



## Elméleti utcahálózatok forgalomlebonyolító képességének vizsgálata makroszkopikus modellezési eljárással I. – Kutatás módszertana

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

<sup>1</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Út és Vasútépítési Tanszék  
e-mail: andor.haznagy@bkk.hu; fi.istvan@epito.bme.hu

DOI: 10.36246/UL.2019.1.07

**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 megvizsgáltam 23 utcahálózati modellt változó nagyságú forgalmi ráterheléssel makroszkopikus környezetben 8 forgalomminőséget jellemző mennyiség alapján. A cikksorozat első részében az alkalmazott vizsgálati módszertant részleteztem a területi és a forgalmi igénymodell bemutatásával.

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

## Capacity analysis of street network with macroscopic traffic modelling approach – Methodology

**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 impact on 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 first article of series contains the network and traffic model of research.

**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 kutatási jelentés, jelentős számú terv, illetve megvalósult létesítmény. Speciális szakterület: forgalmi folyamatok lefolyása, intelligens forgalomszabályozás elmélete és gyakorlata, útpályaszerkezetek deformációja és méretezése.

## 1. Bevezetés

Települések utcahálózata a városok és falvak ütérei és az emberek mindennapos helyváltoztatási igényeinek biztosítanak teret a többi szerepük mellett. Ebből a speciális helyzetből kiindulóan jelentős befolyással rendelkeznek az emberek közötti társadalmi és gazdasági kapcsolatok alakulására és egyben lenyomatai e kapcsolat erősségének és a környezethez való viszonyuknak. Az egymást követő történelmi korokhoz és földrajzi régiókhöz kapcsolódó lenyomatok igen eltérő utcahálózati és települési struktúrákat hoztak létre, melyek mind nemzetközi, mind pedig hazai viszonylatban az elmúlt évtizedekben számos vizsgálat tárgyát képezték (Marshall, 2004; Meggyesi, 2009).

Ezeket a hálózatokat és a bennük lévő kapcsolatokat eltérő városmodellekkel igyekeztek leírni a kutatók a XX. század elejétől kezdve. Az elsődleges, klasszikusnak tekinthető városmodellek így a Burgess-féle koncentrikus körök elmélete (Burgess, 1935), Hurd-féle (Hurd, 1903), Hoyt-féle kapszulaelmélet szektormoddell (Hoyt, 1939), illetve Ullman–Harris-féle többmagvas város modellje (Harris, Ullman, 1945), amelyeket számos egyedi vizsgálati modell követett.

A települési struktúrák és a településen belül megjelenő tevékenységek időbeli és térbeli változása egymástól eltérő sebességgel zajlik, és a folyamatok időbeli lefolyása alapján lassan és gyorsan változó tényezők azonosíthatók (Wegener, 2004). Nagyon lassan változó tényezők közé tartozik a településrész struktúrájának, kialakításának és területhasználatának változása. Lassan változó tényezők közé sorolandó a munkahelyek és a lakások mennyiségében és elhelyezkedésében bekövetkező változás. Gyorsan változó tényezők a településeken, településrészekben lakók és a munkát vállalók időbeli fluktuációja. Negyedik, a leggyorsabban változó tényező a közlekedés (személy és áruszállítás) minőségében és volumenében következhet be változás. A települési jellemzők felsorolt időbeli változékonyságából következik, hogy a településrészek folytonosan változó képét, beépítését és szerepét az utcahálózat a legtöbb esetben utólag képes követni. Kivételt azok az esetek képeznek, amelyek során egy-egy tudatos várostervezési döntés hatására egy korszakban a városrészek előre meghatározott funkcióknak épültek, vagy újultak meg (meglévő városrész teljes átépítése: Budapest, Tabán bontása az 1930-as években; környezeti katasztrófát követően város vagy városrész korszerűsítés megvalósítása: Szeged az 1879-es nagy árvízét követő újjaépítése, korábban mezőgazdasági művelés alatt álló terület beépítése: Lipótváros jelenlegi négyzettrács kialakítású utcahálózata jelentősen eltér a korábbi úthálózattól; illetve a korábbi iparterületek rekultivációja során

a barnamezős beruházásként létre jövő új településrészek utcahálózata is jelentősen eltérhet a korábbi iparterületi úthálózattól).

A települési utcahálózat lassú változásából és a rajta megjelenő közlekedési forgalom nagyságának mind hosszú távú, mind pedig rövid távú dinamikus változása szükségessé teszi, a települési utcahálózatok topológiájának megfelelőségi vizsgálatát a rajtuk megjelenő közúti forgalom lebonyolítása szempontjából. Ugyanis az utcahálózatokat felépítő elemek, a közúti csomópontok és utcaszakaszok kiépítettségén, ezáltal a közúti forgalom számára rendelkezésre álló szabad kapacitás mértékén könnyebb változtatni a csomópontok forgalmi rendjének és kialakításának változtatásával és az utcahálózaton sávszám- és parkoló bővítéssel. Ezekkel a módszerekkel csak addig lehet élni, ameddig a közlekedésfejlesztésre rendelkezésre álló terület el nem fogy. Ezekből következik, hogy a településrészek utcahálózatának kialakítása alapvetően befolyásolja a településeken megjelenő forgalmi igény alakulását és lefolyását. A település- és a közlekedésfejlesztésnek szorosan egymásra épülve szükséges megvalósulnia (Koller, 1980).

A településeken az 1980-as évektől kezdve a forgalomcsillapított övezetek fokozatosan terjedtek el, amely következtében az alkalmazott területek forgalombiztonsága és légszennyezettsége (Knoflacher, 1992; Vis, Dijkstra, Slop, 1992) kedvezőbb, mint a forgalomkorlátozás bevezetését megelőzően volt. Manapság nem ritka, hogy teljes településrészek közúthálózata forgalomcsillapított övezet. Ez elősegíti a közforgalmú közlekedés és egyéni közlekedés közötti munkamegosztás városszerkezetekhez illeszkedését és azt, hogy közlekedéstervezés és a várostervezés egymás mellett megfelelő helyet kapjon a megfelelő városi lét biztosítása érdekében (Koller, 1974; Tímár, 1986). A forgalomcsillapított övezetekben, mint kis területi egységekben a forgalom lezajlása, különösen a reggeli csúcsidőszakban kritikus a teljes utcahálózat szempontjából. Annak következtében, hogy ezekről a területekről kiinduló forgalom táplálja a teljes közlekedési hálózatot, így a lakóterületek utcahálózatának kialakítása számos közlekedőt érint.

Kutatásomban arra kerestem a választ, hogy makroszkopikus közlekedési modellezési környezetben változó nagyságú forgalmi ráterhelés hatására, a települési utcahálózatokat felépítő közúti csomópontok és a köztük található utcaszakaszok milyen hatással vannak a közlekedési hálózatokon megjelenő forgalom lefolyására hálózati szinten több forgalomminőséget jellemző mennyiség együttes vizsgálatával. A vizsgálataimban 8 utcahálózati építőelemet néztem. A megfelelő eredmények érdekében e 8 jellemzőt összesen 23 négyzettrács

alapú, elméleti utcahálózat felhasználásával vizsgáltam.

Az utcahálózatok kialakításának és vizsgálatának sokszínűsége miatt a korábbi vizsgálatok mind az elemzett utcahálózati modellek elrendezésében, mind pedig a kutatási módszertanban (valós közlekedési viszonyok vizsgálata (Olszewski, Fan, Tan, 1995) és számítógéppel végzett vizsgálatok (Liu, May, Shepherd, 2011) eltérnek egymástól. Mindezek mellett a közlekedési modellezés a forgalmi vizsgálatok egyik elterjedt kiegészítő módja Budapesten is (Kerényi, Kórizs, Halmos, 2017).

Kutatási eredményeimet egy cikksorozat keretein belül mutatom be, amelynek első részében az alkalmazott vizsgálati módszertant mutatom be a területi és a forgalmi igénymodell segítségével. A cikksorozat második részében az eredményeket és az abból levont következtetéseket ismertetem. A harmadik, egyben utolsó részben az első két cikkben ábrázolt módszertant alkalmazom valós, lakótelepi utcahálózatok forgalmi vizsgálatához.

## 2. Metodológia

A metodológia fejezetben bemutatom a kutatás során elemzett elméleti, négyzetrács alapú utcahálózati modellek kialakítását, a rajtuk megjelenő közlekedési igény leképezését a forgalmi vizsgálatok során alkalmazott makroszkopikus forgalmi ráterhelési módszertanával.

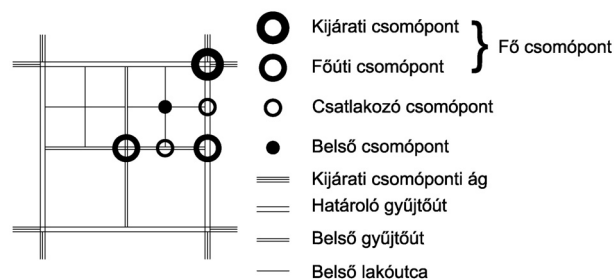
A településeket felépítő utcahálózatok építőelemi hálózati funkció alapján két csoportba sorolhatók, ún. közúti csomópontokra és a csomópontok között található, azokat összekötő útszakaszokra. E két alkotóelem számos eltérő tulajdonsággal rendelkezhet a hálózatban betöltött funkció és a rajta megjelenő eltérő közlekedési igények alapján. A közúthálózatok forgalmi kapacitása is erősen függ e két alkotóelemtől. A közlekedési hálózatok kapacitását tulajdonképpen a forgalom lefolyása szempontjából a kritikus elhelyezkedésű legszűkebb keresztmetszet kapacitása adja meg, ugyanakkor a közlekedési rendszerek átjárhatósága következtében a bejáratott útvonalak szűk keresztmetszetei gyakran új útvonalak használatára ösztönzik a közlekedőket. A mai korban, a közúti navigációs szoftverek (pl.: Waze) széleskörű használata által egyre inkább a közúti hálózatokon az egyéni optimum helyett a társadalmi optimum jelenik meg a forgalmi torlódásokban töltött idő minimalizálása érdekében.

Közúti közlekedési hálózatok forgalmi teljesítőképességének vizsgálatához olyan utcahálózati modellek összehasonlítására van szükség, amelyek csak bizonyos tulajdonságaikban térnek el egymástól a közlekedésre gyakorolt hatások összehasonlíthatósága érdekében. Az utcaszakaszok és a

csomópontok kialakítási lehetőségeinek módjai a valóságban mindig a forgalom nagyság, a forgalmi igények, a rendelkezésre álló terület, valamint az alkalmazható forgalombiztonsági és forgalomszabályzási beavatkozási eszközrendszerek együttes vizsgálatával határozható meg a különböző közlekedési módok figyelembevétele mellett. A közlekedési hálózatok kismértékű megváltoztatása is jelentős hatást gyakorolhat a rajta megjelenő forgalom lefolyására.

### 2.1 Területi modell

A településeket felépítő utcahálózatokat közúti csomópontok és azokat összekötő utcaszakaszok segítségével definiáltam. A csomópontokra és utcaszakaszokra elhelyezkedésük és hálózati funkciójuk alapján az alábbi jelölés-rendszert alkalmaztam, amelyet a 1. ábra tartalmaz.



1. ábra. Közúti csomópontok és utcaszakaszok elnevezése elhelyezkedésük alapján

Közúti csomópontok esetén megkülönböztethető eseteket az 1. táblázat tartalmazza.

A csomóponti ágak járműosztályozó nélküliek, minden esetben irányonként 1 sávval rendelkeznek. Utcaszakaszok esetében megkülönböztethető eseteket a 2. táblázat tartalmazza.

A vizsgálataimban a lakóterületek elhagyhatóságával foglalkoztam. Az utcahálózati modellekben a forgalom vizsgált területen belül keletkezett és a hálózatot felépítő utcaszakaszokon keresztül hagyta el modellezési területet.

Első lépésben 23 elméleti, négyzetrács kialakítású utcahálózati modellt vizsgáltam. A 23 modellre azért volt szükség, hogy több, utcahálózatot felépítő alkotóelem forgalomra gyakorolt hatását vizsgálni tudjam. A csomópontok és utcaszakaszok elhelyezkedése alapján 8 vizsgálati paramétert határoztam meg. Ezekhez a vizsgálatokhoz összesen 23 db eltérő utcahálózatot tartalmazó elméleti modell készült. E modellek csoportosított elemzésével lehetővé vált az alábbi 8 paraméter vizsgálata:

- i. kijárató csomópontok elhelyezkedése,
- ii. kijárató csomópontok száma,

## 1. táblázat. Közúti csomópontok jellemzése

Név	Jellemzés	Forgalomirányítás
Kijárási csomópont*	A városrész határán lévő olyan csomópont, amely főútvonalon található, és amelyen keresztül a forgalom a városrészt elhagyja.	körforgalom †
Főúti csomópont*	Olyan csomópont, amely városrészt határoló főút és a városrészt feltáró gyűjtőutak találkozásában található.	körforgalom †
Csatlakozó csomópont	Városrész belső utcahálózatát elhagyó forgalom ezeken a csomópontokon keresztül érik el a belső gyűjtőutakat, illetve a határoló főutakat.	elsőbbségadás kötelező
Belső csomópont	Városrészben belüli lakóutak kereszteződése. A forgalmi szimuláció során alkalmazott csomóponti forgalomirányítás módja.	jobbkezes-szabály

\* Fő csomópont: A kijárási csomópont és a főúti csomópont együttes elnevezése; † egysávos körforgalom

## 2. táblázat. Utcaszakaszok jellemzése

Név	Jellemzés	Megengedett sebesség	Írnyonként forgalmi sáv	Hálózati funkció*	Környezeti körülmény*
Kijárási csomóponti ág	városrészekhez kapcsolódó gyűjtőút, amely biztosítja közúti hálózaton megjelenő modellezett járművek kapcsolatát a város többi részével	$v_{max} = 50$ km/h	1	c	D
Határoló gyűjtőút	városrészeket határoló gyűjtőút	$v_{max} = 50$ km/h	1	c	D
Belső gyűjtőút	városrészben belüli, területi forgalomcsillapítással nem rendelkező út	$v_{max} = 50$ km/h	1	d	D
Belső lakóutca	forgalomcsillapítással rendelkező lakóutcák, vegyeshasználatú utak és szervízutak parkolóhelyekkel	$v_{max} = 30$ km/h	1	d	D

\* e-ÚT 03.01.11 (ÚT 2-1.201). Közutak Tervezése, 1.1 táblázata alapján

- iii. kijárási csomópontok kijárási ágainak száma,
- iv. terület mérete,
- v. terület alakja,
- vi. a belső utcahálózatot felépítő párhuzamos utcaszakaszok távolsága, azaz a belső utcahálózati raszter,
- vii. a forgalom területről történő elhagyását biztosító gyűjtőút elhelyezkedése,
- viii. belső lakóutcák egyirányú forgalmi kialakítása.

Az elemzett 23 utcamodell által lehetőségem nyílt arra, hogy a vizsgálati paramétereknek az utcahálózatokon megjelent forgalomra gyakorolt hatása kutathatóvá váljon. Az egyes utcahálózati paramétereket csoportosítva vizsgáltam meg. A csoportos összehasonlítás eredményessége érdekében mindegyik vizsgálati csoport legkevesebb 4 utcahálózati modellt tartalmazott. A kutatás peremfeltételeinek meghatározása során adódott a kiválasztott 23 utcahálózati modell. Az elemzésre kiválasztott modelleket a fontosabb adatokra való tekintettel a 3. táblázat tartalmazza.

A 3. táblázat A oszlopában a modellek neve szerepel, az itt szereplő karakterek jelentése az alábbi,  $e$  vagy  $s$ : a kijárási csomópont elhelyezkedése,  $e$ : amely él mentén, a határoló gyűjtőút mentén a ut-

cahálózati modellek horizontális és vertikális szimmetriatengelyében elhelyezkedő kijárási csomópont,  $s$ : amely az utcahálózati modellek sarkában elhelyezkedő kijárási csomópont,  $e4k$ : a belső gyűjtőút az utcahálózati modell területén belül halad keresztül,  $s8\_egy$ : az egyirányú forgalomirányítással rendelkező belső utcahálózat,  $nr$ : normál rendszer,  $mr$ : Malcher-rendszer,  $kr$ : körös-rendszer (Koller, 1986).

$G$  oszlopban egy belső tömb területe szerepel, amely tömb területe az egymással párhuzamos utcák úttengelye által határolt terület nagyságával azonosítható. A valóságban ez a szabályozási szélességtől függően, ennél a méretnél egy lakótömb területe kisebb. A gyűjtőút elhelyezkedését a vizsgált modellekhez képest a  $J$  oszlop jeleníti meg. A  $K$  oszlop a teljes utcahálózat hosszát tartalmazza. A teljes utcahálózat meghatározása során forgalmi irányonként számítottam a lakóutcák és a gyűjtőutak összegzett hosszát.

A négyzetrács alakú utcahálózatok elemzése során, amely változó nagyságú forgalmi ráterhelés mellett történt az alkalmazott modellek mindegyikében a lakótömböket határoló, egymással párhuzamos utcaszakaszok úttengelye egymástól 125 m távolságra található.

**3. táblázat. Vizsgált elméleti utcahálózatok kialakítása – fontosabb adatok**

Utcahálózati modell neve	Modell területe (km <sup>2</sup> )	Modell horizontális hossza (m)	Modell vertikális hossz (m)	Modell vertikális tömbszáma (db)	Modell horizontális tömbszáma (db)	Egy belső tömb területe (ha)	Kijárat csomópont szám (db)	Kijárat csomóponti ágyszám (db)	Gyűjtőút jellege*	Teljes utcahálózat hossza (km)
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
e3_1000_8x8	1.0	1000	1000	8	8	1.563	3	3	határoló (zárt)	36.75
e4_1000_8x8	1.0	1000	1000	8	8	1.563	4	4	határoló (zárt)	37.00
e4k_v0_1000_8x8	1.0	1000	1000	8	8	1.563	4	4	belső	37.00
e4k_v1_1000_8x8	1.0	1000	1000	8	8	1.563	4	4	belső	37.00
e4k_v2_1000_8x8	1.0	1000	1000	8	8	1.563	4	4	belső	37.00
e4k_v3_1000_8x8	1.0	1000	1000	8	8	1.563	4	4	belső	37.00
e4k_v4_1000_8x8	1.0	1000	1000	8	8	1.563	4	3	határoló (részben)	37.00
s3_1000_8x8	1.0	1000	1000	8	8	1.563	3	3	határoló (zárt)	36.75
s4_1000_8x8	1.0	1000	1000	8	8	1.563	4	4	határoló (zárt)	37.00
s6_1000_8x8	1.0	1000	1000	8	8	1.563	3	6	határoló (zárt)	37.50
s8_1000_8x8	1.0	1000	1000	8	8	1.563	4	8	határoló (zárt)	38.00
s8_1000_8x5	1.0	1000	1000	8	5	2.500	4	8	határoló (zárt)	32.00
s8_1000_8x6	1.0	1000	1000	8	6	2.083	4	8	határoló (zárt)	34.00
s8_1000_8x7	1.0	1000	1000	8	7	1.786	4	8	határoló (zárt)	36.00
s8_391_5x5	0.391	625	625	5	5	1.563	4	8	határoló (zárt)	17.00
s8_563_6x6	0.563	750	750	6	6	1.563	4	8	határoló (zárt)	23.00
s8_766_7x7	0.766	875	875	7	7	1.563	4	8	határoló (zárt)	30.00
s8_625_8x5	0.625	625	1000	8	5	1.563	4	8	határoló (zárt)	25.50
s8_750_8x6	0.750	750	1000	8	6	1.563	4	8	határoló (zárt)	29.50
s8_875_8x7	0.875	875	1000	8	7	1.563	4	8	határoló (zárt)	33.75
s8_egy_nr_1000_8x8	1.0	1000	1000	8	8	1.563	4	8	határoló (zárt)	24.00
s8_egy_mr_1000_8x8	1.0	1000	1000	8	8	1.563	4	8	határoló (zárt)	24.00
s8_egy_kr_1000_8x8	1.0	1000	1000	8	8	1.563	4	8	határoló (zárt)	24.00

\* határoló (zárt): határoló gyűjtőút határolja kívülről körül az utcahálózati modellt; határoló (részben): határoló gyűjtőút nem minden oldalról határolja körül az utcahálózati modellt; belső: belső gyűjtőút



4. táblázat. Vizsgált utcahálózati modellek jellemző topológiai mérőszámai

Terület neve	Utcahálózat-sűrűség (km/km <sup>2</sup> )	Utcaszakasz-sűrűség (db/km <sup>2</sup> )	Csomópont-sűrűség (db/km <sup>2</sup> )	Kapcsolati index (db/db)	Alaktani index (km <sup>2</sup> /km <sup>2</sup> )	Egyirányú utcák arány (%)
e3_1000_8x8	36.000	288.000	77.000	3.740	0.637	0
e4_1000_8x8	36.000	288.000	80.000	3.600	0.637	0
e4k_v0_1000_8x8	36.000	288.000	81.000	3.556	0.637	0
e4k_v1_1000_8x8	36.000	288.000	81.000	3.556	0.637	0
e4k_v2_1000_8x8	36.000	288.000	81.000	3.556	0.637	0
e4k_v3_1000_8x8	36.000	288.000	81.000	3.556	0.637	0
e4k_v4_1000_8x8	36.000	288.000	81.000	3.556	0.637	0
s3_1000_8x8	36.000	288.000	80.000	3.600	0.637	0
s4_1000_8x8	36.000	288.000	81.000	3.556	0.637	0
s6_1000_8x8	36.000	288.000	80.000	3.600	0.637	0
s8_1000_8x8	36.000	288.000	81.000	3.556	0.637	0
s8_1000_8x5	30.000	186.000	54.000	3.444	0.637	0
s8_1000_8x6	32.000	220.000	63.000	3.492	0.637	0
s8_1000_8x7	34.000	254.000	72.000	3.528	0.637	0
s8_391_5x5	38.400	307.200	92.160	3.333	0.637	0
s8_563_6x6	37.333	298.667	85.333	3.500	0.637	0
s8_766_7x7	36.571	292.571	83.592	3.500	0.637	0
s8_625_8x5	37.200	297.600	86.400	3.444	0.572	0
s8_750_8x6	36.667	293.333	84.000	3.492	0.611	0
s8_875_8x7	36.286	290.286	82.286	3.528	0.631	0
s8_egy_nr_1000_8x8	22.000	176.000	81.000	2.173	0.637	77.778
s8_egy_mr_1000_8x8	22.000	176.000	81.000	2.173	0.637	77.778
s8_egy_kr_1000_8x8	22.000	176.000	81.000	2.173	0.637	77.778

A vizsgált utcahálózati modellek kialakításukban egymástól különböznek, ugyanakkor hasonló felépítést követnek. A 4. táblázat azon topológiai mérőszámokat tartalmazza, amelyek alapján az eltérő beépítési móddal rendelkező településrészeket jellemeztem (Háznagy, 2018).

Az utcahálózati modellek hasonló kialakítása és felépítése a topológiai mérőszámok felhasználásával láthatóvá válik. A mérőszámok megállapításakor a kijárat csomóponti ágakat nem vettem figyelembe. A 3. táblázat második oszlopa által kijelölt területekbe beletartozó utcaszakaszokat és csomópontokat vettem figyelembe a számítás során. Az utcahálózatok felépítését jellemző mérőszámok nagyfokú hasonlósága mellett a forgalmi ráterhelések során kapott eredményekben mégis jelentős eltérések mutatkoztak. Ezek alapján a hálózati forgalom lefolyását befolyásoló utcahálózati elemek elrendezésében kis különbségek is jelentős hatást gyakorolnak az utcahálózatokon megjelenő forgalom lebonyolódására.

A kutatás során elemzett 23 utcahálózati modellt a vizsgálat során 6 csoportba soroltam. A csoportosítás elősegítette a 8 vizsgálati paraméternek a forgalom lebonyolódásra való hatásának vizsgálatát. A vizsgált esetek csoportosítása a 5. táblázatban található.

A 5. táblázat sorai tartalmazzák a vizsgálati csoportosításokat. Táblázat C és D oszlopában a vizsgálatra kiválasztott modelleket jellemeztem, dőlt betűvel emeltem ki a D oszlopban a kiválasztott modellek eltérő tulajdonságait. A vizsgálati paramétereket, amelyek részletes jellemzését az alábbi felsorolás tartalmazza.

- i. *Középpontosan hasonló területek nagyságának vizsgálata.* A településeket felépítő településrészek eltérő nagyságúak és alakúak. Állandó nagyságú utcahálózati raszter mellett, az eltérő méretű, középpontosan hasonló területek, azaz eltérő nagyságú négyzet alakú területek összehasonlítása révén megvizsgál-

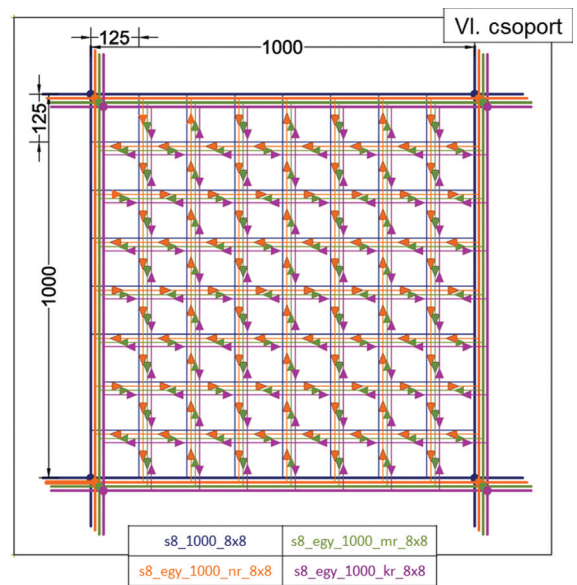
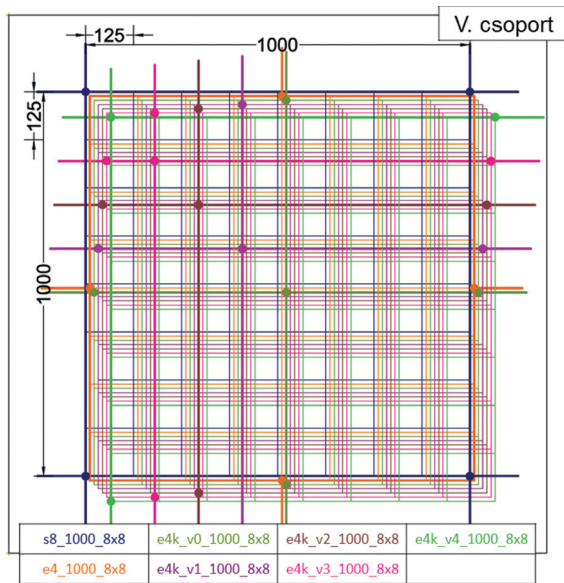
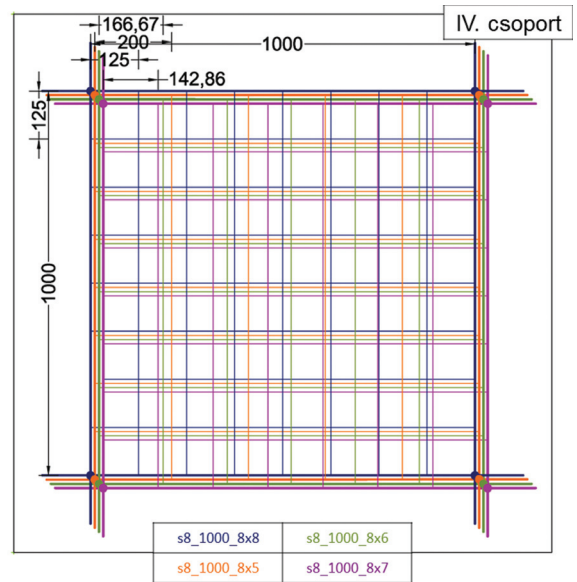
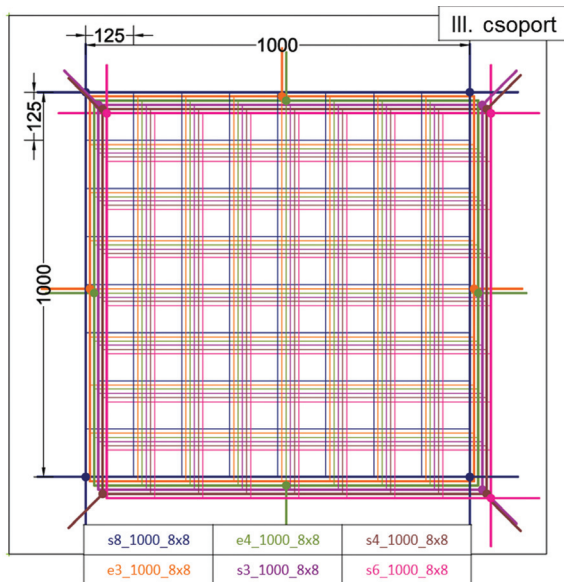
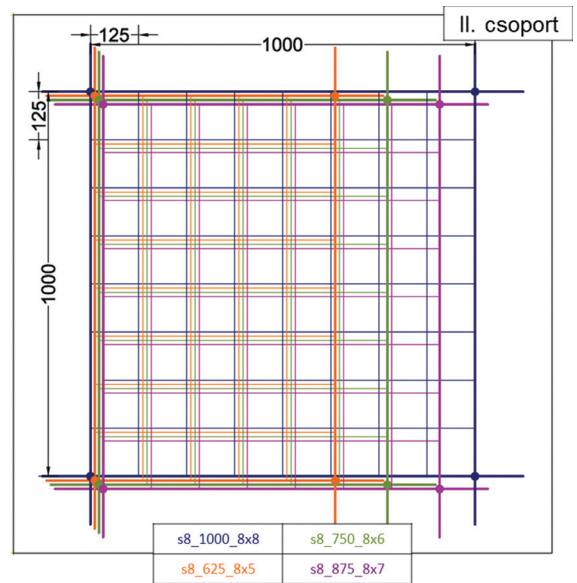
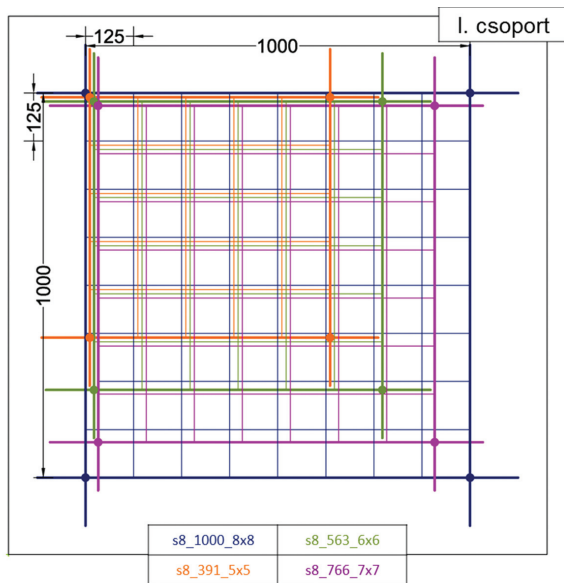
5. táblázat. Vizsgálatra kiválasztott utcahálózati modellek csoportosítása

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	- Kijárat csomópontok elhelyezkedése - Kijárat csomópontok száma - Kijárat csomópontok kijárat csomóponti ágyszám - Terület alakja - Belső utcahálózati raszter - Gyűjtőút elhelyezkedése - Egyirányúsítás	- <i>Terület mérete</i>
II. Eltérő alakú területek vizsgálata	- s8_1000_8x8 - s8_625_8x5 - s8_750_8x6 - s8_875_8x7	- Kijárat csomópontok elhelyezkedése - Kijárat csomópontok száma - Kijárat csomópontok kijárat csomóponti ágyszám - Belső utcahálózati raszter - Gyűjtőút elhelyezkedése - Egyirányúsítás	- <i>Terület mérete</i> - <i>Terület alakja</i>
III. Kijárat 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	- <i>Kijárat csomópontok elhelyezkedése</i> - <i>Kijárat csomópontok száma</i> - <i>Kijárat csomópontok kijárat csomóponti ágyszám</i>
IV. Belső utcahálózat sűrűségének vizsgálata	- s8_1000_8x8 - s8_1000_8x5 - s8_1000_8x6 - s8_1000_8x7	- Kijárat csomópontok elhelyezkedése - Kijárat csomópontok száma - Kijárat csomópontok kijárat csomóponti ágyszám - Terület mérete - Terület alakja - Gyűjtőút elhelyezkedése - Egyirányúsítás	- <i>Belső utcahálózati raszter</i>
V. Gyűjtőutak elhelyezkedésének vizsgálata	- s8_1000_8x8 - e4_1000_8x8 - e4k_v0_1000_8x8 - e4k_v1_1000_8x8 - e4k_v2_1000_8x8 - e4k_v3_1000_8x8 - e4k_v4_1000_8x8	- Terület mérete - Terület alakja - Belső utcahálózati raszter - Egyirányúsítás	- <i>Kijárat csomópontok elhelyezkedése</i> - <i>Kijárat csomópontok száma</i> - <i>Kijárat csomópontok kijárat csomóponti ágyszám</i> - <i>Gyűjtőút elhelyezkedése</i>
VI. Utcáhalózat egyirányúsításának vizsgálata	- s8_1000_8x8 - s8_egy_1000_nr_8x8 - s8_egy_1000_mr_8x8 - s8_egy_1000_kr_8x8	- Kijárat csomópontok elhelyezkedése - Kijárat csomópontok száma - Kijárat csomópontok kijárat csomóponti ágyszám - Terület mérete - Terület alakja - Belső utcahálózati raszter - Gyűjtőút elhelyezkedése	- <i>Egyirányúsítás</i>

hatóvá vált a területi kiterjedés forgalomra gyakorolt hatása.

- ii. *Eltérő alakú területek vizsgálata.* A településeket felépítő településrészek eltérő nagyságúak és alakúak. Állandó nagyságú utcahálózati raszter mellett, az eltérő méretű négyszög alaprajzú területek összehasonlítása révén megvizsgálhatóvá vált a településrészek alakjának hatása a forgalom lebonyolódásra.

- iii. *Kijárat csomópontok elhelyezkedése, sarokmenti kialakítások összehasonlítása.* A kijárat csomópontok elhelyezkedése a legtöbb esetben a vizsgált modellek sarkaiban kerültek definiálásra (4 db), csomópontonként 2 db kijárat csomóponti ággal (összesen 8 db). A kutatás során ez a fajta elrendezés összehasonlításra került másol elhelyezkedő kijárat csomóponttal (határoló él mentén közepén), más



2. ábra. Megvizsgált utcahálózati modellek csoportosítás alapján



kijárat csomóponti számmal (3 db) és eltérő kijárat csomóponti ágszámmal (3 db, 4 db, 6 db). A vizsgálat során mind a lakóutak, mind pedig a gyűjtőutak kialakítása azonos volt.

- iv. Belső utcahálózat sűrűségének vizsgálata. A vizsgálatokat a teljes hálózatra vonatkozóan elvégeztem. A vizsgálatra kiválasztott utcakialakítások szabályos négyzetrácsos utcahálózatok. A területet felépítő utcahálózat részei mind horizontális, mind pedig vertikális irányban azonos távolságra helyezkednek el egymástól. Az egymással párhuzamos úttengelyek távolsága változó (125,00 m, 142,86 m, 166,67 m, 200,00 m).
- v. Gyűjtőutak elhelyezkedésének vizsgálata. A településrészeket felépítő belső utak, a lakóutak és a magasabb hálózati ranggal rendelkező gyűjtőutak egymáshoz képesti elhelyezkedését vizsgáltam állandó nagyságú utcahálózati raszter mellett. A kijárat csomópontok száma és elhelyezkedése a gyűjtőutak elhelyezkedésétől függ.
- vi. Utcahálózat egyirányúsításának vizsgálata. Egyirányú utcaszakaszok megléte a választható útvonalak számát jelentősen befolyásolja. A vizsgálat során a makroszkopikus forgalmi elemzéshez hasonlóan három eltérő fajta kialakítást vizsgáltam. Ezek a négyyszög – rendszer (alap\_s8\_egy\_nr\_1000\_8x8), Malcher – rendszer (alap\_s8\_egy\_mr\_1000\_8x8) és a körös – rendszer (alap\_s8\_egy\_kr\_1000\_8x8). Az utcahálózati raszter és a kijárat csomópontok száma és elhelyezkedése állandó.

A vizsgált modellek csoportosítását a 2. ábra tartalmazza. Az utcahálózati modellek ismertetése során alkalmazott színek megegyeznek az eredmények kiértékelése során alkalmazott színekkel.

## 2.2 Forgalmi modell

Utcahálózatok forgalmi teljesítőképességének vizsgálata változó nagyságú forgalmi ráterheléssel. A vizsgálati módszer alkalmas volt arra, hogy a különböző utcahálózati elemek forgalom lebonyolódására gyakorolt hatása vizsgálható legyen. Az eltérő beépítési módokat és a vizsgálat során megjelent kapcsolatot Perényi Imre: Várostervezés tan c. könyve alapján (Perényi, 1978) a 6. táblázat tartalmazza.

Megjegyzendő, hogy beépítési módoként az egy lakásra jutó lakosság átlagosan 1,6 és 2,3 között alakul (Háznagy, 2018). A beépítési mód és a modal split változása a területet feltáró és kiszolgáló úthálózat felépítésére is hatással van, hogy a hálózat forgalmi kapacitása a felmerülő közlekedési igényeket kiszolgálja. A beépítési mód változása és eltérő modal split mellett a hálózat változó forgalmi kapacitásának vizsgálata nem képezte jelen kutatás tárgyát.

Az utcahálózatok makroszkopikus forgalmi vizsgálataihoz a német PTV közlekedési szoftverfejlesztő cég VISUM 15-ös forgalom szimulációs szoftverét használtam fel. A makroszkopikus közlekedési modellek felépítése során az azokat felépítő elemek, úm. utcaszakaszok, csomópontok, forgalmi zónák, konnektorok előre meghatározott tulajdonságok

6. táblázat. Különböző beépítési módok és forgalmi ráterhelés kapcsolata

Beépítés jellege	Népsűrűség (fő/ha)	Népsűrűség (fő/km <sup>2</sup> )	Minimális járműszám esetén (320 E/h) az 1 lakosra eső gépjármű*	Maximális járműszám esetén (8320 E/h) az 1 lakosra eső gépjármű*	
Földszintes családi házas-telkes övezet	extenzív jellegű kertes övezet	20–30	2000–3000	0,16–0,11	4,16–2,77
	intenzív, városias jellegű övezet	100–250	10000–25000	0,03–0,01	0,83–0,33
Alacsony beépítésű, jellegzetesen 2–3 szintes övezet	200–350	20000–35000	0,02–0,01	0,42–0,24	
Közepes beépítésű övezet; 4–5 szintes lakóépület	400–550	40000–55000	0,01–0,01	0,21–0,15	
Középmagas beépítésű övezet; 9–12 szintes lakóépület	600–700	60000–70000	0,01–0,01	0,14–0,12	

\* 8. táblázat alapján

7. táblázat. Makroszimuláció során alkalmazott utcakialakításainak tulajdonságai

Alkalmazott utca típusa	Sávszám – forgalmi irányonként (db)	Forgalmi teljesítőképesség (E/h/irány)	Megengedett maximális sebesség (km/h)
Belső lakóutca	1	500	30
Kijárat csomóponti ág, határoló gyűjtőút út, belső gyűjtőút	1	1000	50

alapján definiáltam. A közlekedési modellezésben alkalmazott ellenállásfüggvények eredményeképp a számítógéppel modellezett forgalom karakterisztikája torlódott állapotban eltér a valóságban tapasztalható lefolyástól. Túltelített forgalmi állapotban ezt mutatja az átlagos sebesség-forgalomnagyság és az átlagos utazási idő forgalomnagyság összefüggés alakja (Akcelik, 2003). Az utcaszakaszok forgalmi jellemzőit a 7. táblázat tartalmazza elméleti utcahálózatok esetében.

Csomóponti áthaladási idővesztés és valamint a csomópontok kapacitásának meghatározására változó nagyságú forgalmi viszonyok mellett a HCM 2000 (Transportation Research Board National Research Council, 2000) alapú csomópontkapacitás-számítási módszert, a VISUM programba beépített ICA modult használtam fel. A csomóponti áthaladási idővesztés mértékét a csomóponton megjelenő forgalom nagyságának függvényeként automatikusan határozta meg a szoftver. Ez a módszer biztosította, hogy a csomóponti idővesztés a valósággal közel megegyező módon, dinamikusan alakuljon a forgalom nagyságától függően, és ne kerüljön sor előre definiált értékek alkalmazására a modellezés során. Csomópontokban a csomóponti visszakanyarodási (megfordulási) mozgás minden esetben tiltásra került.

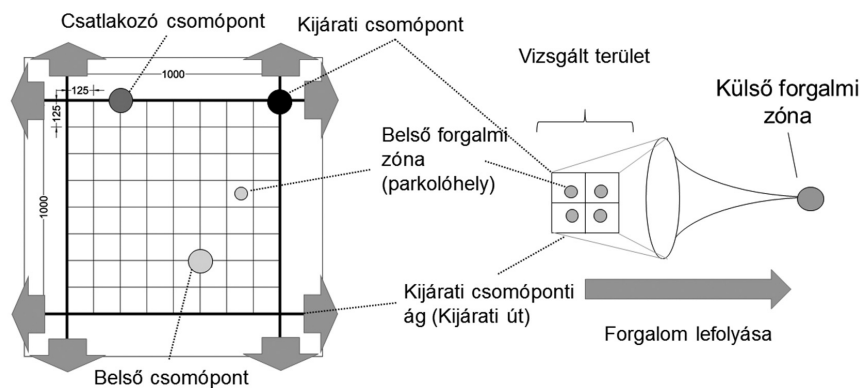
A belső forgalmi zónákat a belső, utcák által határolt tömbökben definiáltam, mint köz- vagy magánterületen lévő parkolás. A belső forgalmi zónákat a belső tömböket határoló csomópontokba konnektorok felhasználásával kötöttem be, amely biztosította a hálózat egyenletes alapterhelését.

Minden utcahálózati modell esetében 1–1 külső forgalmi zónát határoztam meg, ezt mint a hálózaton keletkező összes utazás végpontjaként definiáltam. A vizsgált hálózatokon megjelenő forgalom a belső forgalmi zónákban került generálásra, amíg

a vizsgálati területeket a külső forgalmi zónán keresztül hagyta el a hálózaton megjelenő forgalom. A külső forgalmi zóna és a kijárat csomóponti ágak közötti kapcsolatot biztosító konnektorok élhosszúságát minden esetben azonosan, 0 m-ként definiáltam. A hálózati modell vázát és a forgalmi terhelés utcahálózatokon belüli lefolyását a 3. ábra tartalmazza. Ezzel a módszerrel biztosítható volt, hogy a területeket elhagyó forgalom azonos valószínűséggel haladjon keresztül bármely kijárat csomóponton.

A 3. ábra bal oldala az elméleti utcahálózatot szemlélteti. A területről kifelé vezető nyilak mutatják, hogy milyen irányban képes a forgalom a vizsgált terület elhagyására. Az ábra jobb oldalán a terület forgalom-lebonylódásának váza látható. A belső forgalmi zónákból kiinduló forgalom a kijárat csomópontokon és a kijárat csomóponti ágakon keresztül hagyja el a vizsgált területet. A forgalmi ráterhelés ideje 1 óra volt.

Az elméleti utcahálózatok esetében a vizsgálat során a hálózaton megjelenő forgalom minden forgalmi ráterheléskor a belső forgalmi zónákban egyenletesen került szétosztásra, azaz a belső forgalmi zónához rendelt forgalom értéke mindig azonos volt. A legkisebb alkalmazott forgalmi terhelés a belső tömbök számától és a vizsgált utcahálózat méretétől függött. A maximálisan meghatározott forgalomnagysága a hálózatok forgalmi teljesítőképességeinek függvényében került meghatározásra. A forgalmi terhelés legnagyobb értéke mellett a hálózaton közlekedő járművek átlagos utazási sebessége tartósan 10 km/h alatti értéket vett fel. A köztes forgalomterhelések állandó nagyságú terhelési lépcsőkben történtek. A kritikus pontok környezetében – ahol kis forgalmi növekmény mellett az átlagos utazási idő ugrásszerűen megnövekedett, vagy az átlagos utazási sebesség ugrásszerűen



3. ábra. Makroszkopikus forgalmi vizsgálat elvi ábrája – elméleti kialakítás

**8. táblázat. Elméleti utcahálózatok vizsgálata során definiált forgalomnagyságok határértékei**

Terület neve	Belső tömbök száma (db)	Minimális forgalom – tömb (E/h)	Minimális forgalom-hálózat ( $F_{min}$ ) (E/h)	Maximális forgalom-tömb (E/h)	Maximális forgalom-hálózat ( $F_{max}$ ) (E/h)	Forgalmi határérték ( $F_h$ ) (E/h)
e3_1000_8x8	64	5	320	60	5120	3008
e4_1000_8x8	64	5	320	75	6080	3968
e4k_v0_1000_8x8	64	5	320	80	6080	3968
e4k_v1_1000_8x8	64	5	320	80	6080	3968
e4k_v2_1000_8x8	64	5	320	75	6080	4032
e4k_v3_1000_8x8	64	5	320	75	6080	4096
e4k_v4_1000_8x8	64	5	320	75	6080	3520
s3_1000_8x8	64	5	320	60	5120	3008
s4_1000_8x8	64	5	320	75	6080	3968
s6_1000_8x8	64	5	320	85	6720	4160
s8_1000_8x8	64	5	320	110	8320	5824
s8_1000_8x5	40	10	400	190	8200	5960
s8_1000_8x6	48	10	480	150	8160	5760
s8_1000_8x7	56	10	560	125	8120	5880
s8_391_5x5	25	10	500	280	8000	6000
s8_563_6x6	36	10	360	200	8100	5712
s8_766_7x7	49	10	490	145	8085	5880
s8_625_8x5	40	10	400	180	8200	6000
s8_750_8x6	48	10	480	150	8160	5712
s8_875_8x7	56	10	560	125	8120	5880
s8_egy_nr_1000_8x8	64	5	320	110	8320	5760
s8_egy_mr_1000_8x8	64	5	320	110	8320	5760
s8_egy_kr_1000_8x8	64	5	320	110	8320	5760

csökkent – további forgalmi ráterheléseket végeztem el. A forgalmi ráterhelés során minden a forgalmi vizsgálatokban alkalmazott minimális ( $F_{min}$ ) és maximális ( $F_{max}$ ), továbbá a forgalmi határértékhez ( $F_h$ ) tartozó forgalomnagyságokat a 8. táblázat tartalmazza.

A cikksorozat a vizsgálat eredményeivel és a belőlük levont következtetésekkel folytatódik.

## Irodalom

- Akcelik R. Speed-flow models for uninterrupted traffic facilities. Akcelik & Associates Pty Ltd, 2003; 1–34.
- Burgess EW. The growth of the city: an introduction to a research project. Ardent Media. 1935.
- Harris CD, Ullman EL. The nature of cities. The Annals of the American Academy of Political and Social Science, 1945; 242(1), 7–17, <https://doi.org/10.1177/000271624524200103>
- Háznagy A. Budapest utcahálózatának topológiai elemzése. Útügyi Lapok, 2018; 6(11), 5–17.
- Hoyt H. The structure and growth of residential neighborhoods in American cities. 1939.
- Hurd RM. Principles of city and land values. The Record and Guide. 1903.
- Kerényi LS, Kőrösi AL, Halmos TZ. A Főváros és agglomerációja Egységes Forgalmi Modelljének létrehozása, fenntartása, alkalmazási területei és fejlesztési lehetőségei. Városi Közlekedés, 2017; 53(1):12–19.
- Knoflachner H. Bécsi tapasztalatok a 30 km/h sebességkorlátozó-sú területekről. Városi Közlekedés, 1992; 32(5): 263–268.
- Koller S. A városi forgalom minősége. Közlekedéstudományi Szemle, 1974; 24(10):443–449.
- Koller S. A 10. városi forgalmi tervezési és forgalomtechnikai tudományos tanácskozás. Városi Közlekedés, 1980; 20(1).
- Koller S. Forgalomtechnika és közlekedéstervezés. Budapest, Műszaki Könyvkiadó. 1986.
- Liu R, May T, Shepherd S. On the fundamental diagram and supply curves for congested urban networks.

- Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2011; 17, 229–246, <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.04.516>
- Marshall S. Streets and Patterns (1 edition). Routledge. 2004.
- Meggyesi T. Városépítészeti alaktan. TERC Kft. 2009.
- Olszewski P, Fan HSL, Tan Y-W. Area-wide traffic speed-flow model for the Singapore CBD. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 1995; 29(4):273–281, [https://doi.org/10.1016/0965-8564\(94\)00033-7](https://doi.org/10.1016/0965-8564(94)00033-7)
- Perényi I. Várostervezés. Budapest: Tankönyvkiadó. 1978.
- Tímár A. Várostervezés-típusok értékelése a személyközlekedési ráfordítások alapján. Városi Közlekedés, 1986; 26(2):55–60.
- Transportation Research Board National Research Council. Highway Capacity Manual “HCM2000.” Washington, D.C. 2000.
- Vis AA, Dijkstra A, Slop M. Safety effects of 30 km/h zones in the Netherlands. Accident Analysis & Prevention, 1992; 24(1):75–86, [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(92\)90074-S](https://doi.org/10.1016/0001-4575(92)90074-S)
- Wegener M. Overview of land-use transport models. Handbook of Transport Geography and Spatial Systems, 2004; 5:127–146.

## NEMZETKÖZI SZEMLE

### Mobiltelefon hálózati adatok felhasználása utazási viselkedési kutatásokhoz

#### **The application of cellular network data for travel behavior research**

Szerző(k): F.A. Gregersen, E.B. Lunke (Norwegian Centre for Transport Research)

Link:<https://www.toi.no/getfile.php/1348909/Publikasjoner/T%C3%98I%20rapporter/2018/1657-2018/1657-2018-el.pdf>

Terjedelem: 32 oldal

This report is a literature review of the application of cellular network data from mobile phones for travel behavior research.

### Aktív forgalomirányítás tervezési eszköze a mikroszimuláció és a dinamikus forgalmi ráterhelés kombinálásával

#### **A Planning Tool for Active Traffic Management Combining Microsimulation and Dynamic Traffic Assignment**

S.D. Boyles, C.M. Walton, J. Duthie, E. Jafari, N. Jiang, A. Khani, J. Li, J. Osorio, V. Pandey, T. Rambha, C. Yahia (The University of Texas at Austin USA)

Link: <https://library.ctr.utexas.edu/ctr-publications/0-6859-1.pdf>

Terjedelem: 147 oldal

Active traffic management (ATM) strategies have been considered as a tool for congestion mitigation in the last few decades. They rely on real-time traffic observations to regulate the flow of traffic. This research focuses on developing tools for evaluating the effectiveness of ATM strategies for freeway corridors. The research efforts can be categorized into two parts. The first part performs a detailed microsimulation analysis for four ATM strategies commenting on their effectiveness under cases of recurring and non-recurring congestion and develops a hybrid microsimulation-DTA model to capture the combined microscopic and network-level impacts of an ATM strategy. The second part develops spreadsheet tools which are useful to predict effectiveness of an ATM strategy under different levels of data availability. Ramp metering, variable speed limits, and hard shoulder running are found effective on the Williamson County test network, whereas dynamic ramp control and freeway arterial coordinated operations do not lead to any significant improvement. We also find that ATM strategies can improve the performance over a corridor while simultaneously reducing the performance of frontage roads due to spillover effects. Our findings also indicate that a hybrid microsimulation-DTA model is useful for an accurate analysis. However, based on the network characteristics, changes in route choice patterns may/may not be significant. The regression models used in the spreadsheet tool in the second part provide a good fit to the simulation results and thus can be used as an initial tool for testing effectiveness of ATM strategies during planning stage.