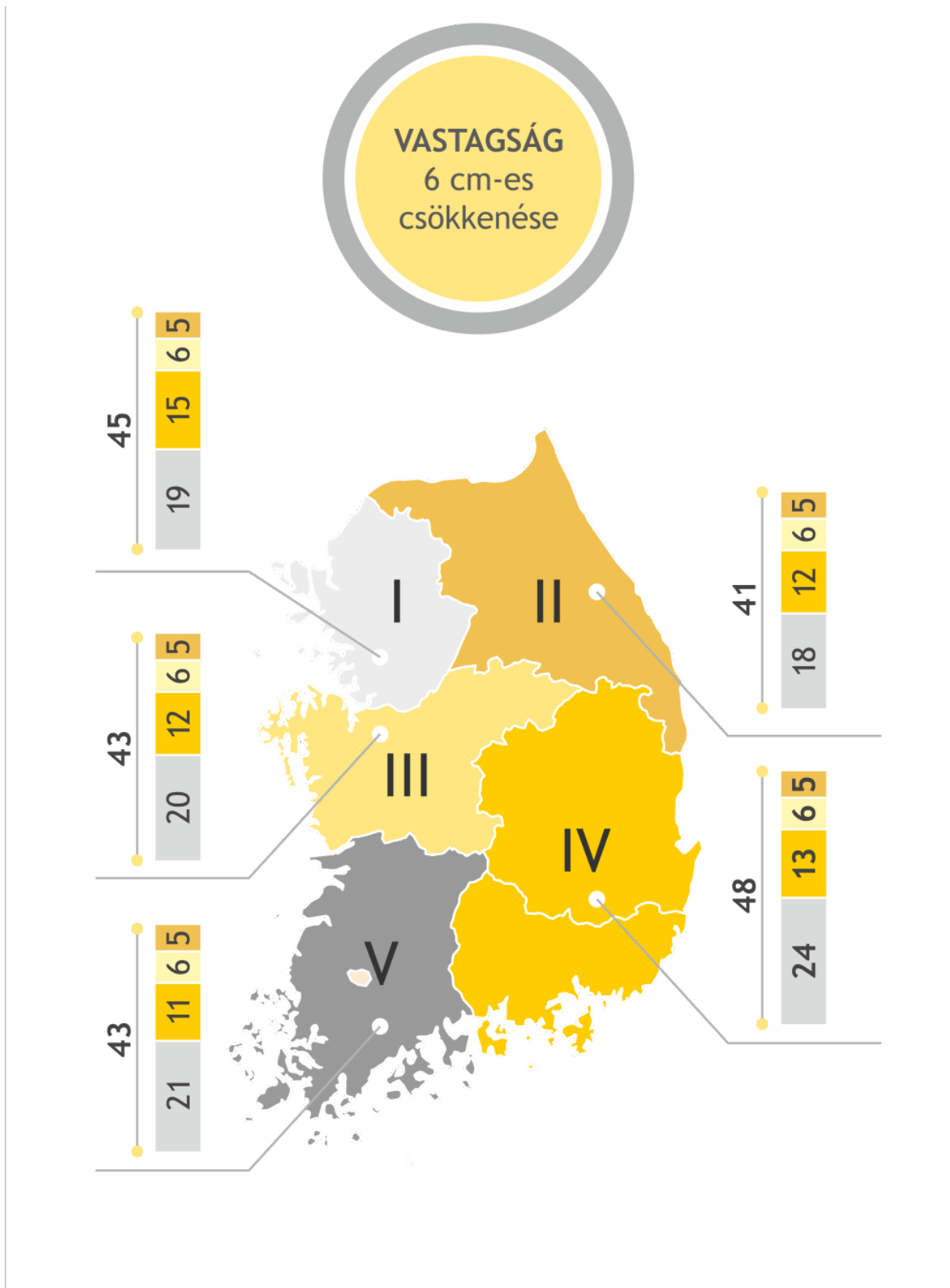
A jelenlegi módszer fő pályaszerkezet méretezési protokollja nem sokban különbözik az AASHTO módszertől. Azonban – az utóbbival ellentétben – a KMEPD számításba veszi az útszakasz területi elhelyezkedését is. A következőkben a KMEPD méretezés rövid bemutatása tekinthető meg kiemelve az AASHTO módszerrel szembeni különbségeket.

#### 3.1. A koreai mechanisztikus-empirikus pályaszerkezet méretezési eljárás (KMEPD)

2011-ben az AASHTO módszer hiányosságainak leküzdésére bemutatták koreai mechanisztikus-empirikus pályaszerkezetméretezési módszert (KMEPD). Az AASHTO tervezési módszer nem volt megfelelő a koreai körülményekre, miáltal nagy mennyiségű anyag került feleslegesen beépítésre. A koreai autópálya vállalat (Korea Expressway Corporation) szerint a regionális tényezőnek köszönhetően minden építőipari ágazat esetében a burkolat vastagsága 6 cm-rel csökkent (1. ábra).

A KMEPD alapján a Korea Expressway Corporation nyilvánosságra hozott egy koreai pályaszerkezet kutatói programot (KPRP) is. A KPRP és a KMEPD fő jellemzője a hazai adatok alkalmazása az empirikus tervezéshez. Az AASHTO módszer az AASHTO út-teszt során használt anyagokon és terhelési feltételeken alapul, így nem volt alkalmas a koreai állapotokra. A KPRP ezzel szemben figyelembe veszi a hazai gyártású anyagokat (pl. cement, bitumen, aggregátumok és talaj), valamint a forgalmi és az éghajlati jellemzőket is (1. táblázat). Emellett a módszer számszerűsítette a forgalom nagyságát, ami alapján kialakítható a saját pályaszerkezet-hiba modell (failure model).





1. ábra

Pályaszerkezet szükséges rétegei és azok vastagsága AASHTO alapján (balra) és KMEPD alapján (jobbra) a regionális jellemzőktől függően.  
[Korea Ministry of Land, 2011]

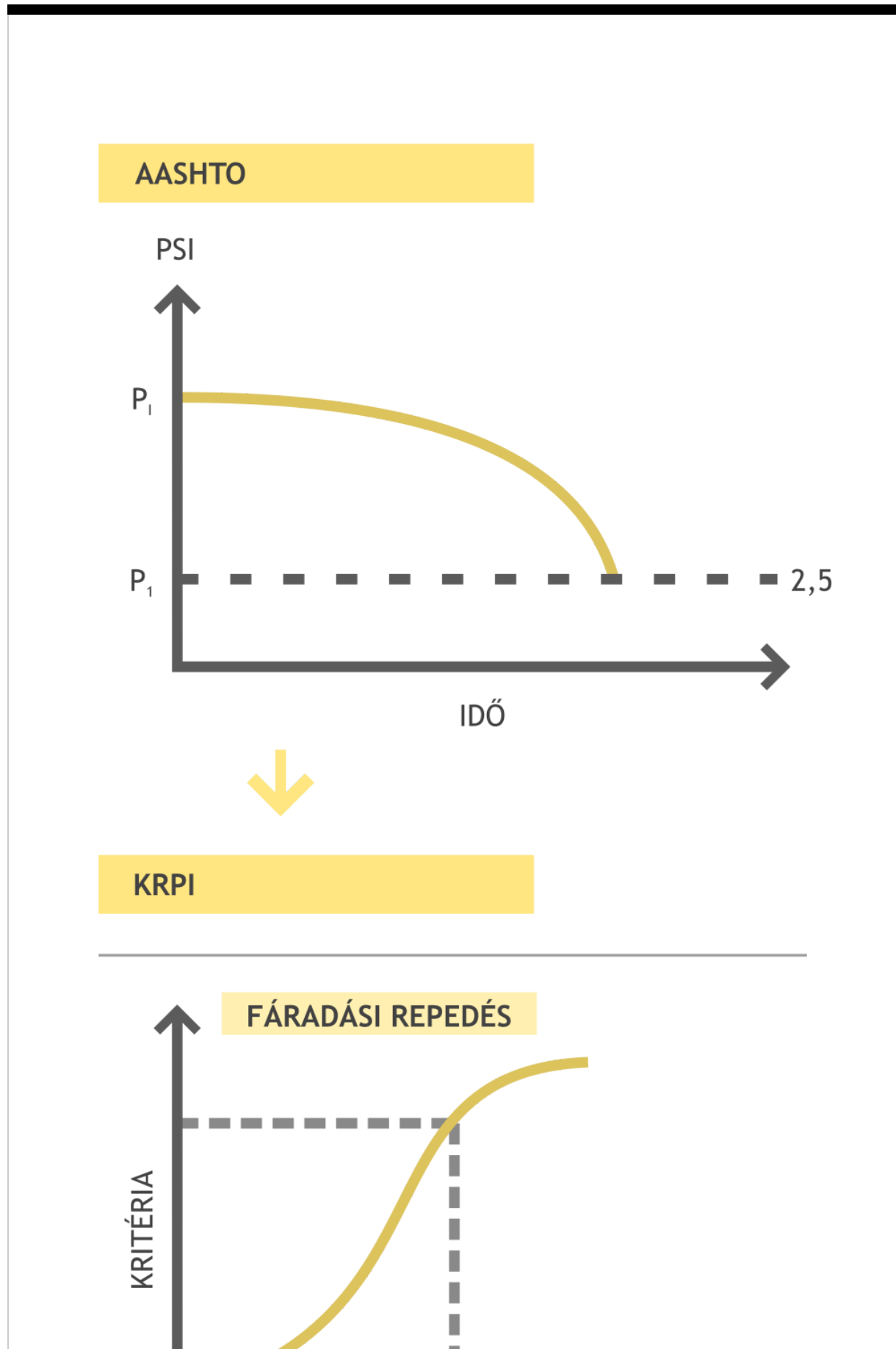
A KPRP eljárás a forgalmat olyan járműtípusokba osztotta, ami tükrözi az út rangját, valamint az időbeli és a szezonális hatásokat. Az AASHTO az ESAL (egységtengely) módszert alkalmazza a forgalmi terhelésre. Ez a különböző tengelyterhelések burkolatra gyakorolt eltérő hatásainak elhanyagolását okozta, pedig akár ugyan az a tengelyterhelés rongáló hatása is eltérő lehet különböző éghajlati viszonyok mellett. Jelentős az a tény is, hogy Dél-Korea forgalma meghaladta az AASHTO-nál fellépő forgalom nagyságát. Ezzel szemben a KPRP extrapolációs módszert használ a kalibráláshoz, de ez hibákat eredményezett mely akadályozta a pontos tervezést.

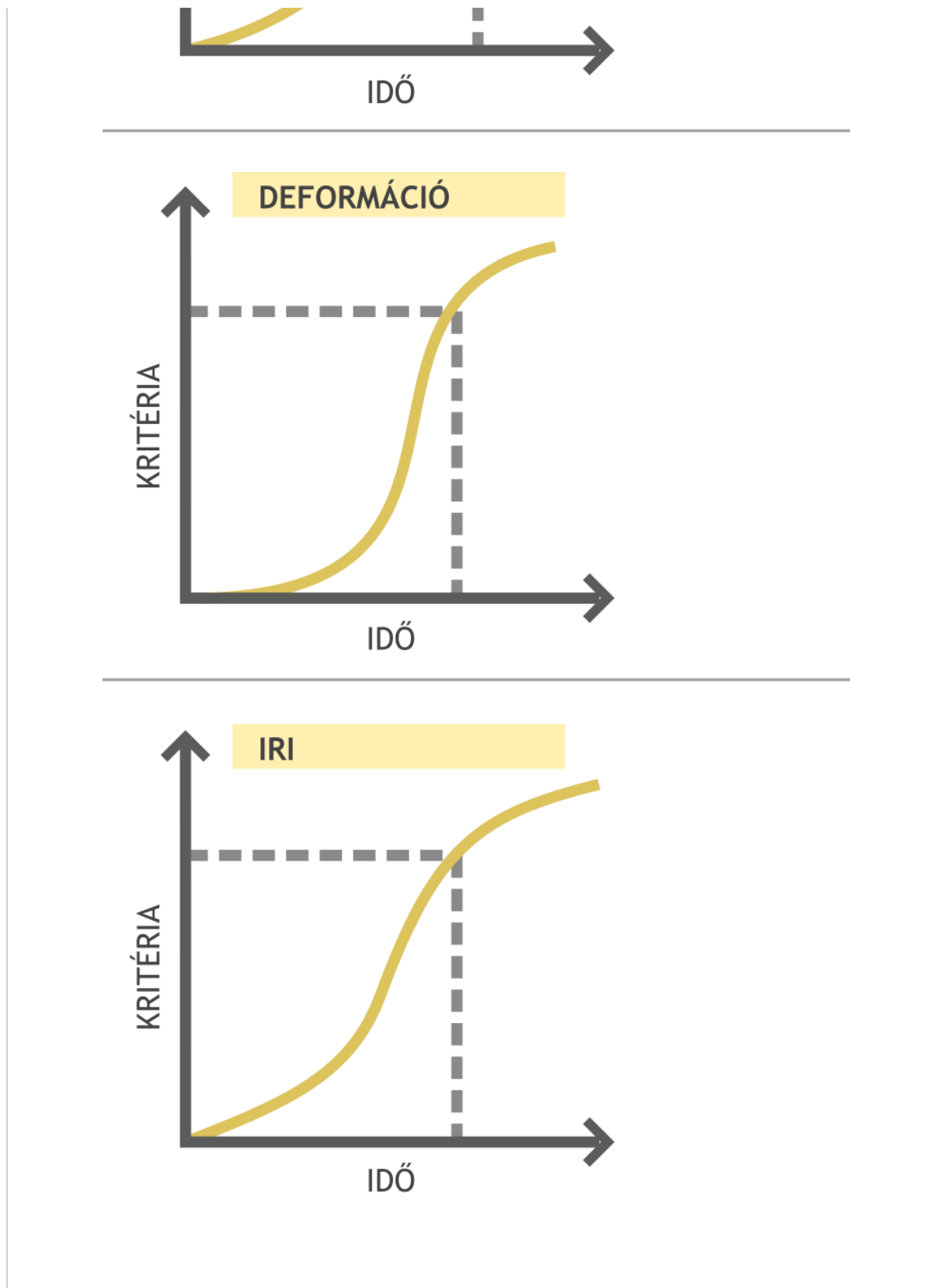
A PSI (Pavement Serviceability Index) helyett ez a program új hiba-modellt alkalmaz, amelyben az idő változóként jelenik meg. Ez a hiba-modell minden egyes pályaszerkezetben tapasztalható elváltozásra (fáradási repedés, deformáció, egyenetlenség)

különböző időszekvenciát alkalmaz a hiba szintjének leírására.

A PSI a burkolat hibákat funkcionális meghibásodásként határozza meg a felhasználó szempontjából. Mivel ez magában foglal emberi tényezőt is, így a PSI nem annyira objektív, hisz ugyan az a meghibásodás más szintű hibaként is értékelhető lehet.

(Például sok esetben előfordultak nyomvályúk vagy repedések, amelyek láthatók PSI = 2.5 érték elérése előtt.) Mivel a KPRP-ben a hibákat az idő függvényeként írják le (2. ábra), így a program képes megkülönböztetni a rendellenességeket, mely lehet strukturális hiba vagy funkcionális meghibásodás is. A 2. ábra bemutatja a különbségeket a két módszer hiba kritériuma között.



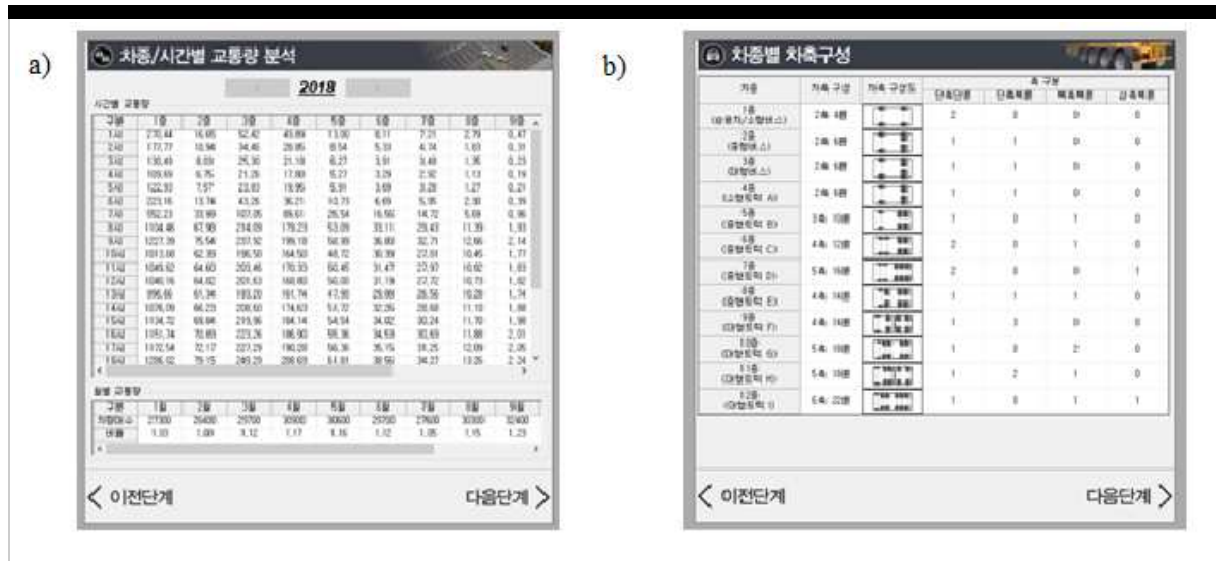


**2. ábra**  
AASHTO és KMEPD hibakritérium összehasonlítása

A korábbi tervezési eljárás nem tesz különbséget az utak fontossága (kategóriája) között és nagyban támaszkodik a tervező tapasztalatára, mely szubjektív tervezéshez vezethetett. A módszer alapján mind a regionális, mind a gyorsforgalmú utak azonos pályaszerkezeti vastagsággal építendőek, így a feleslegesen beépített anyagok mennyisége miatt extra-költség jelenik meg. Ezért a KMEPD módszer a méretezéshez megkülönbözteti az úthálózatokat azok rangja szerint, mint első-, másod-, és harmadrendű (3. táblázat).

### 3.2. Aszfalt pályaszerkezet méretezési módszere

Az aszfalt pályaszerkezet strukturális tervezési folyamata a 3. ábrán bemutatott inputokat használja a teljesítmény elemzéséhez és a pályaszerkezet teljesítmény-indexéhez (repedés, maradó alakváltozások, IRI). A rendszer szintén ellenőrzi, hogy ez az élettartam alatt megfelel-e a szabványnak.



3. ábra  
 Forgalomelosztási elemzés a) idő szerint és b) járműtípus alapján, KPRP képernyőfelvétel

Az aszfalt pályaszerkezetek 4 csoportra oszthatók, a kötőanyag típusa, építési mód, funkció és elhelyezkedés alapján. Kötőanyag-szerint további kisebb csoportok különböztethetők meg, mint hagyományos aszfaltkeverék, polimerrel modifikált aszfalt, gumival vagy műgyantával modifikált „semi-blended” aszfalt, valamint öntött „guss” aszfalt. Szintén megkülönböztethetjük a hengerelt „rolled” és a „full depth” aszfaltokat, ahol az alsó alapréteg is aszfaltkeverékből épül. A forgalmi terhelés 12 járműtípust különböztet meg a tengelyek (egyes, tandem, tridem tengely) alapján. A kategórián belül a forgalmak tovább osztályozandók havi és órai forgalomra a szerkezeti elemzéshez. Mivel a terhelési gyakoriság eltérő lehet a forgalom sebességétől függően, ez óvatosságot igényel a tervezés során.

Az aszfaltburkolat kialakításánál az éghajlati viszony az anyag-tulajdonságok megváltozásának becslésére szolgál. Ez a becslés magában foglalja a hőhatást, a rugalmassági modulus, az altalaj típusát és a talaj víztartalmát, valamint annak változását.

KMEPD és KPRP a rugalmas lemezelméletet alkalmazza, ami a rugalmasság hatását használja a különböző tengelytávolságok és típusok mérlegelésére. Emellett figyelembe veszi a burkolat szerkezetének nemlinearitását és a feszültségeket a rétegek együttdolgozásával. A rugalmassági modulus becslési modell kiszámításához a határértéknél fellépő feszültségeket és a deformációállapotot használják. A pályaszerkezet viselkedése a határértéknél;

Az rétegeknél

- Húzó/hajlító igénybevételek (fáradási repedések)
- Függőleges nyomófeszültségek (az aszfaltkeverék és az altalaj maradó alakváltozása)

Input	KMEPD		Előző méretezési eljárás	
	Aszfalt	Beton	Aszfalt	Beton
Anyagi tulajdonság	Dinamikus modulus (E*)	Hajlítás (R), Hasítás (S), Nyomószilárdság (S), Rugalmassági modulus (E), Hőtágulási együttható, Zsugorodási együttható	Réteg együttható (ai)	Rugalmassági modulus (Ec) Szakító szilárdság (Sc )
Altalaj anyagi tulajdonság	Reziliens modulus (MR)	Altalaj reakció dinamikus modulusa	Altalaj szilárdsága (SSV)	Ágyazási tényező (k)
Környezeti állapot	Burkolat belső hőmérséklete, Altalaj víztartalom-változása	Betonlemez hőmérsékletének változása, Altalaj víztartalom-változása	Vízvezetési együttható (m)	Vízvezetési együttható (m)
Forgalom	Tengelysúly megoszlása járműtípus szerint	Tengelysúly megoszlása járműtípus szerint,	Egységtengety (ESAL)	Egységtengety (ESAL)

Tengely hossza

## 1. táblázat

KMEPD és a korábbi eljárás bemeneteinek összehasonlítása [Korea Ministry of Land, 2011]

Teljesítmény elemzés tartalmazza a felülről lefelé terjedő termikus repedések, az alulról felfelé terjedő fáradási repedések, a maradandó alakváltozások és az egyenetlenség becslését. Ez a becslési modell a laboratóriumi vizsgálat és a helyszíni vizsgálatok (termikus és fáradási repedések és maradandó alakváltozás) eredményeit használja fel.

A laboratóriumi és helyszíni adatok összehasonlítása nyomon követhető a függvény teljesítményelemzéséhez. Ha a repedések halmozott aránya (1. egyenet) és a KPRP által kiszámított deformáció meghaladja az irányértéket, akkor az átmeneti funkció beállítása újra megtörténik. Az egyenetlenség paramétere a Nemzetközi Egyenetlenségi Indexet (IRI) követi.

$$\text{Repedés (\%)} = BU (\%) + \frac{0,3 * TD (\%)}{3,6 * 1000} \times 100 \quad (1)$$

ahol:

$BU (\%)$  - (bottom-up) fáradási repedések aránya

$TD (\%)$  - (top-down) termikus repedések aránya

## 3.3. Forgalom

A tervezési folyamat során a forgalom DB terhelésként írható le. DB: doroban trailer, ami a Dél-Koreai méretezés alapjául szolgáló félpótkocsit jelenti. Az AASHTO útmutató alapján ez a HS félpótkocsi-terhelésére hivatkozik (HS, highway semitrailer, a nyergesvontató vontatmánya). Az általános árufuvarozás hatására komoly alakváltozások jelentek meg országszerte az autópályahálózaton a nagy mértékű tehergépjárműforgalom miatt.

Dél-Koreát sajátos járműkarakterisztika jellemezi, például a félpótkocsi teljes hosszúság-szélesség méretei Koreában 16,7 m – 2,5 m, míg Amerikában 17,76 m – 2,59 m. Ezért, 1977-ben a DB-24 hozzáadásával módosították a forgalmi terhelés meghatározását. Ez a kategória az AASHTO-ban korábban nem szerepelt. Így jelenleg megkülönböztethető DB-13.5, DB-18 és DB-24 kategória. (Összehasonlításként, az AASHTO HS-20 kategória 32,4 t, a DB-24 pedig 43,2 tonna.)

A KMEPD forgalmi adatként az átlagos éves napi forgalom nagyságát (Annual Average Daily Truck Traffic, AADT) használja. Az élettartam alatt a tervezett úton áthaladó forgalom teljes számát havonta és óránként mérik és sorolják be, figyelembe véve a tengely típusát és annak elosztását. A tervezett forgalmi nagyságot a 2. és 3. táblázatba foglalt értékek segítségével a 2. egyenet alapján határozzák meg,

$$AADT_{DD,DL} = DD \times DL \times AADT \quad (2)$$

ahol:

$DD$  - irányorzó

$DL$  - sávorszó

$AADT$  - az átlagos éves napi forgalom

Nemzeti út

Regionális út 40,35~0,45

DD	Típus	Sáv	DL
0,5~0,55	Gyorsforgalmi út	4	0,35~0,45
		3	0,45~0,55
		2	0,70~0,90
	Nemzeti út Regionális út	4	0,35~0,45
		3	0,45~0,55
		2	0,70~0,90

## 2. táblázat

DD és DL értékei árkatóriánként [MOLIT, 2011]

Osztály	Út típus	Tervezési forgalom
1	Nemzeti gyorsforgalmi út	>150 000

	Nemzeti út	≥35 000
2	Nemzeti gyorsforgalmi út	<150 000
	Nemzeti út	≥7000 <35 000
	Regionális út	≥7000
	Egyéb út	
3	Nemzeti út	<7 000
	Regionális út	
	Egyéb út	

3. táblázat

Útkategóriák és azok forgalma [MOLIT, 2011]

### 3.4. Éghajlati viszonyok

A nyári időszak alatt az aszfalt felületi hőmérséklete 60 °C-ra is emelkedhet, a téli hónapokban azonban az akár -20 °C alá is süllyedhet. Így megjelentek olyan erőfeszítések, amelyek a bitumen minőségének javítására irányultak, az éghajlati változások hatásának csökkentésére. A pályaszerkezet kialakításánál figyelembe lettek véve tehát a klimatikus hatás tényezői, mint a burkolat hőmérséklete, az altalaj víztartalma és a fagyási index.

Az aszfaltburkolat anyagi tulajdonsága jelentősen függ a külső hőmérséklettől és a csapadékviszonyoktól. A csapadék mennyisége és a felszín alatti víz magas szintje a nyári időszakban a mechanikai hatások következtében a pályaszerkezet meghibásodásához vezet. A téli időszakban a fagyás segíti elő a burkolat repedésképződését. A tervezési szinttől függetlenül minden klimatikus bemenetet a KPRP-ből kell venni, és az adatbázisban megtalálható becslési egyenletekkel kell kiszámítani. A KPRP az ország 76 meteorológiai állomásának 10 éves adatait gyűjtötte össze az adatbázis létrehozásához. Ez tartalmazza a havi maximum és legalacsonyabb hőmérsékletet, átlaghőmérsékletet és a csapadékmennyiségeket. Minden egyes állomás légköri hőmérséklete alapján, valamint a KPRP burkolat felületének és belső hőmérsékletének a becslési-modellje szerint, a hőmérséklet-eloszlás idő, nap, hónap és szezon szerint is meghatározható.

Az altalaj víztartalmának megváltozása szintén hatást gyakorol a teljesítményre a felület rugalmassági modulusának megváltoztatásával. A nyári esős évszakban a víztartalom az átlag felé emelkedik, ami gyengíti az altalaj modulusát. A téli időszakban, a kevés csapadékmennyiség, valamint mivel a légköri hőmérséklet tartósan 0 °C alatt van, az altalaj modulusa az átlagosnál magasabb lesz. Így, a víztartalom az altalaj modulusának befolyásoló tényezőként való alkalmazása érdekében a KPRP elkészítette az altalaj becslés-modellt (4. táblázat).

Rész	Altalaj-víztartalom becslési modell (w)
Felső régiók	$w = 21,84699 + 0,09598 \times \text{temp} + 0,00064287 \times \text{prec} + 0,9130 \times P_{200}$
Alsó régiók	$w = 23,54759 + 0,15216 \times \text{temp} + 0,00070721 \times \text{prec} + 0,17990 \times P_{200}$
* temp: hőmérséklet (°C), prec: éves csapadék (mm), P <sub>200</sub> : havi átlagos csapadék (mm)	

4. táblázat

Altalaj-víztartalom becslésmodellje [KPRP, 2011; MOLIT, 2011]

A modell tehát a hőmérséklettől, az éves és a havi átlagos csapadékmennyiség értékeitől függ. Felső régiók az I., II., III., alsó régiók pedig a IV. és az V. régiókat jelölik az 1. ábra alapján.

### 3.5. Altalaj és adalékanyag

Az AASHTO tervezés korlátozza a rétegtényezőket (layer coefficient), ami az anyag relatív szilárdságát reprezentálja. Ez egy összetett paraméter, amely egyszerre szolgálja a használhatóságot és a merevséget. Az AASHTO alapján mechanikus vizsgálatot kell végezni az érték mérésére.

Az altalaj tervezése során a KPRP rugalmassági modulusot használ alapbemenetként. Ezt az inputot a rugalmassági modulus meghatározási modell adja meg mind az altalaj mind az alapréteg esetén. Az altalaj modulusát a nyomó feszültség, a deviator feszültségek és a víztartalom határozza meg. Az alapréteg modulusát a szemcsés anyagok tulajdonságai befolyásolják. Az talaj rugalmassági modulus-meghatározási modellje kibővül tehát a következőképpen (ANH, et al., 2011):

$$E_{opt} = k_1 + k_2 * \theta^{k_2} * \sigma_d^{k_s} * 10^{k_w(w-w_{opt})} \quad (3)$$

ahol:

$E_{opt}$  - a rugalmassági modulus az optimális víztartalom mellett (MPa)

$\theta$  - a nyomó feszültség (=  $\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$ ) (kPa)

$\sigma_d$  - a deviator feszültség (=  $\sigma_1 - \sigma_3$ ) (kPa)

$k_1, k_2, k_3$	- a modell együtthatói
$w_{opt}$	- az optimális víztartalom (%)
$w$	- a valós víztartalom (%)
$k_w$	- a víztartalom hatását leíró ágyazási tényező, ami -0.1417 durva szemcsés, -0,0574 finom szemcsés altalaj esetén

A  $k_1, k_2, k_3$  értékek a triaxiális tömörítési tesztből származnak.

Alapréteg esetén a rugalmassági modulus helyett a Poisson-tényező a bemeneti adat, bár ez nem befolyásolja komolyan a burkolat reakcióját. Ennek meghatározása viszonylag nehéz az anyagvizsgálatokból. A KMEPD útmutatók az érték kiválasztását egy adatkészletből teszik lehetővé, például a finom szemcsés talaj értéke 0,25 és az alaprétegeg pedig 0,15.

### 3.6. Aszfaltkeverék anyagtulajdonsága

Az aszfaltkeverék tulajdonságainak bemeneti adatai a dinamikus modulus és Poisson-tényező. Mivel a Poisson-tényező szerkezeti reakcióra gyakorolt hatása elhanyagolható, ezért az érték felvehető a KPRP adatkészletéből. Az útkategória első osztálya esetén mindenképp el kell végezni a dinamikus modulus-vizsgálatot, de a második osztály kihagyhatja azt és elég a becslési egyenletet (4. egyenlet) felhasználni az aggregátum és aszfalt kötőanyag típus szerint (MOLIT, 2011) (LEE, 2007), (SON, et al., 2013). Ezzel jelentős költségeket tudnak megtakarítani.

$$\log |E^*| = 1,249937 + 0,029232 (P_{200}) - 0,001767(P_{200})^2 - 0,00284 (P_4) - 0,086097 (V_a) - \frac{0,802208V_{eff}}{V_{eff} + V_a} + \frac{3,871977}{V_{eff} + V_a}$$

ahol:

$ E^* $	- a dinamikus modulus ( $\times 10^5$ psi)
$\eta$	- kötőanyag viszkozitása ( $\times 10^6$ poise)
$f$	- a terhelés frekvenciája (Hz)
$V_a$	- az aszfaltkeverék légtartalma
$V_{eff}$	- az aszfalt kötőanyag hatékony tartalma
$P_i$	- az $i$ szitán fennmaradt mennyiség (%)

Az aszfalt kötőanyaga a teljesítménytulajdonságok, Performance Grade (PG) alapján választó ki, mely szerint az alap típusok PG58-22, PG64-22, PG76-22.

Felmerült az igény a dinamikus modulus egyenletének pontosítására (CHO, et al., 2010), (KIM, 2004). Az ehhez végzett vizsgálat 5 különböző hőfok (-10, 5, 20, 40, 55 °C) és 6 különböző teher frekvencia (0,1, 0,5, 1, 5, 10, 25 Hz) esetét tanulmányozta a helyi adottságok figyelembevételére. A becslés számításba veszi a pályaszerkezet méretezés változóit, mint a vizsgálati hőmérséklet, terhelési frekvencia, aszfalt kötőanyag viszkozitása, adalékanyag osztályának megoszlása és az aszfaltkeverék térfogati tulajdonságai. Az így kapott egyenlet:

$$\log |E^*| = 6,9402 + 0,0018 (P_{0,075}) - 0,0039(\rho_{4,76})^2 - 0,0878 (V_a) - \frac{1,3343V_{eff}}{V_{eff} + V_a} + \frac{3,6399 + 0,0311\rho_{4,76} - 0,01055\rho_{19}}{1 + e^{(-0,0994+0,1627\log(f)+0,1807\log(\eta))}}$$

ahol:

$ E^* $	- a dinamikus modulus (MPa)
$\eta$	- az aszfalt viszkozitása (160 poise)
$f$	- a terhelés frekvenciája (Hz)
$V_a$	- hézagtartalom (%)
$V_{eff}$	- a térfogat szerinti tényleges aszfalttartalom (%)
$\rho_i$	- az $i$ mm-es szitán fennmaradt térfogat (%)
$\rho_{0,075}$	- az 0,075 mm-es szitán átesett térfogat (%)

Az egyenlet tehát hasonló elven kívánja leírni a dinamikus modulus egyenletét, figyelembe véve azonban Dél-Korea éghajlati és helyi tulajdonságait.

## 4. Megelőző burkolatgazdálkodás

Útgazdálkodási támogatások hiánya miatt, a vezető burkolatgazdálkodási vállalatok és ügynökségek, mint a Koreai Szárazföldi, Közlekedési és Tengerészeti Ügyek Minisztériuma, vagy a helyi önkormányzatok készítettek és alkalmaznak egy úgynevezett PSM útgazdálkodási rendszert (Pavement Management System). Ez főleg megelőző rehabilitációra terjed ki. A cél egy olyan útmutató kifejlesztése a deformációk és repedések elemzésére és értékelésére, valamint a rehabilitációs módszerek



kiválasztására, ami a legköltséghatékonyabb megoldást kínálja a pályaszerkezet teljes élettartama alatt. A legtöbb útmutató a jelenlegi pályaszerkezet szerkezeti megerősítését javasolja a minőség javítása érdekében. Mivel a hőmérséklet- és éghajlatváltozás Dél-Koreában jelentős, ezért a rehabilitációs stratégia a konkrét és részletes repedések javítására fókuszál, nem pedig a javítóanyagok fejlesztésére (KIM, et al., 2017).

2009 és 2014 között, Szöul megvizsgálta és meghatározta 5 jellemző repedés esetén a repedéskezelési módszereket. A vizsgált helyszínt 100 m-es, a, b, c, d, e szakaszokra osztva vették fel, összesen 900 m-en. Az ebben a vizsgálatban használt anyagjellemzők az 5. táblázatban láthatók (LEE, 2017).

Módszer	a	b	c	d	e
Típus	Gumival modifikált aszfalt		Polimerrel modifikált bitumen		
	Sealing	Filling	Sealing	Filling	Filling
Jellemző	Kitűnő adhézió és tartósság	Nincs kipergés Csúszásellenállás adalékanyag szórás után	Alacsony hideg és meleg ellenállás Érzékeny, alacsony hőmérsékletű tapadás	Kitűnő adhézió és tartósság Magas hőmérsékletű építés	Alacsony hideg és meleg ellenállás Érzékeny, alacsony hőmérsékletű tapadás

5. táblázat

Repedéskezelési módszerek jellemzői [LEE, 2017]

A 4. ábra a repedésjavító anyag állapotának meghibásodását mutatja. A helyszíni vizsgálat eredménye alapján Szöul a következő egyenletet javasolja a repedésjavító anyag fennmaradó sebességére vonatkozóan (4. ábra):

$$\left( \frac{x_g}{L} \times W_g + \frac{z_c}{L} \times W_c + \frac{x_a}{L} \times W_a + \frac{x_d}{L} \times W_d \right) \times AADT_{Normalizáltbusz} \quad (6)$$

ahol:

$AADT_{Normalizáltbusz}$  - az átlagos éves napi busz forgalom (mint legrongálóbb járműkategória)

$x_g$  - a jól kitöltött repedés javító anyag

$x_c$  - az újból megrepedt javítóanyag

$x_a$  - a javító anyag kopása

$x_d$  - javítóanyag kipergése



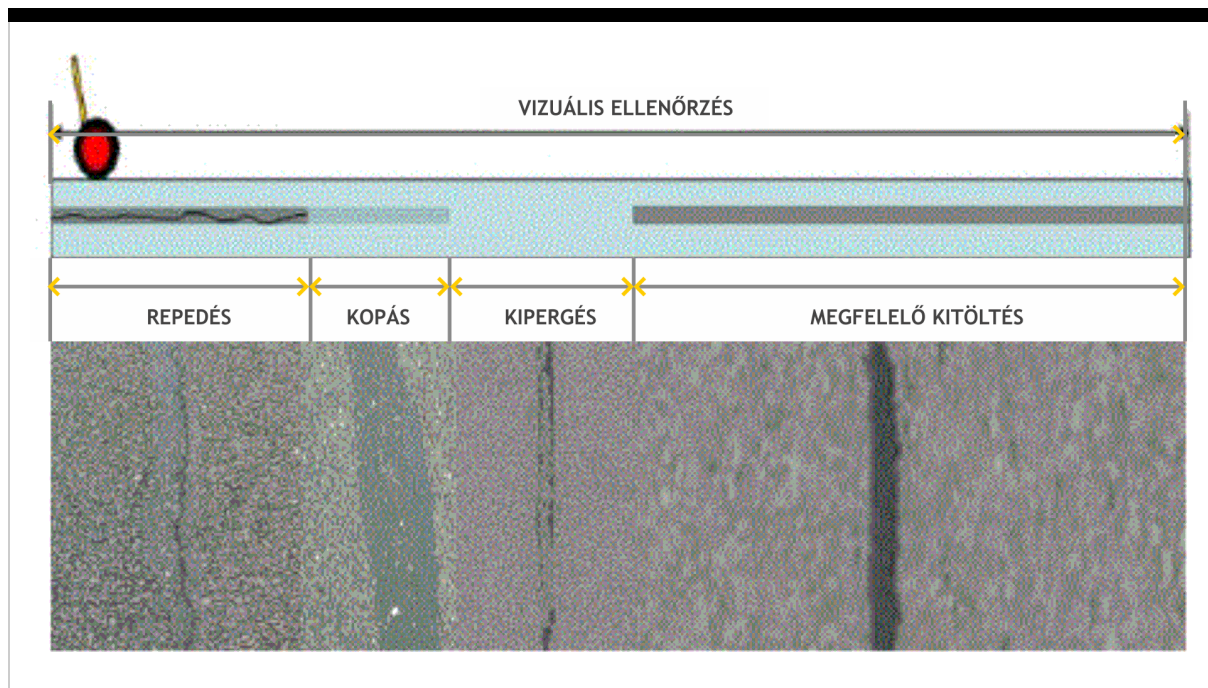
4. ábra

Repedésjavító állapot [SON 2013]

Az eredmény azt mutatja, hogy a repedésjavítási helyszíni teljesítményének értékelésének hatékonyabb módja a javítóanyag fennmaradó állapotának (kipergés repedés vagy kopás) vizsgálata, mint ellenőrizni az anyag tulajdonságait. Így a megelőző PMS-nek, hogy figyelembe vegye a hámilást és a leromlást (amit az aktuális módszerekkel nem lehet értékelni), szüksége van olyan intézkedésekre, melyek szemrevételezéssel tükrözik a minőségi értékelést.

Az egyik vezető PMS módszer a pályaszerkezetméretezésben a BIM (Expressway Building Information Modeling). Tervezéstől a rehabilitációig és felújításig az EX-BIM építés alatt álló felek közötti kommunikáció segítségével szolgál, mivel az építőipari ágazat különböző résztvevői közötti kommunikáció sok esetben kaotikus vagy lehetetlen. Ennek megelőzése miatt, valamint az azonnali javítással kapcsolatos lépések végrehajtása érdekében az EX-BIM alkalmazást már 2011-től használják Dél-Koreában. Az EX-BIM 3D-s tervezésen alapul, így átfogóbb és könnyebben értelmezhető, mint a 2D-s rajzok a szakmabéliek és a nyilvánosság számára egyaránt. Segíti a horizontális munkamegosztást, így hatékony véleményváltozás érhető el. A BIM

használatával történő ellenőrzés, a fenntartási munkák 3D-s vizualizálása, a technológia a mobil eszközökön keresztül történő megosztása és az immateriális képességek adatbányászata is lehetséges (5. ábra).



5. ábra

EX-BIM alkalmazása út-rehabilitációhoz

A megfelelő időben történő megelőző karbantartás révén lehetséges a forgalom okozta károk lelassítása, de a késleltetett karbantartás növeli a kár mértékét és a karbantartási költségeket. Az EX-BIM a kommunikáció aktiválására szolgál, hogy az azonnali javítás elvégezhető a megfelelő időben, így az életciklus költség várhatóan csökken, a pályaszerkezet élettartama pedig nő.

## 5. Összegzés

A cikk a koreai pályaszerkezetméretezést kívánja bemutatni, kitérve a korábban használt AASHTO és a jelenlegi módszer különbségeire. Az új módszer (KMEPD) figyelembe veszi a területi jellemzőket, valamint módosította a forgalmi terhelés meghatározását. Az empirikus tervezés elvének fontosságát mutatja, hogy az új módszer használatának eredményeként, a fenntartási költségek 650 000 000 euróval csökkentek az utóbbi 5 év során, a burkolat élettartama pedig feltehetően a 1,6-szorosára nőtt. A cikk szintén bemutatja az alsóbb útkategóriákon alkalmazható becslést a dinamikus modulus meghatározására, ami a laboratóriumi vizsgálatok kiváltásával jelentős időt és költségeket takaríthat meg, valamint a PSM pályaszerkezetgazdálkodási rendszerek előnyeit, a BIM-re fókuszálva.

## 6. Irodalomjegyzék

- AASHTO EXECUTIVE COMMITTEE, 2002. Standard Specifications for Highway Bridges, Washington D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- ANH, T. L., LEE, H. J., PARK, H. M. & KIM, T. W., 2011. Development of Korean pavement design guide for asphalt pavements based on the Mechanistic-Empirical design principle. The Baltic journal of road and bridge engineering, 6(3), pp. 169-176.
- CHO, Y., PARK, D. & HWANG, S., 2010. A predictive equation for dynamic modulus of asphalt mixtures used in Korea. Construction and Building Materials, 24. kötet, pp. 513-519.
- KIM, H. B. & KIM, N. H., 2007. Application of reliability-based safety factors to mechanistic-empirical flexible pavement design. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 7. kötet, pp. 2104-2116.
- KIM, J. W., 2004. History of Korean pavement design. Journal of Korean society of road engineers, 6(4), pp. 57-65.
- KIM, Y. M., JEON, K. D., LEE, K. H. & IM, J. H., 2017. Development and Evaluation of Cold-applied Crack Sealant for Pavement Maintenance. International Journal of Highway Engineering, 19(2), pp. 45-53.
- Korea Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2011. hely nélkül.: Korea Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs.

- KOREA MINISTRY OF LAND, T. A. M. A., 2015. Standard Specification of pavement design. hely nélk.: ismeretlen szerző
- LEE, K., 2007. Dynamic Modulus of Asphalt Mixtures for Development of Korean Pavement Design Guide. Journal of Testing and Evaluation, 35(2), pp. 143-150.
- LEE, S., 2017. Field Performance Evaluation of Preventive Maintenance Methods. International Journal of Highway Engineering, 19(2), pp. 103-112.
- MOLIT, 2011. Design strategy of pavement structure, Republic of Korea: Korea Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs.
- MOLIT, 2015. Standard Specification of pavement design, Republic of Korea: Korea Ministry of Land Transportation and Maritime Affairs.
- SON, H. J. és mtsai., 2013. A Study for Determining the Rehabilitation Method Group using NHPCI on Asphalt Concrete Pavement of National Highway. International Journal of Highway Engineering, 15(2), pp. 1-9.

#### Adatok

#### Megjelent itt

11. szám

---

#### Szerző

##### Nádasi Réka

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Út- és Vasútépítési Tanszék Ph.D. hallgatója. Kutatási területe a környezettudatosan tervezett útburkolatok és közutak.

##### Cho Seoyoung

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Út és Vasútépítési Tanszék PhD hallgatója

---

#### Témakörök

Útépités

#### Kulcsszavak

koreai pályaszerkezet méretezés • Mechanisztikus-empirikus tervezés

#### Befogadva

2018. augusztus 24.

---

#### Abstract

This is a short introduction to Korean Pavement Design Method. Comparison between AASHTO design method is presented. Korean Pavement Design Method was developed based on the AASHTO design method but during the application of AASHTO method, there the problem like the waste of material and shortage of lifecycle have arisen. Thus, the pavement engineers in Korea prepared Korean Pavement Design Method which considers and includes regional factor in terms of mechanistic-empirical design. The main feature is to show the design part which is far different from AASHTO method and show the Korean mechanistic-empirical Pavement Design Program which is developed while the new Korean method was prepared. With the closing, a short description of the trend in Korea is featured. Keywords: Mechanistic-empirical design (ME design), Korean pavement design, KPRP

---

#### Hozzászólás

Hozzászólás

* Név	<input type="text"/>
* E-mail cím	<input type="text"/>
Honlap	<input type="text"/>
<input type="button" value="Hozzászólás elküldése"/>	

Bejegyzések

Galéria

Impresszum

Interjúk

Könyvajánló

Nemzetközi szemle

Szakolvasó

Témakörök

---

© Copyright Útügyi Lapok 2019 • Minden jog fenntartva.

Az Útügyi Lapok félévente elektronikus formában megjelenő, online szabadon elérhető kiadvány, erre tekintettel jelenleg nem előfizethető. Alkalmanként azonban papíralapon is megjelenik, amennyiben szeretne a papír alapú megjelenésről értesítést illetve példányt kapni, kérjük érdeklődési szándékát az alábbi címen jelezze: [utugylapok@makadam.hu](mailto:utugylapok@makadam.hu). *A lapban megjelent cikkek a szerzőik személyes véleményét fejezik ki és nem feltétlenül egyeznek meg a szerkesztők véleményével illetve ismereteivel.*





Folyóirat

Bejegyzések

Szakolvasó

Impresszum

# Útügyi lapok

# 11

*Cikk*

## Japán téli üzemeltetési technológiák

---

*Az üzemeltetés számára a tél minden bizonnyal a legproblémásabb és legköltségesebb évszak. Ugyan Japán társadalmi, gazdasági és környezeti kontextusa eltérő, téli fenntartási problémái mégis részben hasonlóak. Írásomban vázlatosan bemutatok néhány jellemző, Japánban bevett téli üzemeltetési eljárást és technológiát, ahol lehetséges, összevetve a hazai gyakorlattal. A technológiai eljárások mellett pedig röviden kitérek néhány alkalmazott műszerre illetve programra is, melyek használata komoly előnyt je-lent a téli üzemeltetésben és az úthasználók tájékoztatásában.*

### 1. Bevezetés

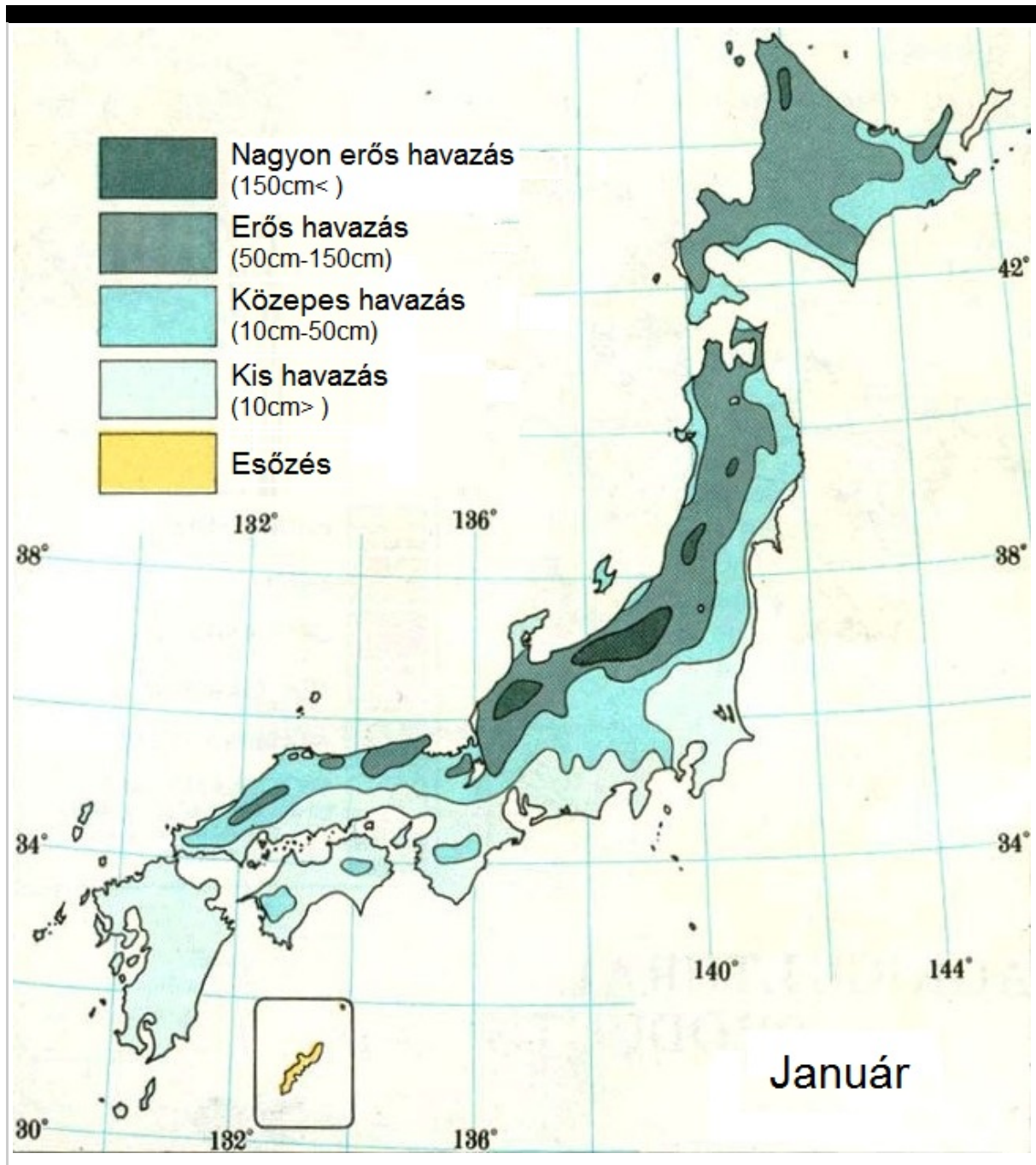
A közúti infrastruktúra kiterjedése, minősége és sokszínűsége a Föld különböző területein közel sem egységes, mégis valamilyen formában, minden ember által lakott területen megtalálható. A közúthálózat folyamatosan fejlődik, ahogy az egyes országok próbálják kielégíteni az úthasználók mobilizációs igényeit, az útüzemeltetéssel és –fenntartással kapcsolatos felmerülő problémák pedig sokszor nagyon hasonlóak. Ezen a területen a téli időszak feladatai nagy hangsúlyt kapnak. A hóviharak, fagyok, az ónos és jeges esők mind ezen időszak veszélyei közé tartoznak. Az időjárás ilyen fokú diverzitásánál az előrejelzések készítése és a következmények kezelése a téli útüzemeltetés tervezői-végrehajtói számára különösen nagy kihívást jelent, Magyarországon csakúgy, mint az országok jelentős részében. Emellett a téli időszak manapság már korántsem olyan könnyen lehatárolható időben, , elég csak az idej elhúzódtó tételre visszagondolni. Ez a bizonytalanság pedig továbbnehezíti a felkészülést és a felmerülő problémák kezelését.

Az idők folyamán a téli útfenntartás technológiái, a használt programok, gépek és anyagok szükségszerűen mind nagy fejlődésen mentek keresztül, azonban sokszor így sem sikerül egy-egy problémát hatékonyan megoldani. Esetleg valamilyen ok (pl. klímaváltozás) következményeként az addig jól bevált módszerek önmagukban már nem elegendők. A téllal járó problémák állandóak, a megoldásukkal azonban az egész Föld kísérletezik. Világszerte rengeteg megoldási lehetőség és technológia létezik, melyek vizsgálata és hazai adaptációja nagy segítséget jelenthet a hazai útüzemeltetés hatékonyabbá és korszerűbbé tételében. Érdemes tehát más országok gyakorlatából tanulni, még ha ehhez a világ túlsó felére, akár Japánba is kell menni. A felkelő nap országa ugyanis sok új dolgot tartogat számunkra ezen a téren is.

## 2. Japán időjárásai és útügyi sajátosságai

Japán hosszan elnyúló szigetországa sok szempontból különbözik hazánktól. A két ország téli időjárásáról elmondható, hogy míg Magyarországon egyes részeken közel hasonló módon zajlik le a téli időszak, addig Japánban elhelyezkedéstől függően teljesen máshogy jelentkezik a tél, rendkívül nagy időjárásbeli diverzitást mutatva. Az ország északi részén, Hokkaidó hűvös, mérsékelt időjárású szigetén, évente akár 6 méternyi hó is eshet, míg délen Okinawa szigetén még a leghidegebb időben sem megy 10 fok alá a hőmérséklet. Az időjárást az ország elnyújtott alakján kívül a hosszában elnyúló hegyvonulatok is nagyban befolyásolják. A kontinens felől érkező hideg légáramlatok nagy mennyiségű csapadékot vesznek fel a Japán tenger felett áthaladva, és ahogy az áramlat a hegyláncba ütközik hófelhők képződnek. Ezt nevezik a téli monszunnak, miatta az ország észak-északnyugati felén rendkívül sok hó esik. Összességében Japán területének közel 60%-át havas, hideg területek teszik ki (1. ábra); ez a települések 40%-t, a lakosságnak pedig mintegy 20%-át érinti (Tazaki,2011).

Az országon belüli diverzitás az egyik oka, hogy Japánban sokkal több technológiát alkalmaznak a téli üzemeltetésben és -fenntartásban, hiszen sokkal többféle helyzetre és igényre szükséges reagálniuk. A technológiák hatékony működéséhez sokféle műszer és program nyújt támogatást, ahogy a tájékoztatási rendszerek megléte sem elhanyagolható, így a technológiák bemutatása mellett röviden ezekről is szót ejtek.

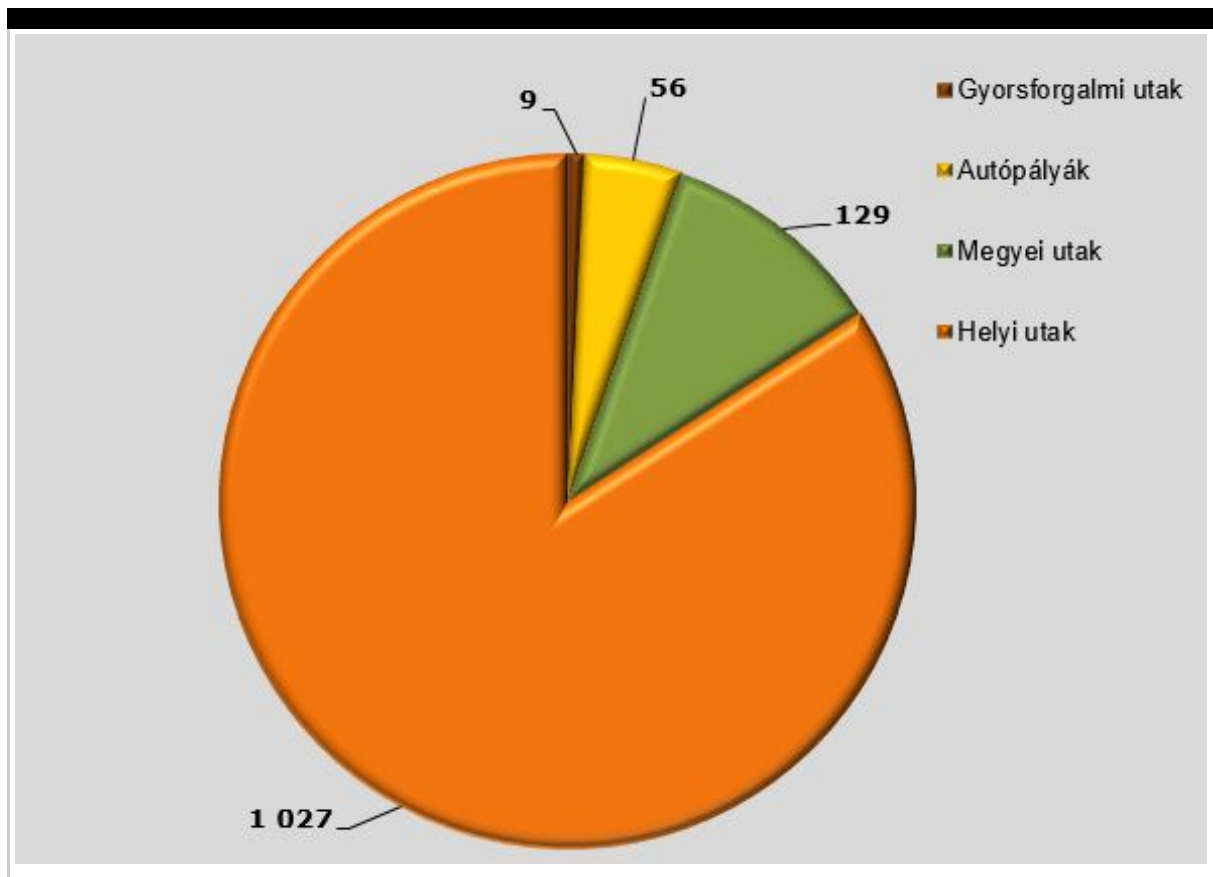


**1. ábra**

*Japán éghajlati területeinek áttekintése, havazás szempontjából [Matsuzawa, 2015]*

Az időjáráson kívül, azonban Japán és Magyarország között más alapvető különbségek is vannak. Japán területe négyszer akkora hazánknak, azonban ennek

a területnek közel háromnegyede hegyvidék, így a lakosság igen szétszórtnan, főleg a parti területeken, illetve a hegyek közötti sík területeken él. A domborzati jellegzetességek miatt rengeteg a híd és alagút. Az ország igen kiterjedt, 1 221 000 km-es hosszúságú közúthálózattal rendelkezik, ebbe pedig még nincsenek is benne az egyéb, a közúthálózaton kívüli utak (pl.: magánutak, mezőgazdasági és erdei utak, kikötők útjai). A japán besorolás alapján, a közúthálózat négy útkategóriára oszlik (2. ábra). A közúthálózattal kapcsolatos teendők jórészt állami kézben vannak, azonban a különböző útkategóriákba tartozó utak felügyeletéért, a terhek és a felelősség vállalásáért, valamint a fejlesztésekért és fenntartásáért a közigazgatás más-más szintje felelős. Magáncégek részvétele egyedül a gyorsforgalmi utaknál fordul elő.



**2. ábra**

*A japán közúthálózat teljes hossza, útkategóriák szerinti megoszlásban [Ministry, 2018]*

A téli üzemeltetésben a magyar rendszerhez hasonlóan meghatározott szolgáltatási szintek léteznek, ezek az útkategóriáktól függenek. Az útkategóriákhoz emellett beavatkozási szinteket, kritériumokat is szabtak, amelyek megadják, hogy az egyes időjárás események, illetve, a kialakult helyzete függvényében, milyen beavatkozási forma szükséges. A beavatkozási kritériumok egyszerre szabályozzák az üzemeltetési személyzet és a járművek munkáját, ideértve az olyan feladatokat, mint a hó eltakarítása, illetve elszállítása, valamint a fagyásgátló szerek alkalmazása.



### 3. Műszerek, programok, tájékoztatási rendszerek

A téli útüzemeltetés hatékony és gazdaságos működtetéséhez elengedhetetlen a minél pontosabb és a minél inkább valós idejű információszerzés, legyen szó az időjárásról, az utak állapotáról vagy éppen a hóeltakarító gépek helyzetéről. Éppen ezért fontos erre is kitérni, a különböző technológiák részletezése mellett. Japánban és Magyarországon is számos mód van a valós idejű információszerzésre, akár üzemeltetői, akár úthasználói oldalról nézzük. Az internet és a vezeték nélküli eszközök pedig lehetővé teszik, hogy helytől és időtől függetlenül, tényleg azonnal, akár automatikusan a különböző, minket érintő változásokról értesülhessünk.

#### 3.1. Útmeteorológiai mérőeszközök

Meteorológiai állomások mindkét országban működnek, és bár nem közvetlenül az utak állapotát vizsgálják, de az általuk gyűjtött információkat mindkét nemzet felhasználja az útüzemeltetésnél. Ha viszont közvetlenül az útpálya állapotáról szeretnénk valós idejű információkat, akkor a pályába épített útmeteorológiai mérőeszközök állnak rendelkezésünkre. Ezek bár Japánban is ismertek, nem annyira elterjedtek, mint hazánkban. Helyette, vagy a burkolatba épített műszerek kiegészítéseként, az útfelület állapotának vizsgálatára, inkább burkolaton kívüli érzékelőket alkalmaznak. Ezek az útszélről konzolos módon benyúlnak kissé az út fölé, az áthaladó gépjárműforgalomtól távol, így elkerülve az ebből fakadó károsodás lehetőségét. Működését tekintve optikai mérési elven működő szenzort alkalmaznak. A szenzor vörös fénysugarat bocsát ki az útburkolatra, ahonnan az visszaverődik. A hónak sokkal jobb a fény-visszaverő képessége, mint a száraz vagy nedves útburkolatnak, a visszaverődés mértékéből így a műszer meg tudja állapítani, hogy van-e hó az úton. Emellett egy infrasugaras hőmérővel a műszer az útfelület hőmérsékletét is képes meghatározni, szintén anélkül, hogy érintkezésbe kerülne az útburkolattal. Mivel a műszer az úton keresztirányban mér, így a méréseknél ki tudja küszöbölni a keréknyomokban előálló eltérő felületállapotot (Yamada, 2011).

#### 3.2. Megfigyelő kamerák

Magyarországhoz hasonlóan Japánban is alkalmaznak megfigyelő kamerákat az utak távolsági ellenőrzésére. A sok helyen elhelyezett kamerák képei online bárki számára elérhetőek, így nem feltétlenül csak az útüzemeltetésben használatosak, hiszen a hétköznapi ember számára is tájékoztatást nyújthatnak. Japánban azonban a különböző régiók kameráinak képei más-más oldalakon találhatóak, emiatt nincs egy olyan egységes online felület, mint hazánkban. Japán viszont továbbfejlesztette a kamerák hasznosíthatósági körét. Egy japán tanulmány kifejti, hogy létrehozta egy kamerás kiértékelő programot, amely csupán a megfigyelő kamerák által közvetített képek alapján napszaktól függetlenül képes megállapítani, hogy az adott útszakasz nedves vagy havas-e. A program jelentősége, hogy segítségével elhagyhatóak az

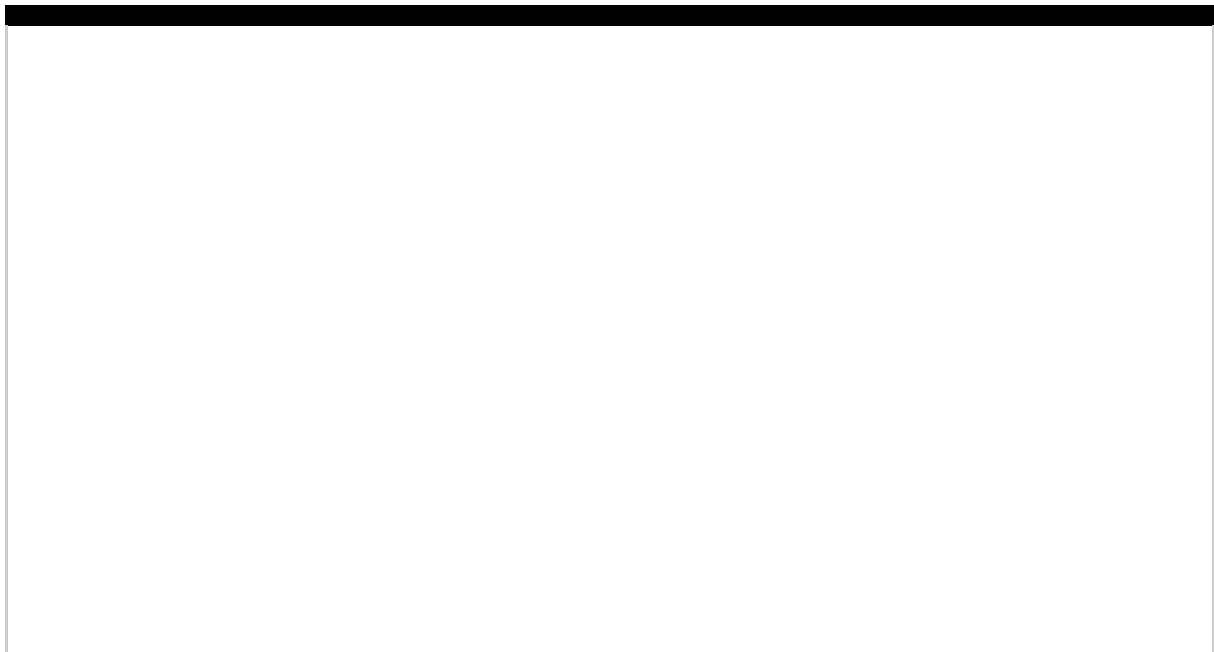
eddigyi éjszakai üzemmódhoz elengedhetetlen drága eszközök (polarizáló kamerák, infravörös detektorok vagy lézer radarok) (Takeuchi et al, 2012).

### 3.3. Gépek nyomon követése

Az útüzemeltetőknek és akár az úthasználóknak is segítségére lehet, ha valós időben nyomon tudják követni a hóeltakarító, síkosságmentesítő gépek mozgását, útvonalát stb. Ilyen nyomon követő rendszer Magyarországon és Japánban egyaránt üzemel, működésük és alkalmazási módjuk pedig nagyon hasonló egymáshoz. A magyar flottamenedzsment rendszertől való egyik jelentős eltérés azonban, hogy a japán rendszer információinak jó része sok helyen (bár elsősorban városokban) a nyilvánosság számára is szabadon elérhető. A hóeltakarító járművek mozgását a valós idejű, követő térkép-rendszeren az úthasználók is láthatják, így az útüzemeltetés mellett, a gépek nyomon követése tájékoztató funkciót is kap.

### 3.4. Úthasználók tájékoztatása

Az úthasználók valós idejű tájékoztatásának egyik lehetőség, ha az információ közvetlenül az úton, annak közelében jelenik meg, különböző hagyományos, esetleg ledes világítással megtámogatott táblák, jelzések vagy még jobb, ha változó jelzéseképpű táblák formájában. A tájékoztatás ezen formái Magyarországon és Japánban egyaránt léteznek. Egy, a magyar üzemeltetésben ismeretlen jelzést kiemelnék a japán rendszerből, mely Japán rendkívül havas területein igen elterjedtek. A konzolosan benyúló, útszegélyre mutató nyilak (3. ábra) egyrészt segítenek a gépjárművezetőknek a tájékozódásban hófúvások esetén, vagy ha az útpályát teljesen befedi a hó. Másrészt, hasonlóan a Magyarország a gyorsforgalmi útjainál alkalmazott ideiglenes szegélyjelzőkhöz, javítják vele a hóeltakarítás hatékonyságát azzal, hogy jelölik útszél helyzetét és így a hóeltakarítás határát.





3. ábra

*Útszegély jelző nyilak Hokkaidón [Saját kép, 2018]*

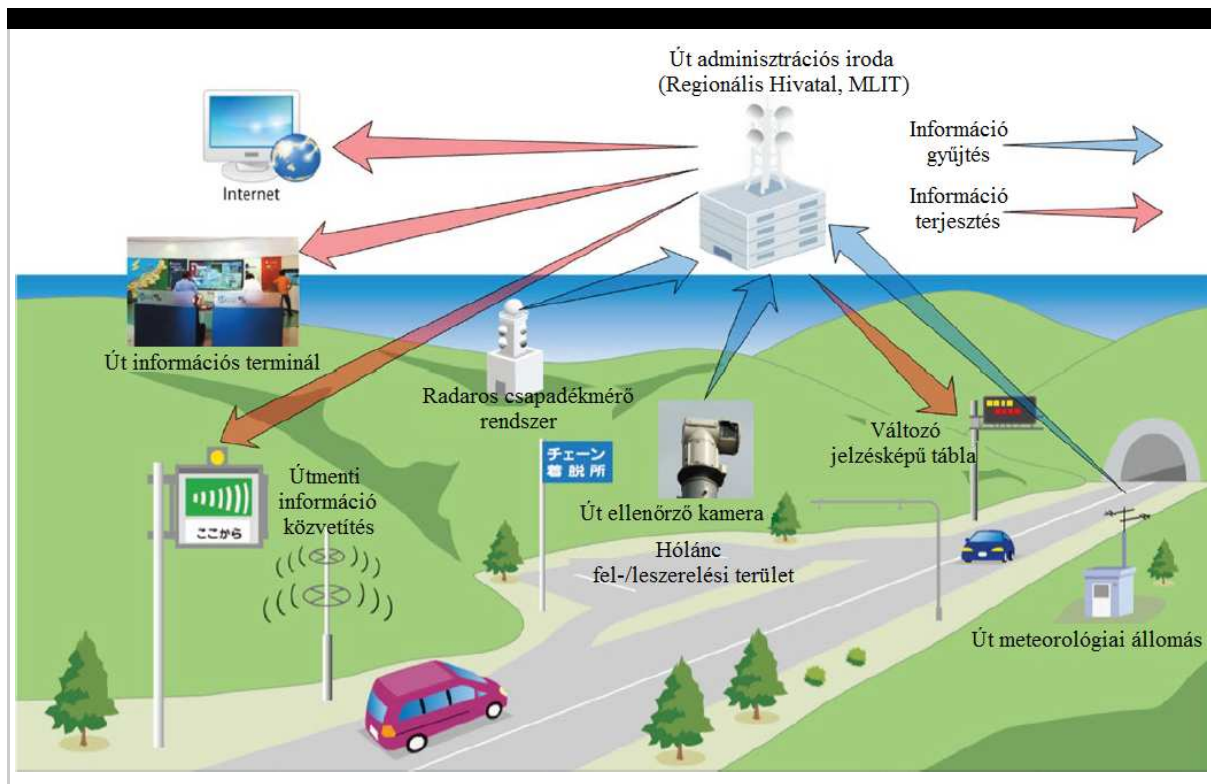
Japánban az út menti információ közvetítés egyik valós idejű formája az út menti rádióadás. Ennek keretében az utak mentén telepített adók hanginformációkkal látják el a járművezetőket az autórádiójukon keresztül. A rádióadókat általában olyan helyekre telepítik, ahol gyakran történnek balesetek, illetve korlátozott útszakaszok és csomópontok közelébe. A biztonságos forgalomlefordítás érdekében a sugárzott rádióadás tájékoztatást ad többek között a forgalmat akadályozó balesetekről, az út szerkezeti problémáiról, korlátozásokról vagy az időjárás hirtelen megváltozásáról. Ezeket a szakaszokat információs táblák jelzik előre, az egy perces rádió-adások pedig a jobb érthetőség érdekében egy-egy szakaszon körülbelül háromszor ismétlődnek meg (JRC, 2010).

Az úthasználók tájékoztatásánál az út menti információ közvetítés mellett ugyanilyen, vagy akár még lényegesebbek az online útinformációs rendszerek. Ezek világszerte elterjedtek, reagálva arra, hogy manapság az okostelefonokról a Föld bármely pontján, bármikor könnyedén elérhetőek a különböző internetes honlapok. A tájékoztató rendszerek hatékonyan támogatják a téli üzemeltetést, így érdemes nekik figyelmet szentelni. Magyar Közút által üzemeltetett ÚTINFORM honlapnak létezik japán megfelelője, a Japán Közúti Közlekedési Információs Központ (JARTIC) által üzemeltetett JARTIC oldal. Míg Magyarországon alapvetően egy Google Maps térképre vetítik rá azokat az információkat, amik befolyásolhatják a közúti közlekedés folyamatosságát és biztonságát, addig a japán oldalon ezek egy sokkal

sematikusabb, saját térképen jelennek meg.

A felkereshető honlapok mellett, a Japánban működő Hideg Területek Építőmérnöki Kutatóintézete külön e-mailes tájékoztató rendszert is üzemeltet, és a regisztrálóknak előrejelzéseket illetve figyelmeztetéseket küld a hóviharakról és a rossz látási viszonyokról. Ennek segítségével a járművezetők folyamatosan, külön utánajárás/keresés nélkül értesülhetnek az őket érintő akadályokról, ami nagyban hozzájárulhat a biztonságosabb közlekedéshez, illetve az utazási időpont és útvonal körültekintő megválasztásához (Kokubu-Nishimura, 2018).

A tájékoztatási rendszerek tehát rendkívül sokszínűek, ezt szemlélteti 4. ábra is, amely Japán 7-es autópályáján működő érzékelő és tájékoztató rendszer ábrázolja sematikusán.



4. ábra

Érzékelő és tájékoztató rendszerek szemléltetése Japán 17-es autópályáján [Matsuzawa 2015]

## 4. A téli útüzemeltetés és -fenntartás technológiái Japánban

A Japánban alkalmazott különböző technológiákat kutatva sok hasonlóságot fedeztem fel a hazai gyakorlathoz képest, de emellett sok új lehetőséget is megismertem. Habár a magyar rendszerben, a hazai éghajlati jellemzők mellett az idegen technológiák jó részének változtatás nélküli átvétele nem lenne indokolt, mégis a megismerésük, esetleges módosításuk hozzásegíthet új lehetőségek megalkotásához.

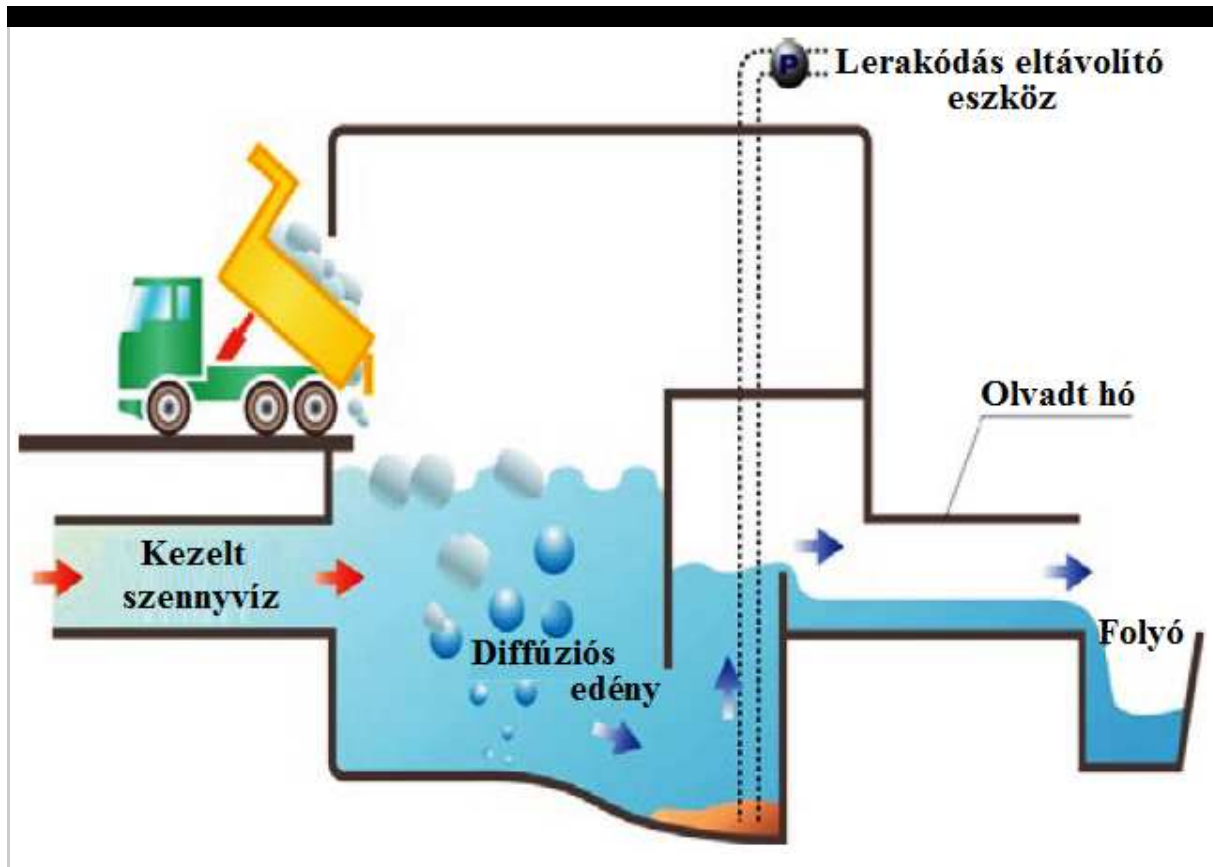
## 4.1. Hóeltakarítás és síkosságmentesítés

A téli útüzemeltetés legnagyobb kihívása a hó és síkosságmentesítés. A régiók közötti közlekedés, valamint a napi tevékenységek akadálytalan elvégzése érdekében elengedhetetlen, hogy legalább a főbb utakon biztosítani tudjuk a forgalombonyolódást. A leesett hó eltakarítására pedig különösen nagy hangsúlyt kell helyezni. Egyrészt, a nagy mennyiségű hóból kialakuló hótorlaszok leszűkítik (esetleg el is zárják) a közlekedési felületek keresztmetszeti szélességét. Másrészt a forgalom hatására összetömörödő havon nehezebbé válik a közlekedés, megnő a megállási távolság. Hazánk és Japán nagyon hasonló gépeket használ a hóeltakarításra: hóékét, grédert, hómarót. Azokon a területeken, ahol a járdák tisztántartása kézi erővel nehézkes lenne sokszor ezen gépek kisebb változatát is használják, amik letakarítási szélessége általában 1-2 m. Érdemes megjegyezni, hogy a japán emberek számára, főleg azokon a területeken, ahol rendszeresen sok a hó, a hóeltakarítás sokkal inkább az élet része, mint Magyarországon. A közterületek letakarításába jelentősen bevonják a helyi lakosságot, miközben az erre irányuló nevelés már nagyon kis korban elkezdődik, különböző iskolai programok keretében. A jégmentesítő és érdesítő anyagokat Japánban a 20. század végén kezdték el használni síkosságmentesítésre, miután a szöges gumiabroncsok használatát majdnem teljesen betiltották. Ma már a gépek kialakítása, a különböző szóró adapterek lehetővé teszik a szilárd, folyékony vagy kevert típusú jégmentesítők illetve az érdesítő anyagok szórását. A magyar és a japán gépek itt is rendkívül nagy hasonlóságot mutatnak.

## 4.2. Hóolvasztó tartályok

Bár a hó eltakarítására irányuló gépek ugyanolyanok, mint hazánkban, mégis, ahogy azt korábban már bemutattam, Japán sok területén rendkívüli mennyiségű hó esik, így az eltakarításnál a letakarított hó tárolására is rendkívüli nehézséget jelent. Ez különösen a zsúfolt, amúgy is helyhiánnyal küszködő városokra igaz. A tárolási kapacitás mellett, a városok és az úthálózat növekedése miatt, egyre több havat kell elszállítani, miközben maguk a szállítási távolságok és így a költségek is növekednek. Egy lehetőség lehet a szállítási és tárolási problémákra, hogy nem takarítják el az összes havat, ami az útra kerül, hanem a szegélytől az úttengely felé mért 0,5-1,0 méter távolságon belül összegyűlt havat otthagyják. Így lecsökken az egy bevetésnél, az elszállításhoz szükséges dömperek száma, a szegélykövek és az út menti fák pedig kevésbé lesznek kitéve a hóeltakarítás okozta sérülésveszélynek. Azonban ennek módszernek több hátránya is van, egyik közülük, hogy a leeső hó könnyebben „felhizlalhatja” a meghagyott hó-sávot, ezzel nehezítve a szükséges keresztmetszeti szélesség megtartását (Takamatsu-Umezawa, 2014). Egy másik, sokkal hatékonyabb módszer a hóolvasztó tartályok alkalmazása, melyek kis területfoglalás mellett nagy mennyiségű havat képesek megolvasztani. Ezek használatakor az utakról eltávolított havat összegyűjtik, és billenőplátós

teherautókkal a tartályhoz szállítják, majd közvetlenül beleborítják. A hó olvasztásához használt energia több helyről is érkezik, például a helyi energiaszolgáltatótól (hőcserélő működtetésével), hulladékfeldolgozásból (a hulladék-égetésnél keletkező hővel) vagy épp kezelt szennyvízből (annak magasabb hőmérsékletét ki-használva, ld.: 5. ábra). A felolvadt hólé aztán a szennyvízvezetékekbe, vagy ülepítés után akár közeli folyóba is kerülhet. A hóolvasztó tartályok külön előnye, hogy nem csak télen, hanem a többi időszakban is alkalmazzák, ilyenkor „tűzvíz” tározóként üzemelnek, valamint puffertartályként a csapadék illetve szennyvíz számára (Matsuzawa, 2015; Sapporo, 2013).



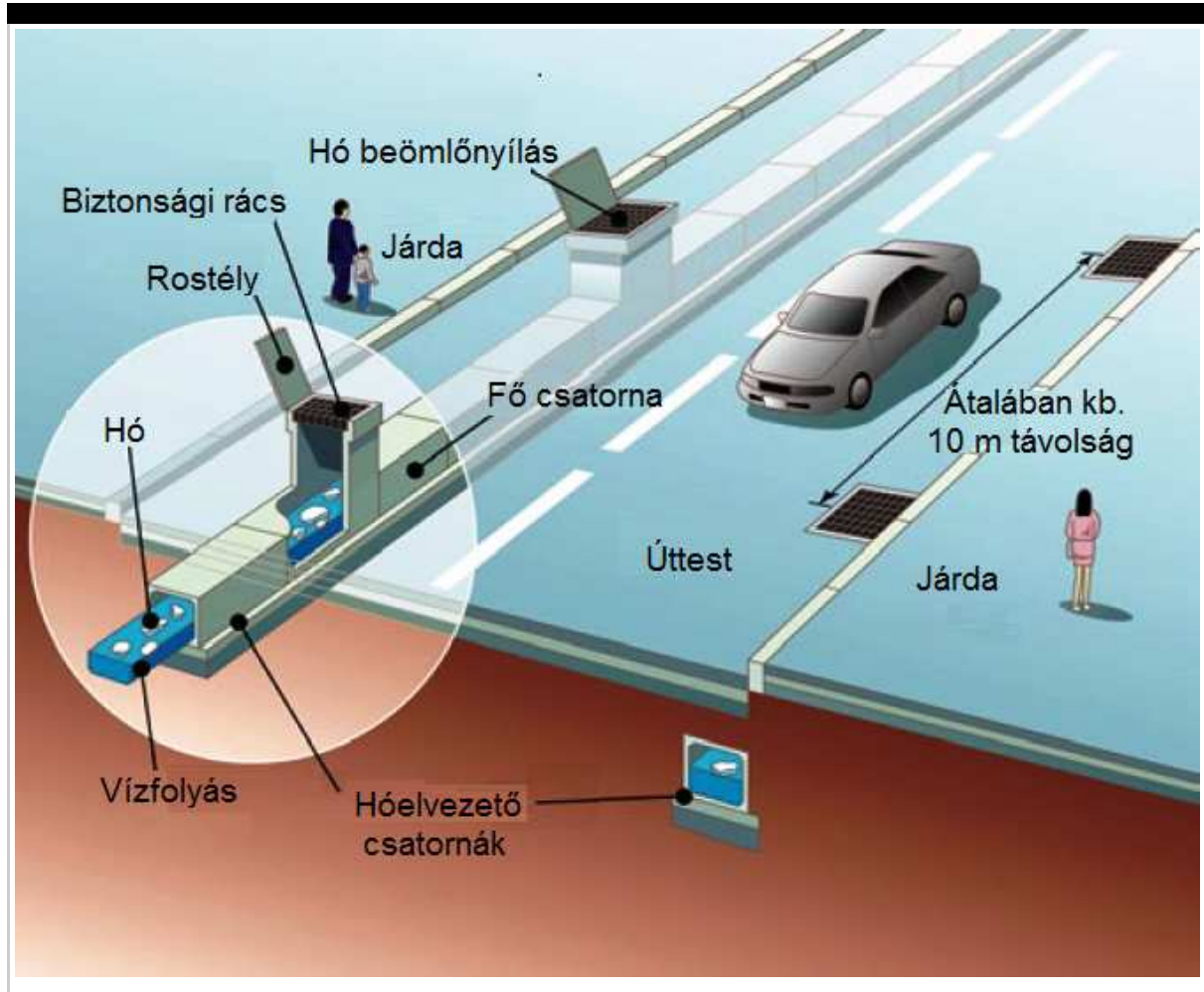
5. ábra

*Hóolvasztó tartály kezelt szennyvízzel működtetve [Matsuzawa, 2015]*

### 4.3. Hóelvezető csatornák

Városon belül nemcsak az útról, hanem a járdáról, sőt a tetőkről lekotort hóval is számolni kell. A sok hó eltakarításának problémájára pedig egy másik, szintén jól bevált megoldás lehet a hóelvezető csatornák alkalmazása. Sapporóban 8 hófolyású csatornát építettek ki az utak mentén, melyek kialakítása hasonlít a hagyományos szennyvíz- vagy vízvezető csatornához. Az lekotort havat a hószállító járművek és a lakosok is a hóolvasztó és elvezető csatornák mentén szabályos távolságonként kialakított, fedett átérészek nyílásain keresztül dobhatják be a csatornába. A gravitációs kialakítású csatornarendszerben már eleve víz folyik,

így a bele kerülő havat a víz sodorja tovább illetve olvasztja meg. A benne folyó víz általában valamelyik folyóból származik, de itt is alkalmaznak tisztított szennyvizet erre a célra. A csatornáknak a többi évszakban hagyományos vízvezető csatornákként működnek. A rendszer útszéli elhelyezkedését és elemeit a 6. ábra mutatja be (Matsuzawa,2015).



6. ábra

Hóelvezető csatorna [Matsuzawa, 2015]

#### 4.4. Hófúvások és hólavínák elleni védekezés

Japán domborzati jellegzetessége miatt nemcsak a hófúvások, hanem a lavínák is problémát okozhatnak, ezért káros hatásainak kiküszöbölésére különböző lehetőségek, intézkedések léteznek. A hóvédművek igen hasonlóak Japánban és Magyarországon. Fajtájukat tekintve, hordozható és fix típusúak, attól függően, hogy csak a téli időszak kezdetén kerülnek ki a védendő területekhez vagy az év egészében kint vannak. A hordozható típusúakból, míg Magyarországon inkább a hófogó hálók, addig Japánban inkább a masszívabb hófogó kerítések jellemzőek. A kerítéseknek az úttól való távolsága hazánkhoz hasonlóan Japánban is korlátozott, az eredményes működéshez szükséges távolságokat a kerítések porozitásának

változtatásával befolyásolják. A porozitás növelésével ugyanis a kerítés túloldalán lerakódó hó is egyre hosszabban elnyúlik. A japán kerítések porozitása épp ezért 20-30% körül van, ezzel a kialakítással legalább 30 méterre kell kihelyezni őket az úttól (Takamatsu-Umezawa, 2014).

Fix jellegű hóvédművekhez soroljuk a hófogó erdősávokat. A Japánban az általános hófogó erdősávoknál a sáv szélein gyorsan növekvő lombhullató fákat ültetnek, a tényleges hófogó munkát végző tűlevelűek ezeken belül helyezkednek el (Matsuzawa, 2013). A hófúvások hatásait az út töltésének illetve bevágásának megfelelő kialakításával is lehetséges mérsékelni, ezek kialakítására Magyarországon és Japánban egyaránt megvannak a szabályozások.

A meredek lejtők és a nagymennyiségű hó kombinációja sokszor lavinaveszélyes állapotokat eredményez, az ilyen területeken futó utakat ezért különböző lavina elleni műtárgyakkal szükséges megvédeni. A védekezés két módon történhet, vagy megakadályozzák, hogy a lezúduló hótömeg elérje az utat, vagy keresztülvezetik azt rajta, a forgalom zavarása nélkül. Előbbire lavina felfogó kerítéseket alkalmaznak, melyek lehetnek az korábban említett hófogó kerítésekhez hasonlóak, csak masszívabb kialakításúak, vagy épp rugalmas jellegűek, akár a hazai hófogó hálók. Az átvezetésre szolgáló műtárgyknál hóvédelmi alagutakról beszélhetünk. A lezúduló lavinák ellen több helyen alkalmazzák ezeket, melyek kialakításukat tekintve sokkal egyszerűbbek a hagyományos alagutaknál. A hosszanti kialakítású, szögletes építmények körülhatárolják az utat, a lejtő felőli oldal pedig sokszor részlegesen vagy teljesen nyitott.

#### 4.5. Útburkolatfűtés

Akármennyire is igyekszünk, hacsak nem vezetjük zárt térben az összes utat, a havazás vagy az eső valamelyest el fogja érni az útburkolatot. A hóeltakarításra irányuló technológiák ugyan megoldást jelenthetnek az úton lévő hó eltakarítására, de ez a fenntartás nem folyamatos és az útra fagyó ónos eső ellen sem segít. A jégmentesítő anyagok már jobb megoldást nyújtanak, azonban az anyagok felhígulhatnak a hóletől, illetve a forgalom vagy a szél is lesodorhatja az utakról. Emellett vannak olyan helyek, ahol a hagyományos technológiák (az eltakarítás és útsózás) alkalmazása nehézségekbe ütközik, vagy egyszerűen nem elegendő. Ilyenkor kerülhet előtérbe az útburkolat fűtésének technológiája, amely Japán mellett több országban is elterjedt (pl.: Hollandia, Norvégia, Izland).

Az útburkolat melegítéséhez fűtőcsöveket vagy elektromos tekercseket használnak, amiket a burkolatba építenek, közel a felszínhez. Az útfűtés számos előnnyel jár, azonnal elolvasztja az útra hulló havat és megakadályozza az csapadék lefagyását, így az út eljegesedésétől sem kell tartani. Működési elvüket tekintve sokban hasonlítanak a beltéri padlófűtéshez. A fűtőcsövekben keringő víz melegítése vagy a fűtőkábelek működtetése azonban kültéren sokkal több energiát igényel, mint a lakásokban, ahol a szigetelés benntartja a hő jó részét. Ráadásul az utakon a fűtendő felületek is jóval nagyobbak. A technológia hátránya tehát, hogy rengeteg

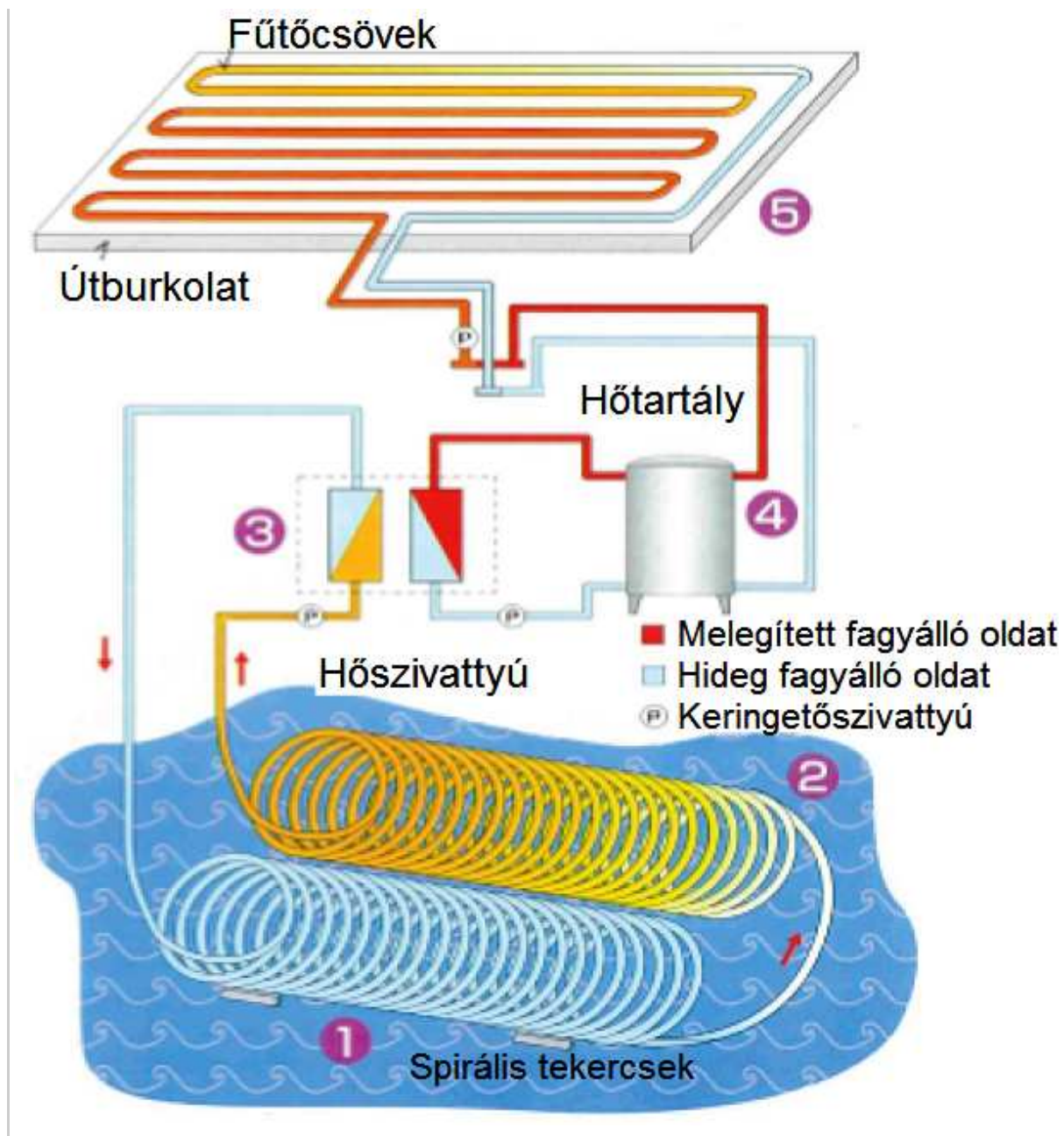


energia szükséges a működtetéséhez, az üzemeltetési költségek mellett pedig az energia előállítására miatti környezet károsítást is figyelembe kell venni. A burkolatfűtést éppen ezért jellemzően csak a kritikus területeken használják, ahol más módszerrel nem, vagy csak nehézségekkel, kisebb hatékonysággal lehetne megoldani a problémákat. Ilyen területek például a belvárosi járdák, a gyalogátkelőhelyek, az állomások és az iskolák környéke.

Japánban működik azonban jó pár olyan burkolatfűtő rendszer, ami megújuló energiaforrásokat használ, ezek közül néhányat mindenképp érdemesnek tartok kiemelni. A kiemelték közül kettő működési elvét a 7. és 8. ábra is szemlélteti. A Fukushima prefektúrából, egy lehetőség például, hogy a burkolatfűtéshez az út mellett lévő tó vizének egész évben fagyponthoz feletti hőmérsékletét használják fel. A tóban elhelyezett tekercsekben keringő víz átveszi a tó hőmérsékletét, majd egy hőszivattyú segítségével ezt a hőt továbbadja a burkolatmelegítésre használt csőrendszerben keringő fagyálló folyadéknak. A folyadék a burkolatban lévő csövekben áramolva fokozatosan átadja hőjét az útburkolatnak és lehűl. Ezután a csöveken továbbjutva újra a hőpumpába kerül, ahol ismét felmelegszik, így folyamatosá téve a keringést.

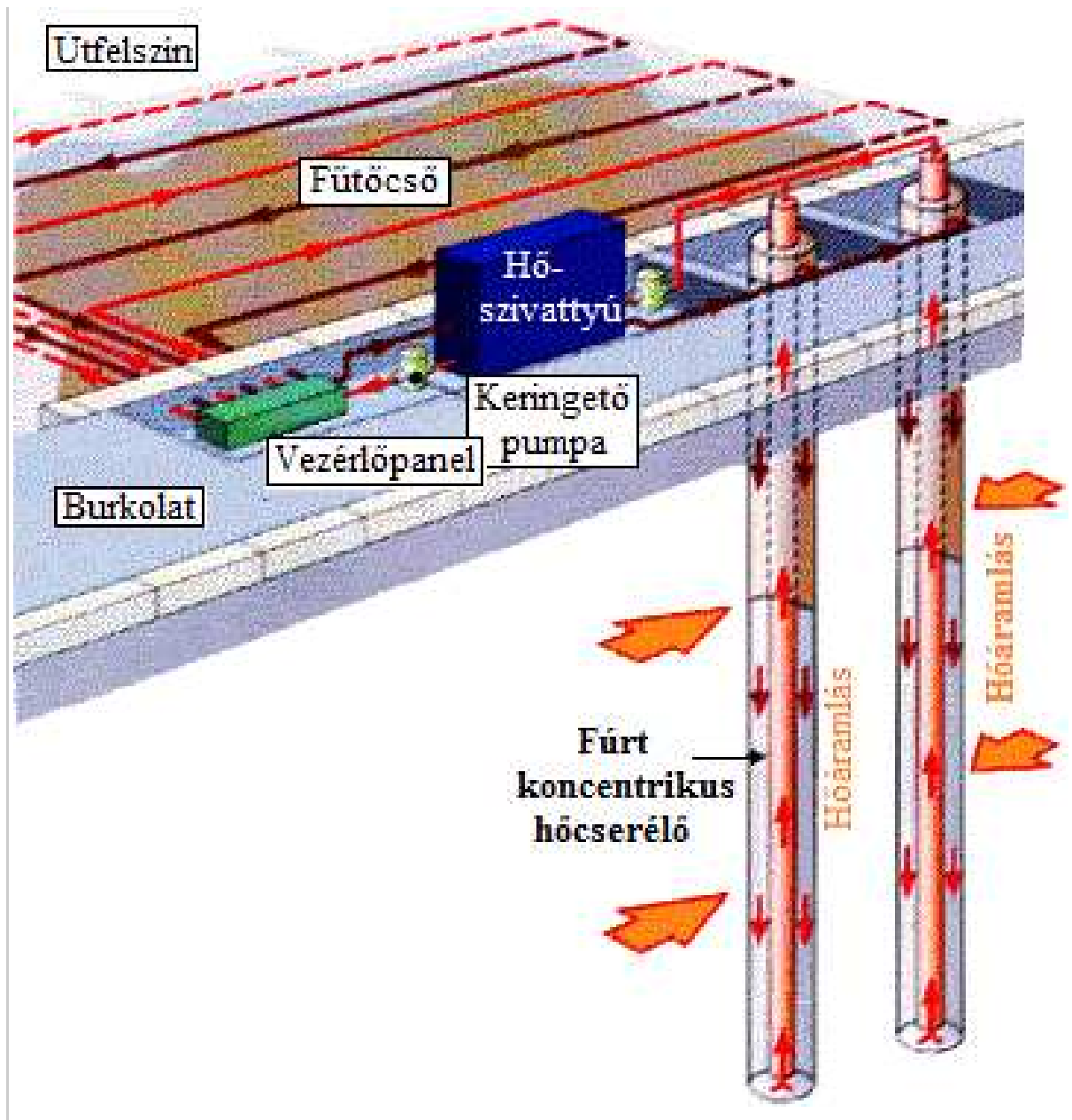
Egy másik lehetőség, a szélenergia felhasználása egy szélenergia segítségével. Japánban a Nakayama alagút egyik bejáratánál alkalmazzák ezt, ahol a problémát pont az erős szél okozza, ami sokszor havat hord az útra. A burkolatfűtő rendszer ilyen módon történő működtetésével nemcsak kiküszöbölték az erős szél káros hatásait, hanem előnyt is kovácsoltak belőle. Emellett a szélenergia által termelt energiát nyáron is felhasználják, ilyenkor a megtermelt energiát a világítás illetve egyéb, az alagút üzemeléséhez szükséges helyi eszközök fenntartására fordítják.

A burkolatfűtő rendszer működtetéséhez a föld hő tároló képességét, illetve a passzív napenergiát is fel lehet használni. Az útburkolatban elhelyezett fűtőcsövek nyáron felmelegsznek a nap-sugárzástól, a csöveken és a hőszivattyún keresztül pedig a meleg a földbe átszáll a hőcserélőkhöz kerül. A hőcserélők leadják a hőt a talajnak, télen pedig a folyamat ellentéjeként a hőcserélő és a hőszivattyú elvonja a talajból a hőt, és azt keringeti a fűtőcsövekben, így megolvasztva az úton lévő havat (Matsuzawa, 2015).



7. ábra

Útburkolatfűtő rendszerek működtetési lehetősége I. [Matsuzawa, 2015]



8. ábra

*Útburkolatfűtő rendszerek működtetési lehetősége II. [Matsuzawa, 2015]*

#### 4.6. Útburkolat permetezés

Japán azon területein, ahol sok hó esik, de a hőmérséklet nem hűl le annyira, illetve nem marad meghatározóan olyan alacsonyan, hogy az kedvezzen a jégképződésnek, a fő problémát az útfelületen összetömörödő hó jelenti. Ezeken a részeken, a városok útjain és járdáin, a megoldást a burkolat vízzel történő locsolása is jelentheti. A burkolatba épített szórófejek mélyről felszivattyúzott, melegebb hőmérsékletű talajvizet permeteznek ki az útra, így megolvasztja a lehulló havat. A folyamatos vízspriccelés megakadályozza, hogy megmaradjon a hó az útburkolaton, a kipermetezett víz és az olvadt hólé pedig az útról lefolyva a csatornarendszeren át távozik. A forgalomnak így bár nedves úton, de legalább nem a sokkal több veszélyt jelentő, tömör hórétegen kell közlekednie. Természetesen ezt a technológiát igen korlátozottan és kritikus szemmel lehet csak alkalmazni, olyan helyeken, ahol nem áll

fenn annak a veszélye, hogy a kilocsolt víz megfagy. Vélhetőleg ezen kritériuma miatt, ezt a technológiát Japánban is csak városi utakon alkalmazzák, ahol eleve magasabb a hőmérséklet, mint a környező területeken. A technológia előnye, hogy szórófejeket és a szivattyúzott vizet áramoltató csöveket is a burkolatba ágyazzák be, így a rendszer elemei nem zavarják a városi térség zsúfolt, folyamatos forgalmát (Matsuzawa, 2015). Hátránya, a lefagyás veszélyen túl, hogy a túlzott talajvíz leszívás nagy károkat okozhat a környezeti rendszerekben.

Elvileg ezt a technológiát kellő körültekintéssel lehetséges lenne a magyar útfenntartásban is alkalmazni, azonban a hazai hőmérsékletingadozások mellett véleményem szerint túl sok veszélyt hordoz. Helyette inkább a Svájcban is eredményesen működő, hasonló, telepített síkosságmentesítési technológiát részesíteném előnyben, ennél a technológiánál ugyanis a szórófejek nem vizet, hanem jégmentesítő oldatot permeteznek ki az útra.

## 5. Összegzés

A leírtak alapján talán jól érzékelhető, hogy csak egy ország vizsgálata után is milyen sok különböző lehetőség, megoldási gyakorlat létezik a téli útüzemeltetés gördülékenyebbé tételére. Érdemes megnézni más országok gyakorlatát, vegyíteni a különböző technológiákat, vagy csupán átvenni egy kis részüket a hazai rendszerek támogatására, így még jobbra téve a hazai útüzemeltetést.

Az ismertett japán technológiák egy részét itthon is eredményesen alkalmazzuk (pl.: jégmentesítő anyagok használata), még ha a két ország közt akadnak is különbségek. Egy másik részét egyáltalán nem ismerjük a hazai gyakorlatban, azonban ezeknek nincs is létjogosultságuk a magyar időjárási viszonyokat figyelembe véve (pl.: olvasztó tartályok létesítése). Az útburkolatfűtés technológiája azonban e kettő közé esik, nem alkalmazzuk itthon, de a magyar időjárási sajátosságokat figyelembe véve lehetséges lenne vele eredményesen támogatni a hazai út-fenntartást. Még inkább, ha sikerülne alternatív megoldásokat találnunk a technológiához szükséges energia/hő előállítására. Magyarország adottságait figyelembe véve ilyen lehet például a hévízkutak, termálfürdők vizének, eróművek vagy finomítók hűtővizének, vagy a geotermikus energia használata.

(Diplomamunkában erről, a technológia adaptálási lehetőségeiről részlete-sebben is írtam, azonban sajnos ezeket e cikk keretein belül nem tudom most kifejtetni.) Fontos, hogy nem csak ennél a technológiánál, hanem az útüzemeltetési és fenntartási rendszerek már meglévő gyakorlatában is, szem előtt tartjuk a fenntarthatóság alapelveit, és még nagyobb hangsúlyt fektessünk a megújuló energiák használatára. Ezek mellett külön kiemelném még a Japánban, illetve a többi országban használatos különböző programokban, műszerekben rejlő lehetőségeket. A XXI. században már szinte bármilyen szakterületre készíthető informatikai segédeszköz, érdemes lenne ezért a különböző technológiák mellett ezekre is minél nagyobb hangsúlyt fektetni, felkutatni a már létező alkalmazásokat és beilleszteni őket a hazai

gyakorlatba. Egy jó szoftver használata az üzemeltetés támogatására, akár a meglévő rendszerek kiegészítéseként (pl. kiértékelő program forgalomfigyelő kamerákhoz), nem hordoz akkora költséget, mint egy teljesen új technológia kivitelezése. Ellenben hatékonyabbá, automatizáltabbá, egyszerűbbé és gyorsabbá teheti a feladatok elvégzését, támogatva ezzel a valós idejű reagálást, problémamegoldást.

A különböző külföldi technológiák meghonosítása, a zöld energia használata és a specifikus programok fejlesztése együtt, új irányt mutat egy még korszerűbb útüzemeltetés számára.

## 6. Irodalomjegyzék

Tazaki, Lessons from the Experiences in the 2011 Winter Season in Japan, PIARC International Seminar, Management of Winter service in an extreme continental climate country, Ulánbátor, 2011. ápr. 6.,

<https://www.piarc.org/en/publications/PIARC-International-Seminars-Proceedings/PIARC-International-Seminars-2011/PIARC-Winter-Service-International-Seminar-Ulaanbaator-Mongolia-2011.htm>

Matsuzawa, Japan, Snow and Ice Databook 2014. Comité technique 2.4, 2015, pp: 108-138, ISBN: 978-2-84060-355-9

Ministry, Japan Statistical Yearbook 2018, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 2018, <http://www.stat.go.jp/english/data/nenkan/67nenkan/1431-13.html>

Yamada, Road Surface Sensor, Yamada Giken Co. Ltd., 2011, [http://www.yamada-giken.co.jp/index.php?gid=912&kiji\\_id=65](http://www.yamada-giken.co.jp/index.php?gid=912&kiji_id=65)

Takeuchi et al, Distinction of Winter Road Surface Conditions using Road Surveillance Camera, 12th International Conference on ITS Telecommunications, Taipei, 2012. nov. 5-8., DOI: 10.1109/ITST.2012.6425264

JRC, Roadside Broadcasting System, 2010, [http://www.jrc.co.jp/eng/about/activities/technical\\_information/report58/06.html](http://www.jrc.co.jp/eng/about/activities/technical_information/report58/06.html)

Kokubu-Nishimura, Email küldő szolgáltatás a hóviharak előrejelzésére, Hideg Területek Építőmérnöki Kutatóintézete, Hó és jég részleg, 2018, <http://time-n-rd.jp/fubuki/>

Takamatsu-Umezawa, Sapporo winter road management plans, Routes/Roads 2014/January, pp. 52-59. <https://www.piarc.org/ressources/roads/1/21094,Routes-Roads-Magazine-361-World-Road-Association.pdf>

Sapporo, Heisei hóolvasztó tartály, City of Sapporo, 2013, [https://www.city.sapporo.jp/kensetsu/yuki/jigyuu/yuu\\_atsubetsu.html](https://www.city.sapporo.jp/kensetsu/yuki/jigyuu/yuu_atsubetsu.html)

Matsuzawa, Snowdrift Control Methods and Technologies, International Seminar “Winter operations at high altitude and extreme zones”, Santiago de Chile, 2013. jún. 4-7., [https://www.piarc.org/ressources/documents2/CT24-SANTIAGO-DU-CHILI-JUIN-2013/20386,130606\\_s3\\_03\\_Matsuzawa\\_PPT\\_Chile\\_final-EN.pdf](https://www.piarc.org/ressources/documents2/CT24-SANTIAGO-DU-CHILI-JUIN-2013/20386,130606_s3_03_Matsuzawa_PPT_Chile_final-EN.pdf)

### *Adatok*

*Megjelent itt*

**11. szám**

---

### *Szerző*

#### **Bakó Mária Judit**

Felsőfokú tanulmányait a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki karán kezdte 2013-ban. Széles érdeklődési köre miatt a Közlekedési létesítmények szakirány mellett, majd-nem hiánytalanul, a Geotechnológia szakirányt is elvégezte, közben 2016-ban a Tudományos Diákköri Konferencián is részt vett. 2017-ben kitüntetéses diplomával fejezte be képzését. Diplomamunkáját, mely a Japán téli útüzemeltetéssel, illetve egy technológia hazai adaptációs lehetőségeivel foglalkozott, a Közlekedéstudományi Egyesület I. helyezésben részesítette diplomapályázatán. Jelenleg a BME Szerkezetépítő mesterképzésén végzi tanulmányait, Mérnökgeológia-Geotechnika szakirányon.

---

### *Témakörök*

Útépítés • Útgazdálkodás

### *Kulcsszavak*

Japán technológia • Japán útüzemeltetés • Téli útüzemeltetés • Útburkolatfűtő rendszer • útfenntartás

### *Befogadva*

2018. augusztus 24.

---

---

## Hozzászólás

Hozzászólás

\* Név

\* E-mail cím

Honlap

Hozzászólás elküldése

Bejegyzések

Galéria

Impresszum

Interjúk

Könyvajánló

Nemzetközi szemle

Szakolvasó

Témakörök

---

© Copyright Útügyi Lapok 2019 • Minden jog fenntartva.

Az Útügyi Lapok félévente elektronikus formában megjelenő, online szabadon elérhető kiadvány, erre tekintettel jelenleg nem előfizethető. Alkalmanként azonban papíralapon is megjelenik, amennyiben szeretne a papír alapú megjelenésről értesítést illetve példányt kapni, kérjük érdeklődési szándékát az alábbi címen jelezze: [utugyilapok@makadam.hu](mailto:utugyilapok@makadam.hu). A

*lapban megjelent cikkek a szerzőik személyes véleményét fejezik ki és nem feltétlenül egyeznek meg a szerkesztők véleményével illetve ismereteivel.*





Folyóirat

Bejegyzések

Szakolvasó

Impresszum

# Ütügyi lapok

# 11

*Cikk*

## Az útburkolat gazdálkodás és az útállapot megfigyelés egyesített megoldása

---

*A cikk célja egy holisztikus megközelítésű útburkolat állapotfigyelési és fenntartási platform (PMMP) bemutatása. A megoldás előtérbe helyezi az új technológiákat egy automatizált és hordozható vizuális útállapot megfigyelési rendszer tervezésében és integrált kialakításában, mely tetszőleges járműre helyezve a közúti forgalom sebességével képes az útfelületi hibák felvételére és elemzésére. A kifejlesztett PAV3M rendszer teljesíti az EU programokban az útburkolat fenntartás gazdálkodási rendszerekkel (PMMS) szemben javasolt követelményeket, melyet az üzleti folyamatok elemzésén alapuló moduláris felosztással ér el. Az útállapot megfigyelési és a fenntartási modul egyaránt az élettartam költségelemzés (LCCA) módszerét alkalmazza. A javasolt megoldás egy kockázat menedzselési modult is tartalmaz.*



*A lektorálásért felelős a nagyszombeni "Lucian Blaga" Egyetem Gazdaságtudományi Kara.*

22. Nemzetközi Közgazdasági Konferencia – IECS 2015 "Gazdasági kilátások a növekvő globális és regionális függőségek tükrében"

Online elérhető a [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) honlapon

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212567115009661>

ScienceDirect Procedia Economics and Finance 27 (2015) 14 – 21

© 2015 Published by Elsevier B.V. Ez egy nyílt hozzáférésű cikk a Creative Commons BY-NC-ND License szerint, amely korlátozás nélküli felhasználást, terjesztést és reprodukálást engedélyez bármely közegben, feltéve, hogy az eredeti műre korrekt módon hivatkoznak. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>  
doi: 10.1016/S2212-5671(15)00966-1

Fordította dr. Gulyás András.

## 1. Bevezetés

Az útburkolat gazdálkodási rendszerek fejlődését az elmúlt években a szakterületen megjelenő új technológiák és anyagok jellemezték. Az útburkolattal kapcsolatos folyamatok három fő irányban fejlődtek: útburkolat építés, útburkolat menedzsment és útburkolat kutatások. Míg az útburkolat építés az új burkolatokat és az útburkolat rehabilitációt fedi le, ide értve az előírások kialakítását és a minőségbiztosítást, addig az útburkolat gazdálkodás a már megépült utakkal, a leromlás elleni megelőző fenntartási és rehabilitációs beavatkozásokkal, továbbá a változatok élettartam költségelemzésen alapuló gazdasági elemzésével (Life Cycle Cost Analysis, LCCA) foglalkozik. Az útburkolat kutatások mindkét előbbi esethez kapcsolódnak új változatok, korszerű megoldások, újszerű építési, fenntartási és rehabilitációs beavatkozások és anyagok kidolgozásával.

Az útburkolat gazdálkodásnak sok meghatározása ismert, de legegyszerűbben „a burkolat infrastruktúra költséghatékony fenntartásának folyamata” (Wolters et al, 2011). 1993-ban az Amerikai Közművek Társasága (American Public Works Association, APWA) az útburkolat gazdálkodást így határozta meg: „a korlátos fenntartási (és építési) források legjobb felhasználását célzó döntés előkészítési információ rutinszerű gyűjtésének, tárolásának és felhasználásának rendszeres módszere”. Egy másik útburkolat gazdálkodási definíció szerint „program a burkolatok minőségének és teljesítményének javítására, jó gazdálkodási gyakorlat által a költségek minimalizálására”.

Az útburkolat gazdálkodási rendszer (Pavement Management System, PMS) szerepe „objektív információ és hasznos adatok biztosítása a közútkezelők számára, hogy az úthálózat burkolatainak megőrzése érdekében hozott döntések egységesebbek, költséghatékonyak és védhetőek legyenek”. Egy további

nézőpontból a PMS „a burkolati adatok előre meghatározott eljárások szerinti gyűjtése, elemzése, karbantartása és közlése annak érdekében, hogy a döntéshozókat támogassa a burkolatok adott időszakban legkevesebb költséggel használható állapotban tartását célzó optimális stratégiák megtalálásában” (Vitillo, 2013).

Oguara felosztása szerint napjainkban számos rendszer és eljárás különböztethető meg: útburkolat gazdálkodási rendszer (PMS), prioritás értékelő rendszer (Priority Rating System, PRS), útburkolat fenntartás gazdálkodási rendszer (Pavement Maintenance Management System, PMMS), közúti értékelési és fenntartási programozás (Roadway Evaluation and Maintenance Programming, REMP), útburkolat használhatósági rendszer (Pavement Serviceability System, PSS). Mindegyik eljárás célja egy konzisztens, megfelelően objektív és rendszeres eljárás biztosítása a közúti fenntartási és rehabilitációs igények prioritásának, ütemezésének és költségének meghatározására [Oguara, 2007].

Számos kezelő az útburkolat gazdálkodás megoldását kész rendszerek beszerzésével kívánja megoldani. A kereskedelemben kapható „kulcsrakész” rendszerek (Commercial off-the-shelf system, COTS) meghatározása „bárki által elérhető alkalmazás vagy rendszerszoftver, melyet széles körben terjesztenek kereskedelmi felhasználási vagy bérleti rendszerben” (McPherson and Bennett, 2005). A kész rendszerek három csoportra oszthatók: útburkolat gazdálkodási rendszerek (PMS), hídgazdálkodási rendszerek (Bridge Management Systems, BMS) és integrált gazdálkodási rendszerek (Integrated Management Systems, IMS), mely utóbbi többféle közúti infrastruktúra elemet képes kezelni vagy egyesíti a PMS és BMS rendszereket (Mizusawa, 2009).

Az EU kutatási programok, mint a RIMES (Road Infrastructure Maintenance Evaluation Study, a közúti infrastruktúra fenntartását értékelő tanulmány) és a PAV-ECO (Pavement and Structure Management System – Economic Evaluation of Pavement Maintenance, burkolat és szerkezet fenntartási rendszer – a burkolat fenntartás gazdasági értékelése) megmutatták, hogy az EU tagállamok évente több milliárd Eurót fordítanak közúti infrastruktúrájuk fenntartására és rehabilitációjára. Az EU országoknak (plusz Norvégia és Svájc) csak 25 %-a használ az útfenntartás számára automatizált adatgyűjtési rendszereket és adatelemzési módszereket.

Országunk (*Románia*) még nem vezetett be ilyen programot az útburkolat fenntartásban és megfigyelésben. A Közlekedési Minisztérium nemrég kiadott egy hosszú távú közlekedési stratégiát és egy általános közlekedésfejlesztési tervet (MT 2014).

Jelen cikk egy integrált PMMS megvalósítását célozza, mely újszerű kamerás felvételi rendszeren és a helymeghatározást, helyazonosítást és kommunikációt célzó kiegészítő érzékelőkön alapul. A bevezetés után a 2. fejezet a PMMS témához kapcsolódó nemzetközi eredményeket ismerteti. A 3. fejezet bemutatja a PAV3M felépítését a célok, az üzleti folyamatok, a szereplők, a szerkezet és a funkciók ismertetésével.

## 2. Kapcsolódó eredmények

A közelmúltban az útburkolat gazdálkodási rendszerek jelentős fejlődést mutattak, moduljaik között megerősödött a költség elemzés és előrebecslés, valamint a térinformatikai (GIS) rendszerek hasznosítása és beépítése. Ez a fejezet az említett témákról mutat be néhány reprezentatív megoldást.

Az MS2 útburkolat gazdálkodási rendszere (PMS) fontos eszköztárat ajánl a költséghatékony útfelújítási döntésekhez, az elemzéshez és a gazdálkodáshoz. A hatékony gazdálkodást segítik a hasznos elemek: útszakasz helyazonosítás és leírás, útállapot felmérési adatok, részletes állapotadatok, útszakasz és hálózati értékelés, grafikonok és jelentések, a közúti beavatkozások története. A fenntartási összetevőket kiegészítik a megfelelően megválasztható út leromlási függvények, valamint a javasolt közúti beavatkozások típusa és költsége (MS2, 2014).

A SMEC útburkolat gazdálkodási rendszert (PMS) az ausztrál és más nemzetközi kormányzati szervezetek használják az úthálózat teljesítményének javítására és út vagyonelemtár készítésére. A SMEC egy fejlett vagyongazdálkodási rendszer. A műszaki megoldás SQL szerveret és Oracle technológiát alkalmaz, integrált térinformatikai rendszerrel (Geographical Information System, GIS), tematikus térképező lehetőséggel, valamint a HDM (Highway Design and Maintenance, *nemzetközileg elterjedt PMS rendszer*) modelljeivel. A SMEC™ PMS rendszer fejlett technológiája felhasználóbarát interfész felületet biztosít HCI (Human Computer Interaction, ember és számítógép kölcsönhatása) megoldásokkal. A gazdálkodási és fenntartási folyamatokban a SMEC lehetőséget ad a legmegfelelőbb beavatkozási program kiválasztására, mely maximálja a hálózat hosszú távú teljesítményét a felhasználó által meghatározható forrás keretek és beavatkozási stratégiák alapján (SMEC, 2015).

Az AgileAssets Software Platform, mely a legújabb technológiákat és moduláris mobil lehetőségeket alkalmazza, beépíthető egy integrált gazdálkodási rendszerbe.

Felépítése négy modult tartalmaz: optimáló elemzés, idősoros elemzés modul, idősoros gazdálkodás modul és az AgileAssets alaprendszer. Az optimáló elemzés a felső vezetői szint számára bemutatja és elemzi a scenáriókat és a beruházási változatokat az optimális forrásfelhasználás érdekében program és vagyonelem típus szinteken. Az idősoros elemzés modul fejlett módszerekkel előrebecsli a jövőbeni vagyonelem teljesítményt, és ennek alapján meghatározza az optimális fenntartási és rehabilitációs stratégiát, mellyel a legnagyobb ROI (Return on Investment, a befektetés megtérülésének mutatója) érhető el. Az idősoros gazdálkodás modul követi az útburkolat gazdálkodás életciklusát a rutin fenntartás, a beavatkozások tervezése, ütemezése, megrendelése, adatbankba helyezése és jelentése tekintetében.

Az AgileAssets alaprendszer összeköti a modulokat, és biztosítja az alapvető lehetőségeket a konfigurálásra, a jelentések kialakítására, a GIS, az LRS (Linear Referencing System, vonalas helyazonosítási rendszer) és a mobil applikációk integrálására (AgileAssets, 2015).

A Pavement Analyst egy további útburkolat gazdálkodási rendszer (PMS), mely a döntést támogató eszközökre fókuszál a döntési folyamat optimalizálásával, hogy az útburkolatra fordított költség maximálisan hatékony legyen, és a beruházással a lehetséges legnagyobb ROI legyen elérhető. Főként a fenntartási és rehabilitációs folyamatokkal foglalkozik. A jelenlegi útállapot adatokból kiindulva előrebecsli a jövőbeli teljesítményt és meghatározza a hálózati igényeket. Az élettartam költségelemzés (LCCA) több évre szól és többszörösen korlátos a hatások maximálása érdekében. A jövőbeli szolgáltatási szint (level-of-service, LOS) meghatározása az adott burkolat részekre a leromlási modellekkel és az optimális fenntartási stratégiával történik. Egy sajátos kimenete a szolgáltatási célokhoz és a költségekhez illesztett beavatkozási terv (AMRS, 2000).

Az EU jövőbeli fejlesztési irányait tekintve a közúti szektorban várható az „értéket a pénzért” típusú fenntartás, az innovációs elkötelezettség és a társadalmi igények figyelembevétele. Az EU politikai döntéshozói számára fontos lesz az úthálózat vagyonértéke, a kutatási és innovációs ráfordítások, valamint a fenntartható utak kialakítása. A kutatási és innovációs területen három fő irány látszik: (1) a közúti építési és fenntartási szektor stratégiai szerepének teljes körű figyelembe vétele a javasolt Horizon 2020 költségvetésben; (2) a strukturális és kohéziós alapok nagyobb arányú felhasználása a biztonságos és hatékony közlekedési hálózat beruházásaiban; (3) egy hatékony technológia transzfer támogatása (COST, 2011).

### 3. PAV3M az integrált PMMS megoldás

#### 3.1. 3.1. A PAV3M céljai

A PAV3M elsődleges célja egy holisztikus platform kifejlesztése, mely integrálja a képfeldolgozáson alapuló közúti burkolat megfigyelési technológiát a kockázatkezeléssel és a költség/előny szoftver alkalmazással, így támogatva a közútkezelőket, a közúti kivitelező és rehabilitációs cégeket, valamint a helyi önkormányzatok közúti gazdálkodási igényeit. A technológiai javaslat tartalma egy automatizált, hordozható vizuális útburkolat megfigyelési rendszer a közúti forgalom sebességével történő úthiba felvételre és az útállapot elemzésére. A könnyű felszerelhetőség és az alacsony költség a rendszert bármely járművön széles körben alkalmazhatóvá teszi. A meglévő útállapot adatgyűjtő rendszerek többsége különleges járművet igényel, költsége magasabb és a felvétel ideje hosszabb. Egyes esetekben a költségkorlát miatt még az időigényes kézi felvétel is előfordul. Nem lehet eléggé hangsúlyozni, mennyire fontos biztonsági szempontból a közúti deformációk időben történő feltárása és kijavítása.

A bemutatott projekt célja egy holisztikus platformon álló útburkolat gazdálkodás és fenntartás fejlesztése az új technológiák bevonásával, egy bármely járműre felszerelhető, közúti forgalmi sebességgel működő, útburkolat felvételt és elemzést célzó, automatizált és hordozható vizuális közúti megfigyelési rendszer tervezése,

integrálása és megvalósítása. Eltérően a különleges céljárművekbe épített meglévő rendszerektől. a projekt keretében kifejlesztett új technológiájú eszköz kompakt, teljesen automatikus, és bármely járműre felszerelhető, üzemeltethető. További cél volt az alacsony költségű, nagyobb darabszámban gyártható és használható rendszer, mely jelentősen lerövidíti a felvétel idejét, és esetleges kiesésének pénzügyi hatása nem számottevő.

Általánosságban igazolható, hogy a közúti forgalmi sebességen működő útállapot megfigyelés csökkenti a biztonsági kockázatot és a forgalom zavarását az álló vagy lassan mozgó felvételi eszközhöz képest. A felvételek típusán és gyakoriságán alapuló optimális megfigyelési stratégia további előnyök, egyebek között költség megtakarítás elérését teszi lehetővé.

### 3.2. 3.2. Üzleti folyamat

A legtöbb szerződésnek három felelős szereplője van: a Kedvezményezett, a Kivitelező és a Mérnök. Szerződés csak a Kedvezményezett és a Kivitelező, vagy a Kedvezményezett és a Mérnök között jön létre. Még abban az esetben is, ha a Kivitelező és a Mérnök szerződéses kapcsolatra lépne, a Mérnök a felelős (a Kedvezményezettel kötött szerződése miatt) a Kivitelező munkájának felügyeletéért. A Mérnök hagy jóvá minden elvégzett munkát, igazolja a kifizetési igényt, javaslatokat tesz a Kedvezményezettnek a (jóváhagyást igénylő) végrehajtási döntésekre. A Kivitelező és a Mérnök egyaránt projekt irányítót és szakértőket alkalmaznak a munkák kivitelezésére és felügyeletére. Ezekkel a feltételekkel, ha egy cég már megnyerte az előminősítést, és a projektet beadták (a költségek megfelelő nagyságrendjében), létrejön a költségfelosztás, minthogy a Mérnök felelős a projekt reális értéken – kalkulált becsült értéken történő irányításáért. Még ha a versenyen résztvevő cégeknek meg is van a kiviteli tervhez igazodó saját költségszerkezetük, hasznos lehet egy, a projekt költségeket tartalmazó, szabványos szerkezetű adatbázis létrehozása. Ez lehetővé teszi az egységes gazdálkodást, és az útburkolat gazdálkodási projektek összevethetővé válnak az archív adatbázisban, ami elősegíti a kockázat menedzsmentet és a jövőbeni előrebecsléseket. Az üzleti folyamat több fő lépéssel jellemezhető:

- A Regionális Tanács vagy a Közlekedési Minisztérium vagy a CNADNR (Compania Nationala de Administrare a Infrastructurii Rutiere, „*Nemzeti Közútkezelő Társaság*”) előírásokat tesz: a) az útrehabilitációra; b) az útfenntartásra; c) az új út építésére. Az ilyen projektekért versenyző cégek részletes költségbecslése, a kiadási összesítő kategóriák és grafikonok egységes formában készülnek (jelenleg xls fájlokban). Az eredményhirdetésen számos versenyző cég megjelenik. Bizonyos helyzetekben, nagyobb munkák esetén több céget lehet hozzárendelni a projekthez (projekt konzorcium).
- A Regionális Tanács vagy a Közlekedési Minisztérium vagy a CNADNR elemzi az ajánlatokat és megállapítja a verseny nyertesét. Korábban a versenyeztetés a helyszínen vagy a minisztérium illetve a CNADNR hivatalában folyt, nem történt

online ajánlattétel. Ezért a bemutatott projekt nem foglalkozik ennek az eljárásnak a fejlesztésével. Az igaz marad, hogy a nyertes projekt kiinduló költsége adja a költségfelosztás alapját.

- A következő fázisban a Mérnök figyelemmel kíséri a projekt kivitelezési munkáit. Az aktuális költség különbözik a becsülttől, melynek oka a különböző kockázati tényezők jelenléte, melyekkel részletesen egy másik cikk foglalkozik. A költségek naprakésszé tétele képletekkel történik, mert a kisajátítási, nyersanyag, munkaerő stb. költségek eltérőek. Az együtthatókat a meglévő szabályozásra alapozott hivatalos előírások tartalmazzák. Ha a projektet egy konzorcium teljesíti, minden tagnak nagyon világos a feladata és mozgástere. Minden fázisban a kalkuláció az aktuális költség megállapítás alapján történik (anyag számlák, céges munkaerő nyilvántartás). Figyelik a becsült és a tényleges költség közötti eltéréseket, és kiszámítják a teljes költséget az LCCA élettartam költségelemzés alapján.
- A kockázati tényezőket beillesztik a kockázat menedzselésbe, melyhez a projektvezető és a Mérnök hozzáférést kap.
- A fenntartási és rehabilitációs munkáknál terepi képeket gyűjtenek és feldolgozzák azokat. Ezek a képek (vagy videók) segítik a rehabilitációs döntést, különösen a meglévő út hibáinak elemzésével (repedések, kátyúk, egyéb felületi hibák) a technológiai megoldást. A képek elérhetők jpg / jpeg / purple / stb. formátumban. A képeket helyazonosításukkal együtt az adatbázisban tárolják.

### 3.3. 3.3. Szereplők és szerepek

A javasolt rendszer és a szereplők, felhasználók kölcsönhatásainak elemzése szerint a funkciók:

- A Rendszergazda főként az adatgazdálkodással foglalkozik (metaadatok és fizikai erőforrások). Feladata az erőforrások és a felhasználói csoport jogosultságok hozzáadása, módosítása és törlése. Hozzáfér a felhasználók listájához, az utolsó belépésekhez, módosítja a használati jogokat, korlátozhat és megszüntethet bizonyos felhasználókat, és törölheti egy adott időszakot meghaladó inaktív szakasz után a felhasználót.
- A Kedvezményezett felhasználói szerepe partner és tárgyaló fél. Hozzáfér a meglévő projektekhez az adatok menedzselésével, és kapcsolatban áll a többi felhasználóval.
- A Mérnök a felelős a vitás esetekben a válaszok biztosításáért. Szintén hozzáfér az adatbázishoz, és saját tapasztalatai alapján módosíthatja azt.
- A Projektvezető felelőssége a feladatok delegálása a csoporttagok felé és számukra a megfelelő információ biztosítása. Felelőssége még a többi résztvevővel való kapcsolattartás. Regisztrációját a rendszergazda vagy egy magas szintű felhasználó teheti.
- Az Alvállalkozó egy cégvezető, ha a projektet konzorciumi társulásban teljesítik.
- A csoporttag egy olyan személy, akit a projektvezető irányít. Ez a felhasználó

típus csak a feladatlistához és a tervekhez fér hozzá (letöltési lehetőséggel), illetve képes a kapcsolatra a csoport más tagjaival és vezetőjével.

- Az egyszerű felhasználó korlátozott hozzáféréssel rendelkezik, csak általános információkat kap, és a portál használatára vonatkozó felhasználói ismereteket a gyakran feltett kérdésekkel együtt. Kereshet a tudásbázisban, és igény esetén szolgáltatást ajánlhat fel virtuális alkalmazottként.

A kockázat menedzselési modulban a tiszta szerepek és szereplők: a projektvezető, a mérnök és a kedvezményezett.

### 3.4. 3.4. A PAV3M szerkezete

Általánosságban elmondható, hogy a közúti forgalmi sebességen végzett útállapot megfigyelés csökkenti a biztonsági kockázatot és a forgalom zavarását az álló vagy alacsony sebességű vizsgáló eszközökhöz képest. Emellett vonzó előnyök érhetők el, ide értve a költség megtakarítást, ha az úthálózat felvételi stratégiát optimálják a vizsgálatok típusa és gyakorisága szerint. A bemutatott projektben ezen felül egy **integrált kockázat menedzselési modul** fejlesztése is javasolt, figyelembe véve a burkolatfenntartás minden fontos szempontját.

A prototípus egy integrált alkalmazás, mint zászlóshajó, a közúti fenntartás és állapotfelvétel megoldására, mely GPS-t és GPRS adatátviteli eszközöket alkalmaz, valamint geokódolást és visszafejtést a MultiMap számára. A kifejlesztett útburkolat gazdálkodási rendszer moduláris szerkezetű. Az IPA (Image Processing and Analysis, képfeldolgozás és elemzés) szerepe az út jellemzőinek gyűjtése és továbbítása, az úthibákra vonatkozó információ feldolgozása és elemzése. Az általános információs modul irányítja a PMM rendszert, mely két részből áll: az IPA és a Gazdálkodási és fenntartási modul (Management and Maintenance, MM), ez utóbbi kapcsolódik az adatbázishoz, és átveszi az információkat. Az IPA modul a mobil eszközökkel készített képeket feldolgozza, elemzéseket készít, és a megfigyeléseket továbbadja az MM-nek.

Az adat import és export két részből áll: a Jármű térkép réteg a valós idejű és a statikus felvételi információk, valamint az útjellemezők számára tartalmaz eszközöket, míg az Általános információs rész további öt összetevővel rendelkezik: felügyelet, felvételi körülmények, prioritás beállítások, erőforrás szervezés és anyagvizsgálatok, az utóbbi két összetevő csak külön igény esetén. A vektoros térkép három részből tevődik össze: az útjellemező információ, a statikus megfigyelési információ és a fenntartási információ, melyeket erős belső szoftver kapcsolat fűz a MultiMap adatbázishoz. A gazdálkodási és fenntartási modul tartalmazza az eljárásokat és az alsóbb szintű modulokat a burkolati adatok gyűjtésére, azok elemzésére, karbantartására, valamint a jelentések készítésére (1. ábra).

Az egyik fontos terület az IPA, mely a képek felvétele mellett feldolgozza és elemzi a képeket egy optimáló algoritmussal, mely utóbbi kapcsolódik a fenntartási modul elemző és értékelő részéhez. Az útállapot megfigyeléshez javasolt egy térinformatikai rendszer (GIS), mely csatlakozik a mozgó járműhöz és a videó

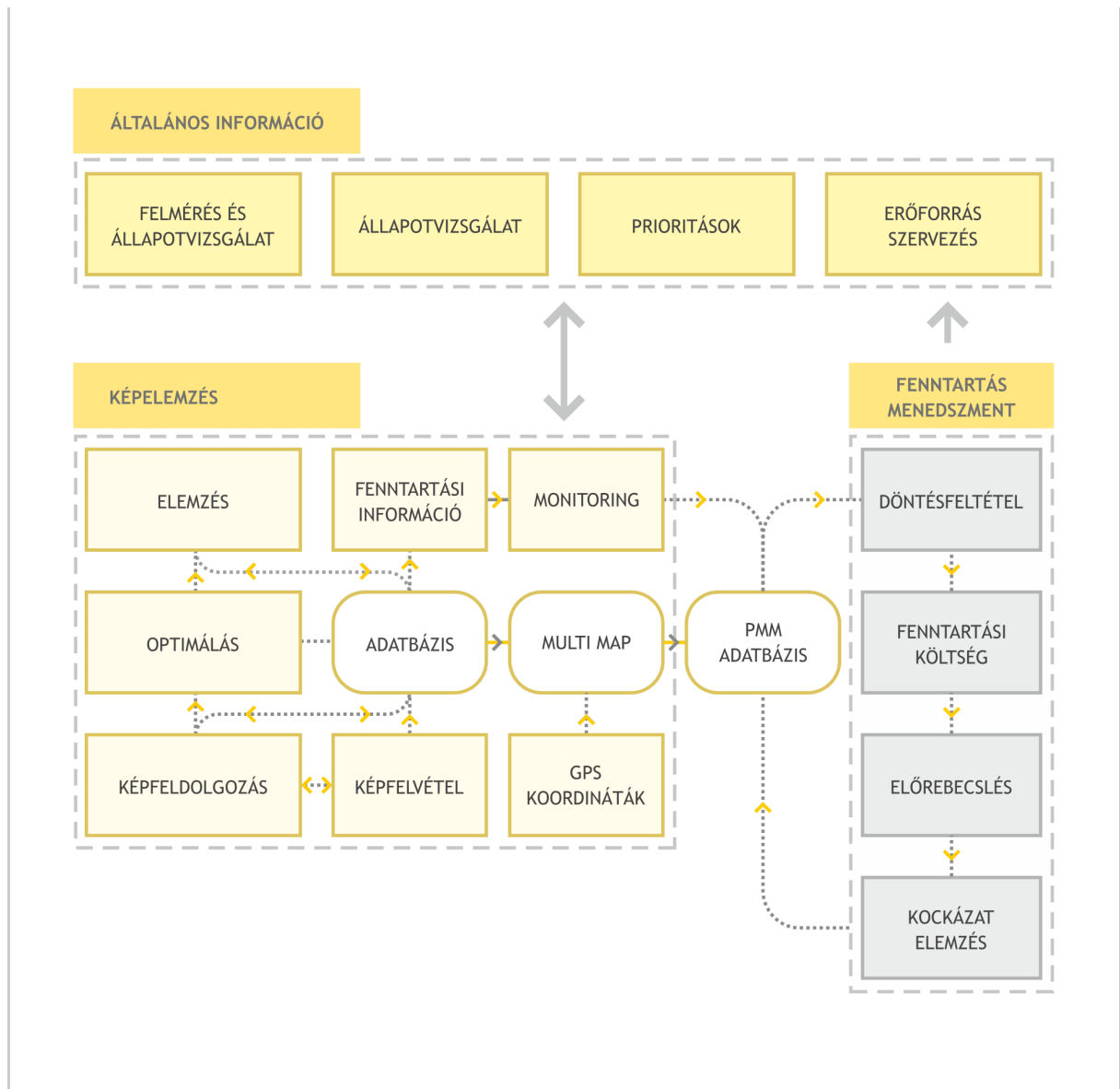
kamerához, mint olcsó megoldás az esetleges károk és egyéb problémák elkerülésére. Az összegyűjtött adatokat az IPA speciális modulja feldolgozza, és a hibákról részletes adatokat küld az út adatbázisba (PMM alkalmazási adatbázis, Application Database).

Az észlelt hibák pontos helyazonosításához a globális helymeghatározó rendszert (GPS) használják. A differenciális GPS (DGPS) felhasználását szintén tesztelték a felbontás növelésére. Ez utóbbi használata a földi referencia állomások kiegészítő információjának elérhetőségétől vagy a műholdas alapú felbontás növelő rendszerek elérhetőségétől függ. A GPS információt összevetik a szabadon elérhető térképrendszerekkel, mint az OpenStreetMaps ([www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org)), a Google Maps, vagy a Bing Maps (Microsoft).

Az IPA által gyűjtött és feldolgozott útinformációk és úthiba területek, valamint a statikus felvételi információk segítségével a projektvezetők az élettartam költségelemzés (LCCA) használatával kialakítják a fenntartási döntési feltételeket. Az általános információt a hivatalos előírásokkal kiegészítve, a meglévő szabályozás alapján, előállítható az útfenntartás és rehabilitáció legjobb stratégiája, az útburkolat fenntartás költsége, továbbá a megelőző jellegű fenntartási tevékenységek terve.







**1. ábra**  
A PAV3M felépítése

A következő lépés az RMS és BMS módszereinek elemzése volt: a *többszempélyű elemzés (Multi-criteria analysis)* számos paramétert használ, arányokat és sorolást ad a célrendszernek megfelelően, valamint teljesítmény adatokat, súlyokat és hatásokat számít. A *költség-előny elemzés (Benefit-Cost Analysis)* módszere az előnyök és a költségek vonatkozásában ad arányokat és sorolást. A *költséghatékonysági elemzés (Cost-Effective Analysis)* központjában a hatékonyság és a költségek szempontjából létrejövő arányok és sorolások állnak. Ez akkor megfelelő, ha mind a hatékonysági, mind az egyéb jellemzők (pl. gyakoriság, tőke) számszerűsíthetők, de a további jellemzők nem monetarizálhatók (McPherson and Bennett, 2005; Weimer, and Aidan 2004). Az *élettartam költségelemzés (Life-Cycle Cost Analysis)* arányokat és sorolást biztosít a projekt teljes élettartama során felmerülő kezelői és használói költségek figyelembe vételével, és megkísérli a külső költségek értékelését is. A *heurisztikus döntési szabályok (Heuristic Decision Rules)* segítségével a probléma megoldás szabályai szerint a lehetséges legjobb változat

azonosítható. Országunkban (*Románia*) a tapasztalat hiányában a PMMS kialakításban célszerűnek látszott a *költség-előny elemzés*, míg a PMM felépítése során az *élettartam költségelemzés* alkalmazása.

A fenntartási igények előrebecslésére a múltbeli adatokat lehet felhasználni. A fenntartási döntések számára kialakított döntéstámogató rendszer az állapot megfigyelés és elemzés eredményeiből kiindulva a prioritások és az erőforrások figyelembe vételével megállapított rugalmas feltételeken alapul. Az útburkolat fenntartás elemző modulba a költségeket a nemzetközi EU ajánlások szerint építik be, hálózatrészekre felosztva a nemzeti stratégiának és a regionális felosztásnak megfelelően (Weimer and Aidan, 2004).

Egy szemantikus háló használatával kialakítható egy történeti út adatbázis, mely felhasználható a kockázat menedzselési modulban. Egy szakértői modul támogatja a döntéshozókat a burkolat fenntartás optimális stratégiájának megtalálásában, a kockázati modul pedig olyan megoldásokat javasol, melyek segítségével egy adott időszakban minimális költséggel elkerülhetők vagy mérsékelhetők a kockázati tényezők. Az útburkolat fenntartás gazdálkodás során az egyesített létesítményi követelményeket használják. Ez a modul stratégiai változatokat ajánl a burkolatokkal kapcsolatos kockázatok széles körének figyelembe vételére Paine javaslata szerint (McPherson and Bennett, 2005).

A kockázatelemző modul csoportosítási (klaszterezési) módszereket alkalmaz, ahol számos jellemző fontos tényezőként szerepel: a munka minősége, a szükséges költség, a szükséges időtartam, a munkaterhelés, a munkások felkészültsége és a leltár adatok. A fő jellemzők között továbbra is az idő, a költség, valamint a szolgáltatások és anyagok minősége szerepel, melyek napjaink „átlagos” kategóriái. A web alapú megoldás személyre szabott felhasználói felületet ad a felhasználó típusának megfelelően (rendszergazda, magas szintű köztisztviselő, közúti szakértő, auditor).

## 4. Következtetések

Mind a nemzetközi és EU programok, mind a nemzeti fejlesztési terv hangsúlyozza, hogy az úthálózati beruházások kritikus tényezőt jelentenek a megtérülési rátát tekintve a cégek és más szervezetek számára. Egy megalapozott fenntartási tervvel költség takarítható meg és megőrizhetők az útállapotok a jövőben.

A cikk az RMS rendszerre fókuszálva több PMMS megoldást mutat be: az MS2 útburkolat gazdálkodási rendszert, a SMEC útburkolat gazdálkodási rendszert, mint az ausztrál és nemzetközi kormányzati szervek által alkalmazott megfelelő megoldást, mindkettő az RMS kategóriába sorolható, valamint az AgileAssets szoftver platformot, mely az IMS kategóriába illeszkedik. Számos szoftvercég ajánl kulcsrakész RMS, BMS vagy IMS szoftvereket, de számos ország a helyi sajátosságok és célok alapján önálló rendszereket fejlesztett. A cikk egy holisztikus platformon álló PMMS rendszert mutat be, melynek középpontjában az RMS

jellemzők állnak, mely egy web alapú megoldás, megfelelve a RIMES és PAV-ECO EU programokban megadott PMMS követelményeknek és ajánlásoknak.

Az ország sajátosságainak megfelelő üzleti folyamatok elemzése lehetővé tette a kulcs szereplők és szerepük azonosítását a PMMS rendszerben. Az üzleti folyamat elemzésben figyelembe lett véve az a lehetőség, amikor a közúti projekt irányítását több cég társulása végzi egy projektvezető koordinálásával.

A PMS és PMMS követelményekre tekintettel a rendszert három részre lehet osztani: az általános információ, a képfelvétel és feldolgozás (IPA), valamint a gazdálkodási és fenntartási modul (MM), mely kapcsolódik a kép és videó felvételeket tároló és feldolgozó képi adatbázishoz, továbbá a projekt ütemezést, anyag és erőforrás adatokat, archív projekt információt tartalmazó burkolat alkalmazási adatbázishoz. A képfeldolgozó modul nagy szerepet játszik az LCCA elemzésben, mely a fenntartási és rehabilitációs folyamatok sajátosága.

Az automatizált útburkolati kép és videó elemzés az ESRI (Environmental Systems Research Institute) termékeire épül, mint az ArcGIS, mely egy alacsony költségű GIS megoldás a jármű, kamera és egyéb érzékelők számára. Az adatfelvételi költség így csökkenthető, és a felhasználók az adatportálhoz a PMMP platformon betöltött szerepüktől függően hozzáférhetnek. Az élettartam költségelemzés módszer alkalmazását a nemzetközi EU ajánlások, valamint a hazai útgazdálkodási és fenntartási sajátosságok indokolják. Az előrebecslés és a költség-előny elemzések a fenntartási fázisban a kockázat menedzseléssel kiegészítve segítik a döntéshozókat, olcsóbb és erőteljes megoldást ajánlva. Ezen felül a felhasználók megosztott hozzáférést kapnak az erőforrásokhoz és a döntésekhez, a holisztikus rendszer lényegének megfelelően.

## 5. Köszönetnyilvánítás

A cikk megírását támogatta a Grant Project Partnerships PCCA 2013 "Burkolatok és utak intelligens gazdálkodása, megfigyelése és fenntartása korszerű képalkotó technikák felhasználásával – PAV3M" PN-II-PT-PCCA-2013-4-1762, no. 3/2014.

## 6. Irodalomjegyzék

(Vitillo, 2013) Pavement Management System Overview Available at:  
<http://www.state.nj.us/transportation/pavement/pdf/PMSOverviews0709.pdf>

AgileAssets (2015) AgileAssets Products Available at  
<http://www.agileassets.com/products/pavement-analyst/>

AMRS (2000) USA Department of Transportation, DSTI/DOT/RTR/IMI (2000)1,  
"Asset Management for the Roads Sector", USA, 2000

COST (2011) Available at [http://www.cost.eu/media/cost\\_stories/road\\_safety](http://www.cost.eu/media/cost_stories/road_safety)

Evdorides, H. (2007) Safe Mobility: the cornerstone of IRF's reflections on improvement in road safety, Available at [www.irfnet.org](http://www.irfnet.org)

ICMP (2015) Available at <http://pavementmanagement.org/ICMPfiles/1987050.pdf>, last retrieved 10.12.2014011

McPherson, K., Bennett, C. (2005) Success Factors for Road Management Systems, The World Bank, Washington, D.C.

Mizusawa, D. (2009) Road Management, Commercial Off-The-Shelf Systems Catalog Version 2.0, The World Bank, Washington, D.C., February 2009

Ms2soft (2015) at <http://www.ms2soft.com/pavementmanagement.aspx>

MT (2013) Master-plan General de Transport, Available at <http://www.mt.ro/web14/strategia-in-transporturi/master-plan-generaltransport/documente-master-plan>

Oguara, TM. (2007) Pavement Maintenance Management System: the Paradigm decision-making tools for Highway Engineers, lecture notes, Rivers State University of Science and Technology Port Harcourt

PMO (2015) Available at <http://www.pavementmanagement.org/ICMPfiles/2001058.pdf>

SMEC (2015) SMEC Pavement Management System Available at [www.smeccsoftware.com.au](http://www.smeccsoftware.com.au)

Weimer, D.L., Aidan R.V. (2004) Policy Analysis: Concepts and Practice." 4th Ed., Pearson Prentice Hall

*Adatok*

*Megjelent itt*

**11. szám**

---

*Szerző*

**Dan Andrei Sitar-Taut**

**Sergiu Jecan**

**Lucia Rusu**

---

## Témakörök

### Útgazdálkodás

## Kulcsszavak

Közúti gazdálkodási rendszer • Útburkolat gazdálkodási és útállapot megfigyelési rendszer • Üzleti folyamat

## Befogadva

2018. augusztus 24.

---

## Hozzászólás

Hozzászólás

\* Név

\* E-mail cím

Honlap

Hozzászólás elküldése

Bejegyzések

Galéria

Impresszum

Interjúk

Könyvajánló

Nemzetközi szemle

## Szakolvasó

## Témakörök

---

© **Copyright Ütügyi Lapok** 2019 • *Minden jog fenntartva.*



Az Ütügyi Lapok félévente elektronikus formában megjelenő, online szabadon elérhető kiadvány, erre tekintettel jelenleg nem előfizethető. Alkalmanként azonban papíralapon is megjelenik, amennyiben szeretne a papír alapú megjelenésről értesítést illetve példányt kapni, kérjük érdeklődési szándékát az alábbi címen jelezze: [utugyilapok@makadam.hu](mailto:utugyilapok@makadam.hu). *A lapban megjelent cikkek a szerzőik személyes véleményét fejezik ki és nem feltétlenül egyeznek meg a szerkesztők véleményével illetve ismereteivel.*