



# Elméleti utcahálózatok forgalomlebonyolító képességének vizsgálata makroszkopikus modellezési eljárással II. - Eredmények

Háznagy Andor Gellért<sup>1</sup>, Fi István<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Budapesti Közlekedési Központ

<sup>2</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Út és Vasútépítési Tanszék

E-mail: [andor.haznagy@bkk.hu](mailto:andor.haznagy@bkk.hu), [fi.istvan@epito.bme.hu](mailto:fi.istvan@epito.bme.hu)

DOI: [10.36246/UL.2020.1.02](https://doi.org/10.36246/UL.2020.1.02)

## KIVONAT

Településrészek utcahálózatának felépítése és a rajta hálózati szinten megjelenő forgalom lefolyása közötti kapcsolat elemzésével megállapítható, hogy az összetett utcahálózatok felépítése milyen hatással van a rajta megjelenő forgalom minőségére és lefolyására. A több részes cikksorozatban bemutatásra került kutatás négyzetrács alapú elméleti utcahálózatok forgalmi vizsgálatával arra kereste a választ, hogy az utcahálózatokat felépítő építőelemek, a közúti csomópontok és utcaszakaszok eltérő elhelyezkedése és kialakítása, mint paraméter, milyen hatással van a közúti hálózaton megjelenő forgalom lebonyolódására. A kutatás során az utcahálózatok felépítését tekintve 8 eltérő utcahálózati paraméterrel 23 utcahálózati modell került megvizsgálásra. A vizsgálatokat változó nagyságú forgalmi ráterheléssel, makroszkopikus környezetben, 8 forgalomminőséget jellemző paraméter alapján végeztem el. Az eredmények alapján, amelyet a cikksorozat második része tartalmaz, megállapítható, hogy a belső utcahálózatok kialakítása és kapacitása kisebb mértékben, míg a külső közúti infrastruktúrához kapcsolódó utcaszakaszok és csomópontok száma, elhelyezkedése és forgalmi kapacitása erősebben befolyásolja a forgalom lefolyását a 8 vizsgált forgalomminőséget jellemző paraméter alapján.

*Kulcsszavak:* települési utcahálózat, négyzetrácsos utcahálózat, hálózatelemzés, makroszkopikus forgalmi modell, forgalomminőség

## ABSTRACT

One of the most important challenges in urban design is planning an appropriate street network, satisfying the demand of users with different transport modes. Understanding the nature of road networks has been thoroughly studied problem for many years and extensive professional literature is now available in this respect. Junctions and streets are the main parts of street network. Their effects to everyday traffic could be analysed with grid street network in the neighbourhood aspect. For this reason, I analysed in more articles, 8 different street network elements were analysed with 23 theoretical grid street network model, and macroscopic traffic modelling approach was used in this work. The outcomes were analysed with 8 different traffic quality characteristic measures. The second article of series contains the results of the research project. The outcomes showed, the connection types of street networks to outer road network were much more important than inner layout of street networks in the aspect of traffic flow. Furthermore, some similarities were found in terms of street network elements behaviour in this paper.

*Keywords:* urban street network layout, Grid street plan, Network analysis, Traffic modelling, Traffic quality

**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 PhD hallgatója, jelenleg a Budapesti Közlekedési Központ munkatársa.*

**Dr. habil Fi István**

*Professor emeritus, MTA doktora (műszaki tudomány) Szakmai tevékenység: 3 könyv, 2 könyvfejezet, 6 egyetemi jegyzet, mintegy 150 tudományos publikáció és jelentés, jelentős számú terv, illetve megvalósult létesítmény. Speciális szakterület: forgalmi folyamatok lefolyása, intelligens forgalomszabályozás elmélete és gyakorlata, útpályaszerkezetek deformációja és méretezése.*

**1. BEVEZETÉS**

A cikksorozat első részében bemutattam a kutatás során alkalmazott vizsgálati módszertant. Külön kitértem a területi és forgalmi modell felépítésére. Részletesen ismertettem a vizsgálat során elemzett 23 elméleti, négyzetrács alapú utcahálózati modellt, a 8 vizsgálati paramétert és az eredmények kiértékelését szolgáló 8 forgalomminőséget jellemző változót (Háznagy & Fi 2019).

A cikksorozat második része a kutatás eredményeit és azok kiértékelési módszertantát tartalmazza a vizsgálatból származó következtetések levonásával.

**2. EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK****2.1. KUTATÁS SORÁN ELEMZETT FORGALOMMINŐSÉGET JELLEMZŐ MENNYISÉGEK**

A kutatás során az egyes vizsgálati paraméterek és a hálózatot felépítő építőelemek forgalomra gyakorolt hatásának kimutatása érdekében, összesen 8 forgalom minőséget jellemző mennyiség került elemzésre. E jellemzők KPI-ok (Key Performance Indicator – fő teljesítménymutató), olyan indikátorok, amelyek alapján egy adott területre vonatkozó beavatkozások hatása meghatározható (Parmenter, 2015) (PIARC, 2019). Mindegyik vizsgálatához egyedi célt rendeltem, amelyek az alábbiak.

*(i) Átlagos utazási idő alakulása forgalomnagyság függvényében*

A megvizsgált utcahálózatokon megjelenő közúti forgalom átlagos utazási idő-forgalomnagyság összefüggésének elemzési célja az volt, hogy az utcahálózatokon 1 órás időintervallum alatt megjelenő, változó nagyságú forgalmi terhelés függvényében megállapítható legyen a hálózaton megjelenő forgalom és átlagos utazási idő kapcsolata.

*(ii) Átlagos sebesség alakulása a forgalomnagyság függvényében*

A megvizsgált utcahálózatokon megjelenő közúti forgalom átlagos sebesség-forgalomnagyság összefüggésének elemzési célja az volt, hogy az utcahálózatokon 1 órás időintervallum alatt megjelenő, változó nagyságú forgalmi terhelés függvényében megállapítható legyen a hálózaton megjelenő forgalom és átlagos sebesség kapcsolata.

*(iii) Használt utcahálózat aránya a teljes utcahálózatához viszonyítva a forgalomnagyság függvényében*

A megvizsgált utcahálózatokon megjelenő közúti forgalom által használt utcahálózat aránya és a rendelkezésre álló teljes utcahálózatához viszonyított aránya elemzésének célja az volt, hogy az utcahálózatokon 1 órás időintervallum alatt megjelenő, változó nagyságú forgalmi terhelés függvényében megállapítható legyen a közúti forgalom által használt utcaszakaszok aránya a teljes utcahálózatához viszonyítva.

*(iv, v) Használt utcaszakaszokon kialakuló torlódás hossza, és torlódott és a használt utcaszakaszok aránya a forgalomnagyság függvényében*

A megvizsgált utcahálózatokon megjelenő közúti forgalom által használt utcaszakaszokon kialakuló torlódások hosszának és a használt utcaszakaszok arányának elemzési célja az volt, hogy az utcahálózatokon 1 órás időintervallum alatt megjelenő, változó nagyságú forgalmi terhelés függvényében megállapítható legyen az utcaszakaszokon kialakuló torlódások hossza és a torlódás során érintett utcaszakaszok egymáshoz viszonyított aránya. Az eredmények kiértékelése során az utcahálózatokon kialakuló torlódások hosszát, és a torlódás során érintett utcaszakaszok arányát a használt utcaszakaszhoz viszonyítva került elemzésre.

*(vi) Használt utcaszakaszok kapacitáskihasználtsága a forgalomnagyság függvényében*

A megvizsgált utcahálózatokon megjelenő közúti forgalom által használt utcaszakaszok kapacitáskihasználtság-forgalomnagyság összefüggésének elemzési célja az volt, hogy az utcahálózatokon 1 órás időintervallum alatt megjelenő, változó nagyságú forgalmi terhelés függvényében megállapítható legyen az utcahálózatokon közlekedő járművek által érintett utcaszakaszok közúti forgalmi kapacitásának kihasználtsága.

*(vii) Fajlagos utazási idő alakulása az átlagos sebesség függvényében*

A megvizsgált utcahálózatokon megjelenő közúti forgalom fajlagos utazási idő-átlagos sebesség összefüggésének elemzési célja az volt, hogy az utcahálózatokon 1 órás időintervallum alatt megjelenő, változó nagyságú forgalmi terhelés függvényében megállapítható legyen, hogy az utcahálózatokon megjelenő közúti forgalom milyen hatással van a fajlagos utazási idő alakulására. A fajlagos utazási idő megadja az egységnyi út megtételéhez szükséges idő mennyiségét (Koller, 1986).

*(viii) Átlagos csomóponti áthaladási idővesztés alakulása kijáratok esetében*

A megvizsgált utcahálózatokon megjelenő közúti forgalom átlagos csomóponti áthaladási idővesztésének alakulása kijáratok esetében az elemzés célja az volt, hogy az utcahálózatokon 1 órás időintervallum alatt megjelenő, változó nagyságú forgalmi terhelés függvényében megállapítható legyen, hogy az utcahálózatokon megjelenő közúti forgalom milyen hatást gyakorol a kijáratok csomóponti áthaladási idővesztésére. A kijáratok csomópontok körforgalomként kerültek definiálásra.

## 2.2. EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSÉNEK METÓDUSA

A forgalmi ráterhelések elvégzését követően rendelkezésre állt minden belső és külső forgalmi zóna közötti útvonal, az útvonalakat bejárt járművek száma és az útvonalakhoz tartozó forgalmi jellemzők. A forgalmi jellemzőket (úm. sebesség, utazási idő, kapacitáskihasználtság, torlódás, csomóponti áthaladási idővesztés és a járművek által bejárt utcaszakaszok) a bejárt útvonalakhoz tartozó előfordulásuk gyakorisága alapján súlyozott átlaggal került megállapításra. Az eredmények kiértékelése során a függvényillesztéshez az Origin Pro programot használtam.

Az átlagos utazási idő és a forgalomnagyság, valamint az átlagos sebesség és forgalomnagyság összefüggések lefolyását tekintve a vizsgált utcahálózati modellek két csoportba bonthatók.

Az első csoportba tartoznak azok a vizsgált esetek, amelyeknél a forgalom kritikus értékű ráterhelése mellett, a telítetlen forgalmi állapotból túltelített lesz, a forgalom kismértékű növekedésekor az átlagos sebesség hirtelen csökken, illetve az átlagos utazási idő hirtelen növekszik. Ez megfigyelhető, amikor a kijáratok csomópontokhoz tartozó kijáratok utakon, azaz a kijáratok csomóponti ágakon megjelenő forgalom ezen utak forgalmi kapacitását meghaladja, a hálózatot elhagyó forgalom feltorlódik a kijáratok csomóponti ágak előtt, az utcahálózat belsejében. A kijáratok csomóponti ágak összegzett forgalmi kapacitásának hatását mutatja az is, hogy azon forgalomnagyságok mellett, amelyeknél a teljes közúti hálózat forgalmi áteresztő képessége jelentősen csökken, a kijáratok csomópontok szolgáltatási szintje ágaként 'B vagy 'C' szolgáltatási szint körül adódik. Ekkor nem a kijáratok csomópontok, vagy a vizsgált

területen belüli utcahálózat következtében jelentkezik hirtelen változás a forgalmi teljesítőképességben, hanem a kijárat csomóponti ágak összegzett forgalmi kapacitása függvényében. Ez megfigyelhető a III. és V. csoportba tartozó modellek esetén. A forgalmi határérték ( $F_h$ ) nagysága az utcahálózatok azon elemeinek összesített forgalmi kapacitásának környékén adódik, amelyek összesített kapacitása a forgalom lefolyása során először alacsonyabb, mint a hálózaton megjelenő teljes forgalom nagysága, azaz értékét a kritikus elhelyezkedésű legszűkebb keresztmetszetű hálózati elemek forgalmi kapacitása adja meg.

A második csoportba tartozó többi esetben a határérték nem látható ilyen erőteljesen, az az *átlagos sebesség-forgalomnagyság* és *átlagos utazási idő-forgalomnagyság* esetében az eredményekre illeszthető folytonos függvény inflexiós pontja körül jelentkezik, amely összefügg a vizsgálat során alkalmazott ellenállásfüggvényekkel.  $F_h$  a telítetlen és a túltelített állapot határán található és e forgalomnagyság környezetében kezd a vizsgált utcahálózatokon a torlódás kialakulni, lásd 4. ábra. A kijárat csomópontok szolgáltatási szintjeinek elemzése során minden vizsgált kialakítás esetében a határértékhez tartozó forgalomnagyságnál a kijárat csomópont szolgáltatási szintje (a csomóponti ágak szolgáltatási szintjeinek átlagaként) eléri az 'E' *szolgáltatási szintet*. Ebben az esetben a járművek csomóponti áthaladási idővesztése 35 s és 50 s közötti értéket vesz fel, és ez az I., II., IV., VI. csoport esetében jelentkezik.

Az *átlagos utazási idő-forgalomnagyság* és *átlagos sebesség-forgalomnagyság* összefüggések esetén az eredményekre függvényt illesztettem a forgalmi határértéket megelőző és az azt követő esetekre. A forgalmi határérték mellett a függvényillesztésre hatással volt az utcaszakaszok telített és túltelített eseteinek kapcsolata (Akcelik, 2003) és a HCM metódusban megjelenő E szolgáltatási szint fontossága (Transportation Research Board National Research Council, 2010).

A függvényillesztés során az eredményeket minden esetben két részre osztottam. Első csoportba a minimális vizsgált forgalomnagyság ( $F_{min}$ ) és a forgalmi határérték forgalomnagysága ( $F_h$ ) közötti forgalomnagyságok ( $F$ ) tartoznak, második csoportba a forgalmi határérték forgalomnagysága ( $F_h$ ) és a maximális vizsgált forgalomnagyság ( $F_{max}$ ) közötti értékek kerültek. Mindkét esetben az eredményekre exponenciális függvényt illesztettem, amelyek 0,95-nél magasabb regressziós értékkel rendelkeznek. Az alkalmazott exponenciális függvény a következő volt.

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

A függvényillesztéseket a 1. ábra és 2. ábra tartalmazza. Az ábrákon az első csoportba tartozó illesztéseket szaggatott vonal, míg a második csoportba tartozó illesztéseket pontozott vonal jelöli. A grafikonokon az első csoportba tartozó forgalmi ráterheléseket kitöltött pontok ( $F_{min} < F \leq F_h$ ), míg a második csoportba tartozó forgalmi ráterheléseket kitöltetlen pontok ( $F_h \leq F < F_{max}$ ) jelölik. A mért átlagos utazási idő-forgalomnagyság és sebesség-forgalomnagyság összefüggésekre illesztett függvények a teljes vizsgálati tartományt tekintve nem folytonosak, az alkalmazott metódus azonban alkalmas a vizsgálat lefolytatásához. A forgalmi jellemzők közötti kapcsolatot a közúthálózat kialakítása jelentősen befolyásolja a vizsgált esetekben. Emiatt nem a vizsgált hálózatok forgalomlefordulási görbéjének egységes leírása, hanem az összehasonlító elemzése volt a kutatás célja.

Vizsgált tényezők közül a fajlagos utazási idő-átlagos sebesség kapcsolat esetében is az alábbi alakú exponenciális függvényt illesztettem az eredményekre.

$$y = y_0 + A_1e^{-x/t_1} + A_2e^{-x/t_2} + A_3e^{-x/t_3} \tag{2}$$

Az eredményeket a 6. ábra tartalmazza és minden esetben közel azonos lefutást követnek az eredményekre. Megfigyelhető, hogy a vizsgálatra kiválasztott utcahálózatok típusától és azok alkotóelemeinek a forgalomra gyakorolt hatásától az eredmények csak kis mértékben függenek. Az eredményekre illesztett harmadrangú exponenciális függvény 0,95-nél magasabb korrelációval rendelkezik.

Az *átlagos csomóponti idővesztés* vizsgálata során különösen kijáratok csomópontokon jelentkező áthaladási idővesztések esetében megfigyelhető volt az áthaladási idővesztés exponenciális felfutása, amelyet a 7. ábra tartalmaz.

### 2.3. FORGALMI VIZSGÁLAT EREDMÉNYEI

A kutatás során kapott eredmények feldolgozása az alábbi 8 utcahálózati paraméter alapján történt, amelyeket 6 csoportba soroltam a vizsgálat kiértékelése során és a 1. táblázat tartalmaz

1. táblázat: Vizsgálatra kiválasztott utcahálózati modellek csoportosítása

Paraméter vizsgálat (vizsgálat célja)	Felhasznált modellek	Vizsgálatra kiválasztott modellek jellemzése (vizsgálat paraméterek)	
		Azonos paraméter	Eltérő paraméter
A	B	C	D
I. Ugyanolyan alakú, de eltérő méretű területek vizsgálata	- s8_1000_8x8 - s8_391_5x5 - s8_563_6x6 - s8_766_7x7	- Kijáratok csomópontok elhelyezkedése - Kijáratok csomópontok száma - Kijáratok csomópontok kijáratok csomóponti ágszáma - Terület alakja - Belső utcahálózati raszter - Gyűjtőút elhelyezkedése - Egyirányúsítás	- Terület mérete
II. Eltérő alakú területek vizsgálata	- s8_1000_8x8 - s8_625_8x5 - s8_750_8x6 - s8_875_8x7	- Kijáratok csomópontok elhelyezkedése - Kijáratok csomópontok száma - Kijáratok csomópontok kijáratok csomóponti ágszáma - Belső utcahálózati raszter - Gyűjtőút elhelyezkedése - Egyirányúsítás	- Terület mérete - Terület alakja
III. Kijáratok csomópontok számának és elhelyezkedésének vizsgálata	- s8_1000_8x8 - e3_1000_8x8 - e4_1000_8x8 - s3_1000_8x8 - s4_1000_8x8 - s6_1000_8x8	- Terület mérete - Terület alakja - Belső utcahálózati raszter - Gyűjtőút elhelyezkedése - Egyirányúsítás	- Kijáratok csomópontok elhelyezkedése - Kijáratok csomópontok száma - Kijáratok csomópontok kijáratok csomóponti ágszáma
IV. Belső utcahálózat sűrűségének vizsgálata	- s8_1000_8x8 - s8_1000_8x5 - s8_1000_8x6 - s8_1000_8x7	- Kijáratok csomópontok elhelyezkedése - Kijáratok csomópontok száma - Kijáratok csomópontok kijáratok csomóponti ágszáma - Terület mérete - Terület alakja	- Belső utcahálózati raszter

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gyűjtőút elhelyezkedése</li> <li>- Egyirányúsítás</li> </ul>	
V. Gyűjtőutak elhelyezkedésének vizsgálata	<ul style="list-style-type: none"> <li>- s8_1000_8x8</li> <li>- e4_1000_8x8</li> <li>- e4k_v0_1000_8x8</li> <li>- e4k_v1_1000_8x8</li> <li>- e4k_v2_1000_8x8</li> <li>- e4k_v3_1000_8x8</li> <li>- e4k_v4_1000_8x8</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Terület mérete</li> <li>- Terület alakja</li> <li>- Belső utcahálózati raszter</li> <li>- Egyirányúsítás</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kijárat csomópontok elhelyezkedése</li> <li>- Kijárat csomópontok száma</li> <li>- Kijárat csomópontok kijárat csomóponti ág száma</li> <li>- Gyűjtőút elhelyezkedése</li> </ul>
VI. Utcahálózat egyirányúsításának vizsgálata	<ul style="list-style-type: none"> <li>- s8_1000_8x8</li> <li>- s8_egy_1000_nr_8x8</li> <li>- s8_egy_1000_mr_8x8</li> <li>- s8_egy_1000_kr_8x8</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kijárat csomópontok elhelyezkedése</li> <li>- Kijárat csomópontok száma</li> <li>- Kijárat csomópontok kijárat csomóponti ág száma</li> <li>- Terület mérete</li> <li>- Terület alakja</li> <li>- Belső utcahálózati raszter</li> <li>- Gyűjtőút elhelyezkedése</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Egyirányúsítás</li> </ul>

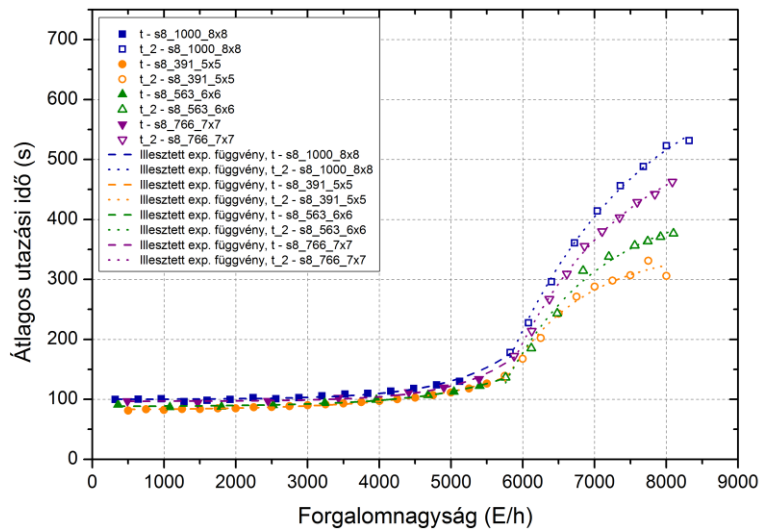
Az 1. táblázat sorai tartalmazzák a vizsgálati csoportosításokat. A táblázat C és D oszlopában a vizsgálatra kiválasztott modelleket jellemeztem, dőlt betűvel emeltem ki a D oszlopban a kiválasztott modellek eltérő tulajdonságait. Az eredmények könnyebb összehasonlítása érdekében az alapmodellnek tekintetem az s8\_8x8\_1000 elnevezésű modellt, amely mindegyik vizsgálati csoportnak a része. A forgalmat leíró jellemzők kiértékelése során az utcahálózati modellekhez tartozó eredményeket először grafikusán tartalmazza a cikk, majd ezt követi az eredmények szöveges kiértékelése. A kiértékelés során először az általános megállapításokat tartalmazza a cikk, jelölve a kapcsolódó csoportokat (pl.: I., II., VI. csoport), majd a csoportonként elemzés jelenik meg a cikkben azokban az esetekben, ahol egyedi tulajdonságok figyelhetők meg.

Néhány szóban szükséges megemlíteni a forgalmat leíró vizsgált jellemzők közötti összefüggések fontosságáról. Ilyen fontos szempontnak tekinthető a használt útvonalak aránya a rendelkezésre álló teljes hálózathoz képest, illetve azok kapacitáskihasználtsága a csomóponti áthaladási idővesztés mellett. Ezáltal változó nagyságú forgalmi terhelés hatására kialakuló forgalmi jellemzők, úm. sebesség és utazási idő, mögött jelentkező összefüggések egyértelműsíthetők. Az eredmények kiértékelése során a vizsgált forgalomminőséget jellemző mennyiségek közötti kapcsolat megjelenik.

Az utcahálózaton megjelenő forgalmat ebben a kutatási lépésben makroszkopikus szintű forgalmi modellezési eljárással került elemzésre, azaz a forgalmi vizsgálat nem a hálózaton megjelenő járművenként került lemodellezésre, mint mikroszkopikus forgalmi ráterhelések (VISSIM szoftver) esetében, hanem matematikai egyenletek alapján. Ennek következtében csak olyan éleken jelent meg forgalom, amelyek hasznossága megfelelő, avagy nincsenek „kóborló” és útvonalkereső járművek a ráterhelési eredményekben.

A vizsgálatból származó eredmények grafikusán csak az I. vizsgálati csoport esetében kerültek ábrázolásra. Az eredményekből levont következtetéseket táblázatban foglaltam össze.

### 2.3.1. ÁTLAGOS UTAZÁSI IDŐ ALAKULÁSA FORGALOMNAGYSÁG FÜGGVÉNYÉBEN



1. ábra: Átlagos utazási idő - forgalomnagyság összefüggési az I. csoport esetében.

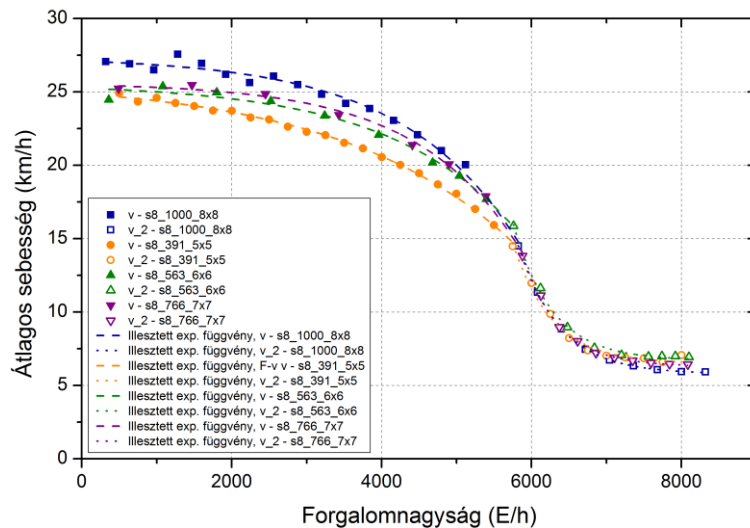
A vizsgálat során elemzett átlagos utazási idő és forgalomnagyság közötti összefüggések eredményeit grafikusán az 1. ábra jeleníti meg, míg szövegesen a 2. táblázat tartalmazza összefoglalóan.

2. táblázat: Átlagos utazási idő - forgalomnagyság összefüggéseinek jellemzése

Csoportosítás	Átlagos utazási idő – forgalomnagyság összefüggéseinek jellemzése
általános észrevétel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>F_h</math>-nál kisebb forgalmi terhelés esetén az eredmények értéke közel azonos (I., II., III., IV., VI. csoport).</li> <li>- <math>F_h</math>-nál nagyobb forgalmi terhelés esetén, minél nagyobb méretű a hálózat, annál nagyobb az utazási idő, azonos forgalomnagyság mellett (I., II., IV. csoport). A hosszabb bejárandó útvonal következtében, illetve egyre több belső csomópontot érint a forgalom, amellyel a csomóponti áthaladási idővesztés növekszik.</li> <li>- <math>F_h</math>-nál nagyobb forgalmi terhelés esetén az eredmények eltérnek egymástól (I., II., III., IV., V., VI. csoport). A torlódás mértéke növekszik, illetve használat útszakaszok aránya növekszik.</li> <li>- <math>F_h</math> környezetében az átlagos utazási idő hirtelen megnő (III., V. csoport).</li> </ul>
I. csoport	-
II. csoport	-
III. csoport	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kijáratok csomópontok száma, valamint azok összesített kapacitása minél alacsonyabb, <math>F_h</math> értéke annál kisebb forgalom esetén jelentkezik. Azonos forgalomnagyság mellett magasabb átlagos utazási idő figyelhető meg. Ezáltal a vizsgált terület elhagyására ezért kisebb forgalmi kapacitás áll rendelkezésre az úthálózaton, és kijáratok csomópontok elhelyezkedése (él, sarok) minimálisan befolyásolja az eredményeket.</li> <li>- Kijáratok csomóponti ágak száma, valamint azok összesített kapacitása minél alacsonyabb, <math>F_h</math> értéke annál kisebb forgalom esetén jelenik meg. Azonos forgalomnagyság mellett magasabb átlagos utazási idő jelentkezik. Ezáltal a vizsgált területek elhagyására kisebb forgalmi kapacitás áll rendelkezésre az úthálózaton.</li> </ul>
IV. csoport	- Minél sűrűbb egy terület belső utcahálózata, annál nagyobb az utazási idő, azonos forgalomnagyság mellett. Egyre több belső csomópontot érint a forgalom, a csomópontokban jelentkező áthaladási idővesztés növekszik, amely érték nagyobb, mint az utcaszakaszon jelentkező idővesztés.
V. csoport	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A vizsgálat eredményei közel megegyeznek egymással, ha a vizsgált területet feltáró gyűjtőutak a terület határán található (határoló gyűjtőút az utcahálózati modell 4 oldalán), vagy ha a terület belsejében vezetett az utcahálózati modellek függőleges és vízszintes szimmetriatengelyén helyezkednek el (belső gyűjtőút), a kijáratok csomópontok azonos helyzete esetén.</li> <li>- Az utcahálózatok belsejében áthaladó gyűjtőutak egymással alkotott csomópontjainak távolságának növelése a terület súlypontjától növeli az utazási időt. Többet kell a járműveknek csökkentett sebességű területeken haladnia. A hálózat forgalmi teljesítménye</li> </ul>

	legkisebb, amikor a terület belsejében haladó gyűjtőutak elérik a terület határát (terület 2 oldalán gyűjtőtűt).
VI. csoport	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>F_h</math>-nál alacsonyabb forgalmi terheléskor a vizsgált utcahálózati modellek közötti eltérés minimális.</li> <li>- <math>F_h</math>-nál nagyobb forgalom terheléskor az utazási idő növekedését tekintve növekvő sorrendben egymást követi a négyzetes-, Malcher- és körös-rendszerű egyirányú forgalmi renddel rendelkező vizsgált modellek.</li> </ul>

2.3.2. ÁTLAGOS SEBESSÉG ALAKULÁSA A FORGALOMNAGYSÁG FÜGGVÉNYÉBEN



2. ábra: Átlagos sebesség - forgalomnagyság összefüggési az I. csoport esetében.

A vizsgálat során elemzett átlagos sebesség és forgalomnagyság közötti összefüggések eredményeit grafikusán a 2. ábra jeleníti meg, míg szövegesen a 3. táblázat tartalmazza összefoglalóan.

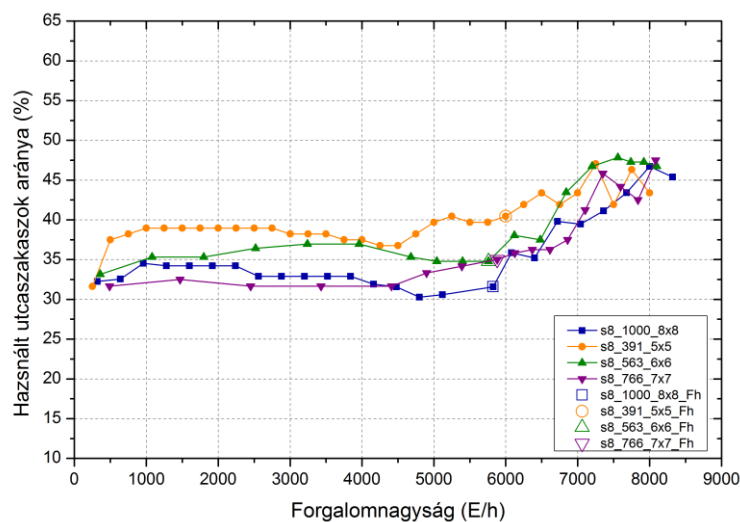
3. táblázat: Átlagos sebesség - forgalomnagyság összefüggéseinek jellemzése

Csoportosítás	Átlagos sebesség – forgalomnagyság összefüggéseinek jellemzése
általános észrevétel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>F_h</math>-nál kisebb forgalom esetén, minél hosszabb a terület utcahálózata, illetve nagyobb az modell területe, annál nagyobb az átlagos sebesség értéke Azonos forgalomnagyság mellett (I., II., IV. csoport) arányaiban több jármű használja a gyűjtőutakat.</li> <li>- <math>F_h</math>-nál nagyobb forgalom esetén eltűnik az eredmények közötti kezdeti különbség (I., II., IV., VI. csoport). A kisebb utcahálózatok esetén nagyobb az utazási sebesség, kisebb torlódás alakul ki a hálózaton. Kevesebb csomópontot érint a hálózaton megjelenő forgalom, illetve alacsonyabb a csomóponti áthaladási idővesztés.</li> <li>- <math>F_h</math> környezetében az átlagos sebesség kis forgalmi terhelés hatására hirtelen csökken (III., V. csoport)</li> </ul>
I. csoport	-
II. csoport	-
III. csoport	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kijárat csomópontok helyzete alapján <math>F_h</math>-nál kisebb forgalomnagyság mellett sarkokban elhelyezkedő csomópontot esetén nagyobb átlagos sebesség alakul ki a hálózaton, mint élek mentén elhelyezkedő csomópontok esetében. Amennyiben az utcahálózat minél több kijárat csomóponttal rendelkezik, úgy <math>F_h</math> értéke annál nagyobb forgalom mellett jelentkezik. Amennyiben a kijárat csomóponti ágak száma, valamint azok összegzett forgalmi kapacitása állandó.</li> <li>- Kijárat csomóponti ágak száma, valamint azok összesített kapacitása befolyásolja a forgalmi jellemzőket. Amennyiben a kijárat csomóponti ágak száma, valamint azok összegzett forgalmi kapacitása minél nagyobb, annál nagyobb átlagos sebesség alakul ki az utcahálózaton, a kijárat csomópontok azonos helyzete mellett.</li> </ul>
IV. csoport	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>F_h</math>-nál nagyobb forgalom esetén a legtrikább utcahálózaton jelentkezik a legnagyobb átlagos sebesség. Az eredmények közötti különbség összefügg a 'használt utcaszakaszok aránya' és a 'használt utcaszakaszok kapacitáskihasználtsága' közötti különbséggel.</li> </ul>



V. csoport	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>F_h</math>-nál kisebb forgalmi terhelés esetén az utcahálózatok belsejében áthaladó gyűjtőutak egymással alkotott csomópontjainak távolságának növelése a terület súlypontjától csökkenti az átlagos sebesség értékét.</li> <li>- <math>F_h</math>-nál nagyobb forgalmi ráterhelés esetében az azonos kijáratú csomópontszámmal és kijáratú csomóponti ágszámmal rendelkező utcahálózatoknál a vizsgált modellekhez tartozó forgalomminőségi jellemző közel azonos értékkel rendelkezik</li> <li>- A csoporton belüli többi vizsgálati esettel azonos számú kijáratú csomóponti ágszámmal, de kevesebb kijáratú csomóponttal rendelkező e4_v4k_1000_8x8 utcahálózati modell eredményei alacsonyabb értéket vesznek fel a többi esetenél.</li> </ul>
VI. csoport	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>F_h</math>-nál kisebb forgalomnagyságnál az egyirányú utcákból álló hálózatok alacsonyabb az átlagos sebesség értékkel rendelkeznek, mint a mindkét irányból járható utcákból felépült hálózatok. Az egyirányú kialakítások esetében a hálózatokon kifejtett sebesség csökkenő sorrendben "négyzetes-, Malcher-, körös-rendszer". <math>F_h</math>-nál nagyobb forgalmi ráterheléskor a vizsgált utcahálózatokhoz tartozó eredmények közel azonosak.</li> </ul>

### 2.3.3. HASZNÁLT UTCAHÁLÓZAT ARÁNYA A TELJES UTCAHÁLÓZATHOZ VISZONYÍTVA A FORGALOMNAGYSÁG FÜGGVÉNYÉBEN



3. ábra: Használt utcaszakaszok aránya a teljes utcahálózathoz viszonyítva a forgalomnagyság függvényében az I. csoport esetében.

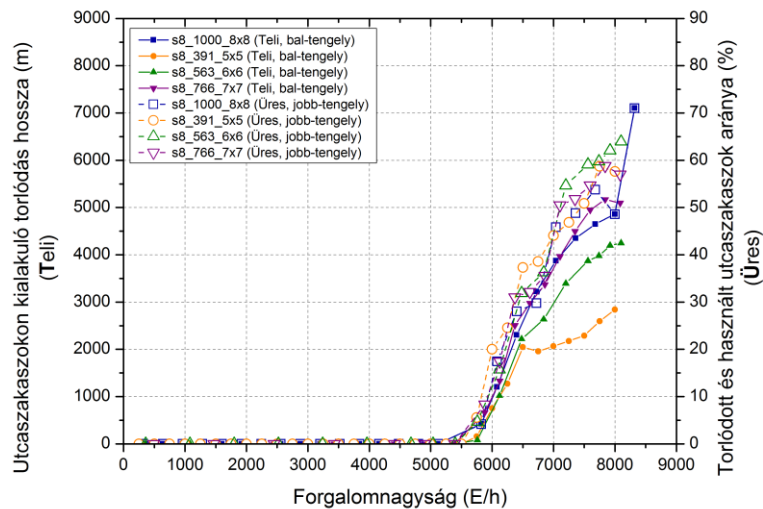
A vizsgálat során elemzett használt utcaszakaszok aránya a teljes utcahálózathoz viszonyítva a forgalomnagyság függvényében vizsgálat eredményeit grafikusán a 3. ábra jeleníti meg, míg szövegesen a 4. táblázat tartalmazza összefoglalóan.

4. táblázat: Használt utcahálózat aránya a teljes utcahálózathoz viszonyítva - forgalomnagyság összefüggéseinek jellemzése

Csoportosítás	Használt utcahálózat aránya a teljes utcahálózathoz viszonyítva – forgalomnagyság összefüggéseinek jellemzése
általános észrevétel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>F_h</math>-nál kisebb forgalmi terhelés esetén a használt utcaszakaszok aránya közel állandó (I., II., III., IV., V., VI. csoport). Ezekben az esetekben a járművek által használt utcaszakaszokon nem alakul ki torlódás, az utazási idő és sebesség közel állandó. A hálózaton közlekedő járművek nem keresnek új útvonalat.</li> <li>- <math>F_h</math>-nál nagyobb forgalmi terhelés esetén a használt utcaszakaszok aránya a növekvő forgalmi terhelés hatására folyamatosan nő (I., II., III., IV., V., VI. csoport). Minél nagyobb az utazási idő növekedése a használt utcaszakaszokon, annál nagyobb lesz a használt utcaszakaszok aránya. A kedvezőbb utazási idő érdekében a forgalom szétterül a hálózaton. A kialakuló torlódások hatására megnövekedett utazási idő új útvonalak használatára terelik a közlekedőket. A torlódás növekedése azt jelenti a használt utcaszakaszok állandósult értéke mellett, hogy a járművek újabb utcaszakaszokat nem érintenek. A hálózatokon a forgalom szétterülése egy maximális értéket vesz fel, amely az utazási idő szempontjából optimálisnak tekinthető.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A használt utcaszakaszok aránya a változó nagyságú forgalmi terhelések mellett maximálisan 50% körüli használati arányt mutatnak (I., II., III., IV., V., VI. csoport). Az utcahálózati modellek tartalmazzák olyan éleket, amelyekben nem jelenik meg forgalom a makroszkopikus szemléletű forgalmi vizsgálat miatt.</li> <li>- Az utcahálózatok méretének hatása az eredményekben nem jelenik meg egyértelműen (I., II., IV. csoport).</li> </ul>
I. csoport	-
II. csoport	-
III. csoport	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>F_h</math>-nál kisebb forgalomnagyságok esetén azonos forgalomnagyság mellett a sarkokban elhelyezkedő kijárat csomópontok esetén magasabb a használt útszakaszok aránya, mint élek menti elhelyezkedő csomópontoknál. Minél több kijárat csomóponttal rendelkezik a hálózat, valamint azok összegzett kapacitása minél nagyobb, annál magasabb a használt utcaszakaszok aránya azonos forgalomnagyság mellett. Minél több kijárat csomóponttal rendelkezik a hálózat, valamint azok összegzett kapacitása minél nagyobb, annál magasabb a használt utcaszakaszok aránya azonos forgalmi terhelés mellett.</li> <li>- A felsorolt megfigyeléseket indokolják, hogy a kijárat csomópontok száma növelésével a forgalom szétterül a hálózaton. Minél aszimmetrikusabb a hálózat a kijárat csomópontok elhelyezkedése alapján (3 db sarok mentén vagy élek mentén elhelyezkedő csomópontok), annál csatornázottabban jelenik meg a forgalom a hálózaton. Sarkokban elhelyezkedő kijárat csomópontok jobban szét tudják teríteni a hálózati forgalmat, mint az élek mentén elhelyezkedő kijárat csomópontok. Kijárat csomóponti ágak összesített kapacitása befolyásolja a hálózati forgalomlefolysást.</li> <li>- Az utcahálózati modellek eredményei egymás közötti sorrendje az <math>F_h</math>-nál nagyobb mértékű forgalmi terhelést követően megváltozik. A kijárat csomópontok száma minél kevesebb, valamint azok összegzett kapacitása minél alacsonyabb, annál magasabb a használt utcaszakaszok aránya, illetve annál magasabb a használt utcaszakaszok aránya, és azok értéke élek mentén elhelyezkedő kijárat csomópontok esetén magasabb, mint sarok mentén elhelyezkedő kijárat csomópont esetén.</li> </ul>
IV. csoport	-
V. csoport	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>F_h</math>-nál kisebb forgalmi terhelés esetén a gyűjtőt elhelyezkedése nem gyakorol jelentős hatást az eredményekre. <math>F_h</math> értékkel közel megegyező forgalmi terheléskor a belső gyűjtőt és a kijárat csomópontok elhelyezkedése az eredményekben kezd megjelenni. Az utcahálózatok belsejében elhelyezkedő gyűjtőtök minél távolabb helyezkedik el terület súlypontjától, annál magasabb a használt utcaszakaszok aránya.</li> <li>- <math>F_h</math> környezetében kis forgalmi növekmény hatására jelentősen megnövekszik a használt utcaszakaszok aránya.</li> <li>- <math>F_h</math> forgalomnagyságnál nagyobb forgalmi terhelések hatására az utcahálózatok belsejében áthaladó gyűjtőtök egymással alkotott csomópontjainak távolságának növelése a terület középpontjától növeli a használt utcaszakaszok arányát és azok kapacitáskihasználtságát. A hálózatokon közel azonos mértékű torlódás alakul ki, de a használt utcaszakaszok kapacitáskihasználtságában jelentős különbség adódik.</li> </ul>
VI. csoport	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>F_h</math>-nál kisebb forgalom esetén a "Malcher-rendszer"-nál alacsonyabb a használt utcaszakaszok aránya, mint "négyzetes- és körös-rendszer" esetekben. Illetve ezek az értékek egyirányúsítással rendelkező utcahálózatok esetében magasabbak, mint kétirányú belső utcahálózati modell (s8_1000_8x8) esetében. A használt utcaszakaszok számának magasabb használtsága a rendelkezésre álló útszakaszok alacsonyabb számának köszönhető.</li> <li>- <math>F_h</math>-nál nagyobb forgalmi terhelés esetén a "körös-rendszerhez" tartozik a legmagasabb a használt utcaszakaszok aránya az egyirányú utcahálózatok között. Az egyirányú utcaalakításhoz tartozó eredmények magasabbak, mint a kétirányú belső utcahálózattal rendelkező modell értékei. Az eredmény összefügg a használt útszakaszokon kialakuló torlódás hosszával, a torlódott és a használt útszakaszok arányával és a használt útszakaszok kapacitáskihasználtságával.</li> </ul>

**2.3.4. HASZNÁLT UTCASZAKASZOKON KIALAKULÓ TORLÓDÁS HOSSZA ÉS TORLÓDOTT ÉS A HASZNÁLT UTCASZAKASZOK ARÁNYA A FORGALOMNAGYSÁG FÜGGVÉNYÉBEN**



4. ábra: Használt utcazakaszokon kialakuló torlódás hossza-forgalomnagyság, és torlódott és a használt utcazakaszok aránya-forgalomnagyság összefüggése az I. csoport esetében.

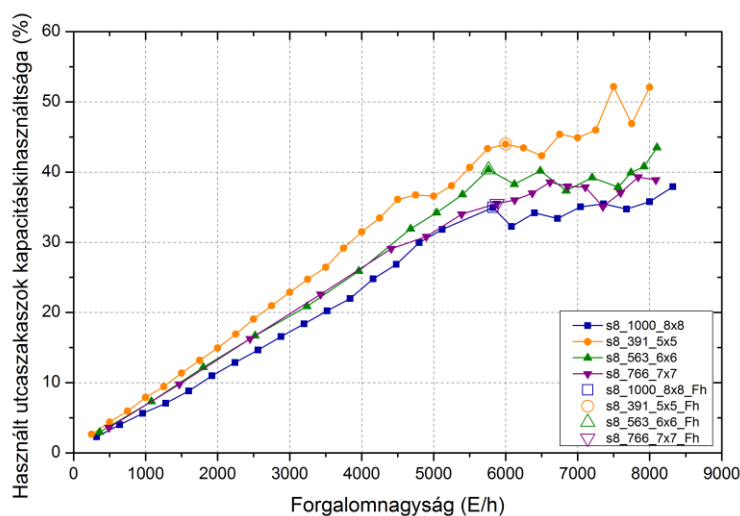
A vizsgálat során elemzett használt utcazakaszokon kialakuló torlódás hossza-forgalomnagyság, és a torlódott és a használt utcazakaszok aránya-forgalomnagyság közötti összefüggések eredményeit grafikusán a 4. ábra jeleníti meg, míg szövegesen a 5. táblázat tartalmazza összefoglalóan.

5. táblázat: Használt utcazakaszokon kialakuló torlódás hossza-forgalomnagyság, és torlódott és a használt utcazakaszok aránya-forgalomnagyság közötti összefüggések jellemzése

Csoportosítás	Használt utcazakaszokon kialakuló torlódás hossza, és a torlódott és a használt utcazakaszok aránya – forgalomnagyság közötti összefüggéseinek jellemzése
általános észrevétel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>F_h</math>-nál kisebb forgalmi terheléskor nem alakul ki torlódás a hálózatokon, míg <math>F_h</math>-nál nagyobb forgalmi terhelés esetén fokozatosan növekszik mind a hálózaton kialakuló torlódások hossza, mind pedig a torlódott és a járművek által használt utcazakaszok aránya (I., II., III., IV., V., VI. csoport).</li> <li>- A hálózatok eltérő felépítése és a kialakítása miatt nem elegendő csak a torlódás hosszát figyelembe venni. A torlódott és a használt utcazakaszok aránya alapján láthatóvá válik a vizsgált utcahálózatok hasonló viselkedése torlódott állapotban (I., II., III., IV., V., VI. csoport).</li> <li>- Kisebb hálózatokon rövidebb torlódás alakul ki, de a torlódott és használt utcazakaszok aránya alapján azonosan alakul a forgalom lefolyása, modellek területének mértékétől függetlenül, a kijáratok csomópontok és a kijáratok csomóponti ágak azonos száma és elhelyezkedése esetén (I., II., IV. csoport).</li> <li>- Torlódások közel azonos forgalomnagyság esetén kezd el kialakulni <math>F_h</math> környezetében (I., II., IV. csoport).</li> </ul>
I. csoport	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A legkisebb hálózat esetében (s5_391_8x8) <math>F_h</math>-t meghaladó terheléskor a torlódás kialakulásának tendenciája megváltozik, kisebb mértékben növekszik, mint a többi vizsgált eset. Torlódások az utcahálózatokon <math>F_h</math>-t meghaladó forgalmi terheléskor közel azonosan alakulnak.</li> <li>- A legnagyobb hálózat esetében (s8_1000_8x8) a legmagasabb forgalmi terheléskor hirtelen megnő a torlódás hossza, ugyanakkor a használt utcazakaszok aránya lecsökken. A torlódott és használt utcazakaszok arányát tekintve az eredmények átlagosan a többi vizsgált modellhez illeszkednek.</li> </ul>
II. csoport	-
III. csoport	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minél kisebb a kijáratok csomópontok és kijáratok csomóponti ágak száma, valamint azok összegzett forgalmi kapacitása, annál kisebb forgalom esetén kezd el a torlódás kialakulni a hálózatokon <math>F_h</math>-val közel forgalmi terhelés mellett.</li> <li>- Sarkok mentén elhelyezkedő kijáratok csomópontok esetén nagyobb torlódás alakul ki a hálózaton mértékében és arányában, mint élek mentén elhelyezkedő csomópontok esetén. Sarki helyzetű kijáratok csomópontok jobban becsatornázzák a forgalmat.</li> </ul>
IV. csoport	-

V. csoport	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Területet feltáró gyűjtőút elhelyezkedése a torlódás alakulása szempontjából nem releváns, azonos számú kijárat csomóponttal és kijárat csomóponti ággal rendelkező modellek esetén.</li> <li>- A e4k_v4_1000_8x8 utcahálózati eset 3 kijárat csomópontot és 4 kijárat csomóponti ágat tartalmaz. E modell esetén nagyobb torlódás alakul ki azonos forgalom nagyság mellett a hálózaton, mint a vizsgálati csoport többi eleme esetében.</li> </ul>
VI. csoport	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A vizsgált utcahálózatokon kialakuló torlódás hossza a teljes vizsgálati tartományban közel azonosan alakulnak A legnagyobb forgalmi ráterhelésekor a „körös” rendszerben kisebb az utcahálózaton kialakuló torlódás értéke, mint a másik három esetben.</li> <li>- Egyirányú utcaszakaszokat tartalmazó hálózatok között a torlódott és a használt utcaszakaszok aránya között nem alakul ki jelentős különbség és a kétirányú utcahálózattal közel azonosan alakul.</li> </ul>

### 2.3.5. HASZNÁLT UTCASZAKASZOK KAPACITÁSKIHASZNÁLTÁGA A FORGALOMNAGYSÁG FÜGGVÉNYÉBEN



5. ábra: Használt utcaszakaszok átlagos kapacitáskihasználatása a forgalomnagyság függvényében az I. csoport esetében.

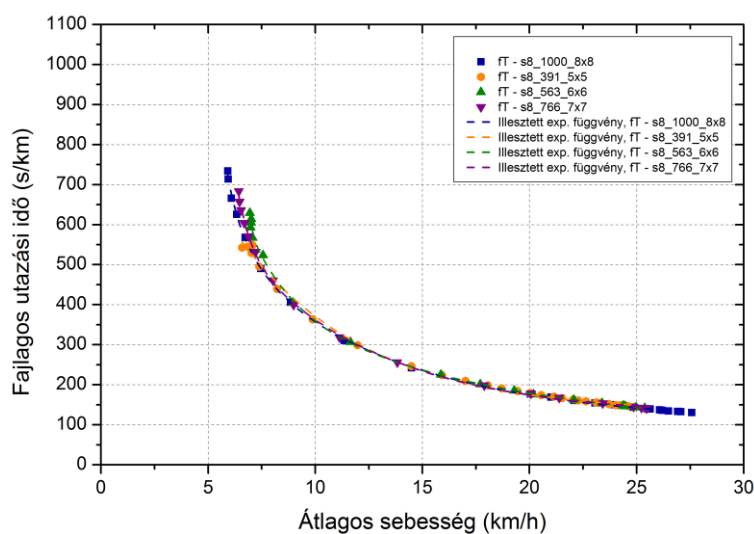
A vizsgálat során elemzett használt utcaszakaszok átlagos kapacitáskihasználatása és forgalomnagyság közötti összefüggések eredményeit grafikusán az 5. ábra jeleníti meg, míg szóvegesen a 6. táblázat tartalmazza összefoglalóan.

6. táblázat: Használt utcaszakaszok átlagos kapacitáskihasználatása - forgalomnagyság összefüggéseinek jellemzése

Csoportosítás	Használt utcaszakaszok kapacitáskihasználatása – forgalomnagyság összefüggéseinek jellemzése
általános észrevétel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fh-nál kisebb forgalom esetén a használt utcaszakaszok kapacitáskihasználatása szigorúan monoton növekszik, azt követően csak tendenciájában növekedik a kapacitáskihasználat (I., II., III., IV., V., VI. csoport).</li> <li>- minél kisebb egy utcahálózat a területe a hálózatot felépítő utcák összesített hossza és darabszáma alapján, a használt utcaszakaszok kapacitáskihasználatása annál magasabb azonos forgalomnagyság mellett (I., II., IV. csoport).</li> <li>- legnagyobb forgalmi terhelés mellett a használt utcaszakaszok kapacitáskihasználatása 40% körül adódik (I., II., IV. csoport).</li> </ul>
I. csoport	-
II. csoport	-
III. csoport	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fh-nál kisebb forgalom esetén a sarkokban elhelyezkedő kijárat csomópontokat tartalmazó modellekhez magasabb kapacitáskihasználat tartozik, mint élek mentén elhelyezkedő kijárat csomópontok esetén. Minél kevesebb kijárat csomóponttal rendelkezik egy hálózat, valamint azok összegzett forgalmi kapacitása minél kisebb azonos forgalomnagyság mellett, annál magasabb a használt utcaszakaszok kapacitáskihasználatása.</li> </ul>

	- $F_h$ -t meghaladó forgalom esetén azonos forgalomnagyság mellett minél több kijárat csomóponti ággal rendelkezik az utcahálózati modell. Azok összesített kapacitása, annál magasabb az utcaszakaszok kapacitáskihasználtság azonos kijárat csomópontszám és azok elhelyezkedése esetén. A kijárat csomópontok sarki helyzete esetén magasabb az utcaszakaszok kapacitáskihasználtsága, mint élek mentén elhelyezkedő csomópontok esetében. Azonos forgalomnagyság mellett, a kijárat csomópontok száma minél magasabb, valamint azok összesített kapacitása minél nagyobb, annál alacsonyabb a használt utcaszakaszok kapacitáskihasználtsága.
IV. csoport	-
V. csoport	- Az utcahálózatok belsejében áthaladó gyűjtőutak egymással alkotott csomópontjainak távolságának növelése a terület súlypontjától növeli a használt utcaszakaszok kapacitáskihasználtsága.
VI. csoport	- $F_h$ -nál kisebb forgalom esetén az egyirányú kialakítással rendelkező utcahálózatok közötti eredmény növekvő sorrendben „körös-, négyzetes- és Malcher-rendszer”, illetve az „alap” kétirányú utcahálózaton a használt utcaszakaszok kapacitáskihasználtsága a legalacsonyabb, illetve 4000E/h forgalmi terhelést meghaladó forgalmi terhelés esetén a „körös- és a négyzetes-rendszer” között helyezkedik el. - $F_h$ -nál nagyobb forgalom esetén jelentkezik az egyirányú utcaszakaszok csatornázottsága az utcaszakaszok magasabb kapacitáskihasználtságban. Amely érték jelentősen nagyobb lesz, mint kétirányú belső utcahálózattal rendelkező esetben. A „Malcher- és négyzetes-rendszerhez” nagyobb kapacitáskihasználtság tartozik, mint „körös-rendszerhez”. Mindegyik egyirányú esetben a használt utcaszakaszok kapacitáskihasználtsága magasabb, mint az alap, kétirányú belső utcahálózattal rendelkező modell esetén.

2.3.6. FAJLAGOS UTAZÁSI IDŐ ALAKULÁSA AZ ÁTLAGOS SEBESSÉG FÜGGVÉNYÉBEN



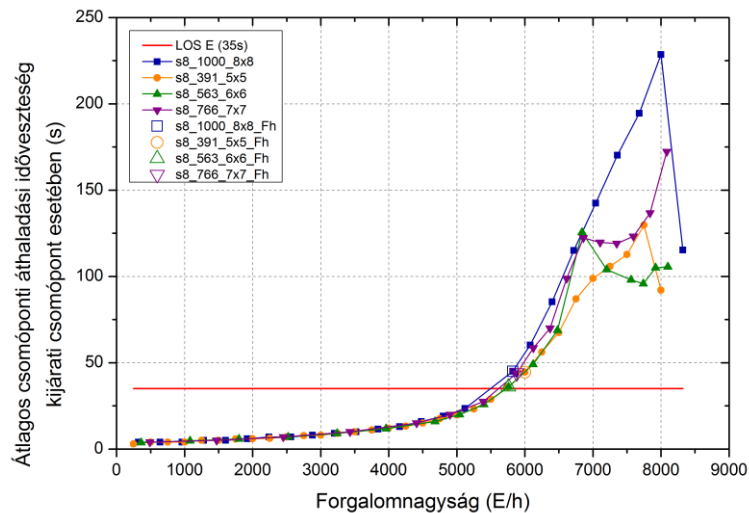
6. ábra: Fajlagos utazási idő – átlagos sebesség összefüggés az I. csoport esetében.

A vizsgálat során elemzett fajlagos utazási idő és átlagos sebesség közötti összefüggések eredményeit grafikusán a 6. ábra jeleníti meg, míg szövegesen a 7. táblázat tartalmazza összefoglalóan. A vizsgálatból származó eredmények közel azonosak, a vizsgálati csoportokhoz tartozó kiértékelést emiatt nem készítettem.

7. táblázat: Fajlagos utazási idő - átlagos sebesség jellemzése

Csoportosítás	Fajlagos utazási idő – átlagos sebesség összefüggéseinek jellemzése
általános észrevétel	- Vizsgált modellek eredményeiben a geometriai különbségek nem jelentkeznek, minden eredményre közel azonos görbe illeszthető (I., II., III., IV., V., VI. csoport). A közlekedők fajlagos utazási ideje és átlagos sebessége között szoros összefüggés van függetlenül az úthálózat geometriájától.

2.3.7. **ÁTLAGOS CSOMÓPONTI ÁTHALADÁSI IDŐVESZTESÉG ALAKULÁSA KIJÁRATI CSOMÓPONTOK ESETÉBEN**



7. ábra: Átlagos csomóponti áthaladási időveszteség kijárati csomópontok (körforgalmak) esetén a forgalomnagyság függvényében az I. csoportot tekintve.

A vizsgálat során elemzett átlagos csomóponti áthaladási időveszteség a kijárati csomópontban és a hálózati forgalomnagyság közötti összefüggés eredményeit grafikusán a 7. ábra jeleníti meg, míg szövegesen a 8. táblázat tartalmazza összefoglalóan.

8. táblázat: Átlagos csomóponti áthaladási időveszteség kijárati csomópontok esetében - forgalomnagyság összefüggéseinek jellemzése

Csoportosítás	Átlagos csomóponti áthaladási időveszteség kijárati csomópontok esetében – forgalomnagyság összefüggéseinek jellemzése
általános észrevétel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kijárati csomópontok „B” vagy „C” szolgáltatási szinttel rendelkeznek maximálisan, ahol a kijárati csomóponti ágak összesített kapacitása alacsonyabb, mint a hálózaton megjelenő forgalom nagysága (III., V. csoport). Ahol a kijárati csomóponti ágak összesített kapacitása befolyásolja az eredményt, az áthaladási időveszteség értéke változatlan marad. A hálózaton nagyobb forgalom jelenik meg, mint a kijárati csomóponti ágak összesített kapacitása. Ez a kapacitáshiány erősen visszahat a közúti hálózat csatlakozó elemeire. Az eredmény a vizsgálatához felhasznált modellezési környezet következménye.</li> <li>- „E” szolgáltatási szint ott jelenik meg, ahol a kijárati csomóponti ágak összesített kapacitása nagyobb, mint a hálózaton megjelenő forgalom nagysága adott nagyságú forgalmi ráterhelés esetén. (I., II., IV., VI. csoport).</li> <li>- <math>F_h</math>-nál kisebb forgalmi ráterhelés esetén a vizsgált utcahálózati modellekhez tartozó eredmények közel azonosak (I., II., IV., VI. csoport).</li> <li>- Amennyiben a kijárati csomópontokban jelentős áthaladási időveszteség alakul ki, akkor <math>F_h</math>-t jelentősen meghaladó forgalom esetében (kb. 6500 E/h) az áthaladási időveszteség instabil lesz, hálózaton kialakuló torlódás hossza és annak megoszlása hatással lesz az eredmények alakulására (I., II., III., IV., V., VI. csoport). Ez a jelenség a kijárati csomóponti ágak kapacitásával közel megegyező forgalomnagyságok esetén figyelhető meg. Eredmények hatása a használt utcaszakaszok aránya és használt utcaszakaszok kapacitáskihasználtsága forgalmi jellemzőknél is megjelennek, és a forgalom optimalizált lefolyásának keresésére vezethető vissza. Az s8_1000_8x8 esetben különösen megfigyelhető, hogy a csomóponti áthaladási időveszteség nagy forgalmi terhelés következtében hirtelen lecsökken, amikor az utcahálózaton a torlódás hossza hirtelen megnő. Ezekben az esetekben a csomópont tehermentesül, hálózaton az időveszteség szétterül, amit az átlagos utazási idő tendenciájának változatlansága mutat.</li> </ul>

I. csoport	-
II. csoport	-
III. csoport	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>F_h</math>-nál kisebb forgalmi ráterhelés esetében a kijárat csomópontok száma minél kevesebb, annál magasabb a csomóponti áthaladási időveszteség.</li> <li>- Amennyiben a kijárat csomópontok sarok helyzetűek, úgy az áthaladási időveszteség <math>F_h</math>-nál nagyobb forgalmi terhelés esetén magasabb, mint élek mentén csomópontok esetében azonos forgalom nagyság mellett. A kijárat csomópontok saroki elhelyezkedése esetén egy kijárat csomópontot két irányból tud elérni a hálózaton megjelenő forgalom, az élek mentén elhelyezkedő kijárat csomópont esetén három irányból képes azokat elérni a hálózaton kialakuló forgalom. Hálózaton szétterülő forgalom több csomóponti ágról érkezik, így azonos nagyságú forgalom kisebb áthaladási időveszteséggel tudja a kijárat csomópontokon keresztül a vizsgált területet elhagyni.</li> </ul>
IV. csoport	-
V. csoport	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gyűjtőutak és a kijárat csomópontok szimmetrikus elhelyezkedése esetén a legkedvezőbb a kijárat csomópontokon kialakuló áthaladási időveszteség.</li> <li>- Az utcahálózatok belsejében áthaladó gyűjtőutak egymással alkotott csomópontjainak távolságának növelése a terület súlypontjától növeli a kijárat csomópontokon kialakuló áthaladási időveszteség.</li> </ul>
VI. csoport	-

### 3. ÖSSZEZÉS

A közlekedési hálózatok forgalmi kapacitását a forgalom lefolyása szempontjából kritikus elhelyezkedésű (más útvonal használatával nem kikerülhető) legszűkebb keresztmetszet forgalmi kapacitása adja meg. Amennyiben az utcahálózaton a hálózati forgalomlefordulásban betöltött szerepe alapján több, azonos funkciójú, elhelyezkedésű és a környezetéhez hasonlóan kapcsolódó kritikus elhelyezkedésű utcahálózati elem található, akkor azok összegzett kapacitása adja meg az utcahálózat forgalmi kapacitását. Ez az érték a vizsgálat során a telítetlen és a túltelített forgalmi állapot határában elhelyezkedő forgalmi határértékként ( $F_h$ ) került meghatározásra. A vizsgált utcahálózatokon ezen értéket követően kezd torlódás kialakulni.

A vizsgált utcahálózati modellek tekintetében az eredmények alapján ilyen kritikus alkotóelemnek tekinthetők a kijárat csomópontok, a kijárat csomóponti ágak elhelyezkedése, azok száma és összegzett forgalmi kapacitása alapján. E két alkotóelem jelentősen befolyásolta a forgalomminőséget jellemző mennyiségek alakulását és a forgalmi határérték ( $F_h$ ) értékét. Mindezek mellett a kijárat csomóponti ágak forgalmi kapacitása szűkebb forgalmi keresztmetszetet jelentett. Ezek az utcahálózat forgalmi teljesítményét jobban lehatárolta, mint a kijárat csomópontok kapacitása a vizsgálat során. Amíg  $F_h$ -nál alacsonyabb forgalmi ráterhelés esetében a vizsgált forgalomminőségi jellemzők tekintetében kedvezőbb eredményeket adnak az utcahálózatok sarkaiban elhelyezkedő kijárat csomópontok, mert a vizsgált területet kívülről határoló külső gyűjtőutakon nagyobb forgalom jelenik meg. Mindezek mellett  $F_h$ -nál nagyobb forgalmi ráterhelés során az él mentén elhelyezkedő kijárat csomópontokhoz tartoznak kedvezőbb eredmények. A kijárat csomópontok a belső utcahálózatról több irányból is megközelíthetők, ezáltal a kijárat csomópontokra rávezető utcaszakaszok kisebb nagyságú forgalom jelenik meg.

A vizsgált utcahálózati modellek mérete, alakja és belső utcahálózatának sűrűsége az eredményekre kisebb mértékben volt hatással. A topológiai mérőszámok közötti minimális eltérés a vizsgálat eredményeiben kisebb mértékben jelentkezett. A vizsgált területek mérete, alakja, a belső utcahálózat felépítése és sűrűsége jellemzően az  $F_h$ -t meghaladó forgalom nagyságok esetén van hatással az eredményekre. A forgalom utcahálózaton való szétterülése, az érintett utcaszakaszok kapacitáskihasználtsága és a torlódás mértéke mind megjelenik az átlagos utazási idő és az átlagos sebesség alakulásában. Minél nagyobb egy utcahálózat, az átlagos utazási idő értéke  $F_h$ -t meghaladó forgalom nagyságok esetében annál nagyobb. Minél nagyobb az utcahálózat annál kisebb az utcaszakaszok kapacitáskihasználtsága, valamint a használt utcaszakaszok aránya. Ez különösen az egyirányú belső utcaszakaszokból álló utcahálózati modellek esetében, ahol az utcahálózaton közlekedő járművek számára a közlekedésre rendelkezésre álló utcaszakaszok száma jelentősen kevesebb.

A cikksorozat harmadik részeként a vizsgálati módszertant kiterjesztem valós, lakótelepi utcahálózatok vizsgálatára is. Az elméleti utcahálózatok során megállapított következtetések valós környezetbe kerülnek kiterjesztésre az alkalmazott keretrendszert használva.

#### 4. IRODALOM

Akcelik, R. 2003. Speed-flow models for uninterrupted traffic facilities. Akcelik & Associates Pty Ltd, 1–34.

Háznagy, A., & Fi, I. 2019. Elméleti utcahálózatok forgalomlebonyolító képességének vizsgálata makroszkopikus modellezési eljárással I. - Kísérleti módszertan. Útügyi Lapok, 7(12), 68–79, <https://doi.org/10.36246/UL.2019.1.07>

Koller, S. 1986. Forgalomtechnika és közlekedéstervezés. Budapest: Műszaki Könyvkiadó.

Parmenter, D. 2015. Key performance indicators: developing, implementing, and using winning KPIs. John Wiley & Sons.

PIARC. 2019. Performance Indicators. Retrieved from <https://rno-its.piarc.org/en/rno-basics-road-user-needs-measuring-performance/performance-indicators>; Elérve: 2020.03.02.

Transportation Research Board National Research Council. 2010. Highway Capacity Manual “HCM2010.” Washington, D.C.