

**Körforgalmak valós kapacitásainak
elemzése szimulációs és AI módszerekkel**



Magyar Mérnöki Kamara
Kiadványsorozata 146.

Körforgalmak valós kapacitásainak elemzése szimulációs és AI módszerekkel

MMK FAP azonosító:
2025/122-KZT

Budapest, 2025. október

A sorozat szerkesztője:
WAGNER ERNŐ
a Magyar Mérnöki Kamara elnöke

Készült a Magyar Mérnöki Kamara Közlekedési Tagozatának gondozásában, a 2025. évi Feladat Alapú Pályázatok pénzügyi keretéből.

A kiadvány a Magyar Mérnöki Kamara tulajdona. Másolása, teljes terjedelmében való közzététele csak a Kamara engedélyével lehetséges. Minden jog fenntartva.

Szerzők:
Kádi Ottó, 01-11990
Dohány Máté, 01-15097
Józsa Bálint, 01-15660

Lektorálta:
Dr. Berki Zsolt

Kiadó:
Magyar Mérnöki Kamara
1118 Budapest, Budaörsi út 125/A.
info@mmk.hu, www.mmk.hu

TARTALOMJEGYZÉK

1. Vezetői összefoglaló.....	5
2. Jelenlegi szabályozás és kapacitásszámítások ismertetése	6
2.1. Hazai szabályozások ismertetése.....	6
2.2. Szakirodalmak, szakcikkek szemléje.....	7
2.3. Összefoglalás, konklúzió	13
3. Mérések ismertetése	14
3.1. Mérések előkészítése, mérések.....	14
3.2. Feldolgozott eredmények.....	18
3.2.1. Sebességanalízis	18
3.2.1.1. Sebességek alakulása a körforgalom külső sugara (R_k) szerint.....	19
3.2.1.2. Sebességek alakulása a járművek által bejárt ív (R_{iv}) szerint	22
3.2.2. Határidőköz elemzés	25
4. Mikroszimulációs modellezés.....	28
4.1. Módszertan	28
4.2. Járműkövetési modell	28
4.3. A modellezett körforgalom.....	30
4.4. Modellezési alapparaméterek	31
4.5. Futtatások.....	35
4.6. Eredmények	37
5. Kiértékelés.....	39
5.1. Összevetés	39
5.2. Az Euler formula előállítás	40
5.2.1. Iteráció.....	41
5.2.2. Főág behaladása	45
5.2.3. Mellékág „jobbos” behaladása	46
5.2.4. Mellékág „egyenes-balos” behaladása	46
5.3. Turbó körforgalmak teljes kapacitása - kitekintés.....	47
6. Összefoglalás, ÚME módosítási javaslat	48
7. Irodalomjegyzék	49

1. Vezetői összefoglaló

A közúti közlekedésben mindig nagy hangsúlyt kap a közúti kapacitások biztosítása. A mobilitás növekedésével elkerülhetetlen, hogy a közúti infrastruktúrát is fejlesszük. Ezen fejlesztések egyre gyakoribb eleme az egysávos és turbó körforgalmú csomópontok létesítése, melyek tervezése során a kapacitásvizsgálat kiemelt fontosságú. A turbó körforgalmú csomópontok sok szempontból kedvezőbbek, mint a jelzőlámpás/jelzőtáblás kialakítások, de a kapacitásszámításukra való magyar előírások még nem állnak teljeskörűen rendelkezésre. Az elmúlt évtized technikai fejlődésével (drónok, AI) most már lehetőség van a valós értékek minél szélesebb körben való megismerésére és például szimulációs vizsgálatokban történő felhasználására.

A tanulmány célja a turbó körforgalmak tényleges kapacitásának meghatározása és a magyar előírások pontosítása. A szimulációhoz szükséges alapadatok előállítása a címben is említett AI szoftver segítségével készült. Ehhez drónkamerával készített videós mérések szolgáltatták a képi anyagot. Az ezek alapján végzett modellezés azt mutatja, hogy a jelenlegi hazai számítási módszer alulbecsli a turbó és kétsávos körforgalmak teljesítményét. Az új, empirikus alapon meghatározott képletek realitásabban írják le a forgalmi viszonyokat, és megfelelő alapként szolgálhatnak a jövőbeli szabályozás fejlesztéséhez. Az anyagban a kapacitásszámítás az „ún.” tiszta közúti kapacitások meghatározását jelenti, a közúti forgalmat lebonyolódását egyéb módon befolyásoló tényezők (pl. gyalogos közlekedés, csomópont előtti-utáni fonódások stb.) vizsgálata nem képezte a pályázat tárgykörét.



1.1. ábra Az AI feldolgozás látványképe

2. Jelenlegi szabályozás és kapacitásszámítások ismertetése

2.1. Hazai szabályozások ismertetése

A körforgalmak kapacitására vonatkozó számítási módszert a jelenleg érvényben lévő e-UT 03.03.11:2022 Körforgalmak tervezése c. Útügyi Műszaki Előírás [1] tartalmazza.

Általánosságban elmondható, hogy a kapacitás meghatározásának alapja az, hogy a körpályán haladó járműveknek elsőbbségük van a körpályára belépőkkel szemben. A körforgalom működése tehát úgy tekinthető, mint egyirányú körpályával összekötött, egymást követő, saját kapacitással rendelkező csomópontok sorozata. Az „elsőbbség a körpályán” szabályozási elv szerint nincs egymásra hatása az egyes ágaknak, viszont a körforgalom bármely kilépésén bekövetkező forgalmi zavar – akadályozva a körpályán haladó forgalmat – mindig működési zavartként jelenik meg a csomópontban. A körforgalmak kapacitásának meghatározására tehát mindig szükség van a honnan-hová mátrixok előállítására.

A hazai ágankénti kapacitásszámítás a vonatkozó ÚME 2.1 ábráján jelölt módon történik. A dokumentumban a többsávós és turbó körforgalmakkal kapcsolatban az alábbiak kerülnek megfogalmazásra: *“Hazai kétsávós spirál és turbó körforgalmak teljesítő képességének közvetlen mérésére nem volt lehetőség. Becsült értéke a (2/2) típus 1,1-1,2-szeresére tehető.”* Ez alapján megállapítható, hogy kizárólag becsült értékek találhatók a metódusban.

Az ágankénti belépni képes maximális forgalom:

$$C = G \cdot C_a \left(1 + \frac{0,03(Sz_f - 7,0)F_{KI}}{1000} \right)$$

ahol:

$F_{KÖR}$ – a vizsgált ág előtt a körpályán mért forgalom, E/h,

F_{KI} – a vizsgált ágon kilépő forgalom, E/h,

Sz_f – a belépő és kilépő forgalmi sávokat elválasztó forgalomterelő sziget fejszélessége a vizsgált ágon ($Sz_f = 18,0$ méterig veendő figyelembe),

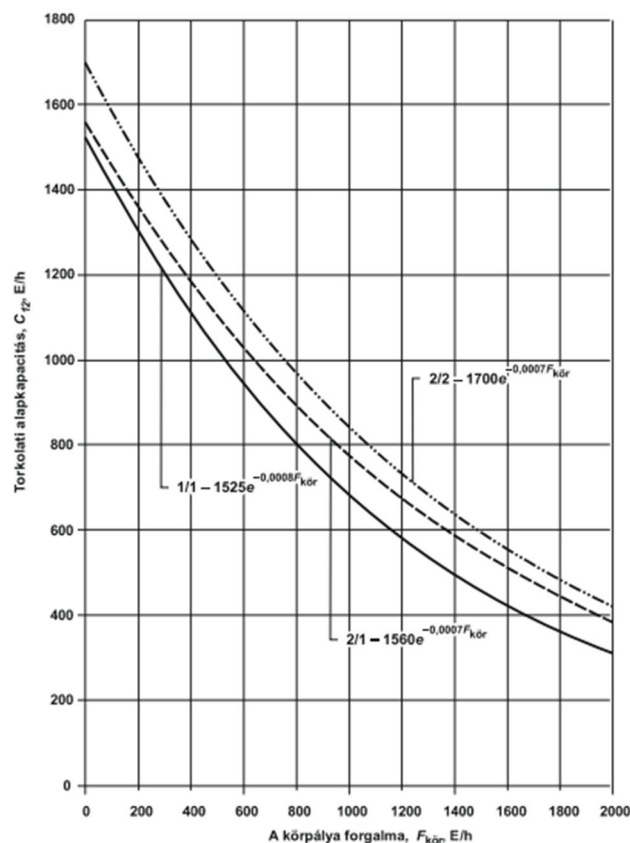
G – csökkentő tényező a belépő sávot keresztező gyalogosforgalom hatásának figyelembevételére (F12. táblázat),

e – Euler-szám (2,718).

Torkolati alapkaptás (F69. ábra):

- egysávós körforgalom, (1/1): $C_a = 1525 \cdot e^{-0,0008 \cdot F_{KÖR}}$,
- kétsávós körforgalom, az ágon egy belépő sávval (2/1): $C_a = 1560 \cdot e^{-0,0007 \cdot F_{KÖR}}$,
- kétsávós körforgalom, az ágon két belépő sávval (2/2): $C_a = 1700 \cdot e^{-0,0007 \cdot F_{KÖR}}$.

2.1. ábra Körforgalom ágankénti kapacitásszámítása [1]



F69. ábra – Körforgalom torkolati alapkapaacitása különböző kiépítések esetén

Jelmagyarázat:

1/1 – körpályára belépő sávok száma egy, egysávos körpálya

h 2/1 – körpályára belépő sávok száma egy, kétsávos körpálya

h 2/2 – kétsávos körforgalom

2.2. ábra Körforgalom torkolati alapkapaacitása [1]

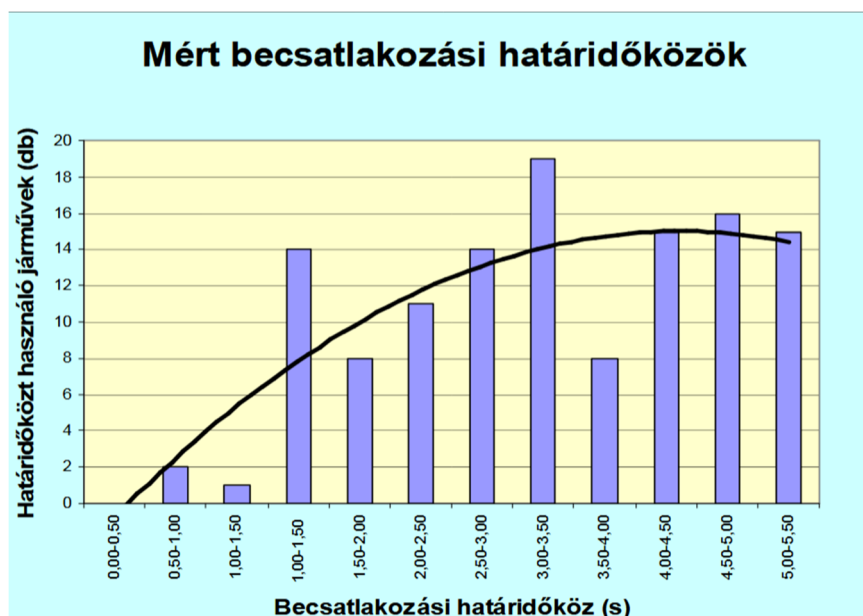
2.2. Szakirodalmak, szakcikkek szemléje

A témában nagyszámú hazai és külföldi szakirodalom áll rendelkezésre, melyekből - földrajzi elhelyezkedéstől függetlenül - jelen anyag szempontjából relevánsak kerülnek szemlészésre. Az irodalomkutatás elsősorban többsávos körforgalmakra, a határidőközökre és a kapacitászámításokra koncentrál.

Magyarországi kutatási projekt

A körforgalmak kapacitásával korábban „A forgalomlefolrás hazai paramétereinek pontos megismerése, mérése, adaptálása és felhasználása a közlekedési eszközök és hálózatok kapacitásának jobb kihasználása érdekében (GVOP-3.1.1.-2004-05-0477/3.0) [2]c. kutatás is foglalkozott. Ebben a kapacitások német és magyar előírások alapján kerülnek számításra ill. összehasonlításra a mérési eredményekkel. Az anyagban a becsatlakozási határidőközök alkalmazása valós méréseken alapulnak. Az anyagban történt mérések a becsatlakozási határidőközök 1,5-3,5 mp közötti

eloszlását mutatják. A dokumentáció megállapítja, hogy az általa készített mérések alapján készített kapacitászámítás kedvezőbb eredményeket mutat, mint a szabványban meghatározott értékekkel történő számítás, ami rávilágít arra, hogy az előírások és a gyakorlati tapasztalatok némely esetben akár jelentősebben is eltérhetnek egymástól.



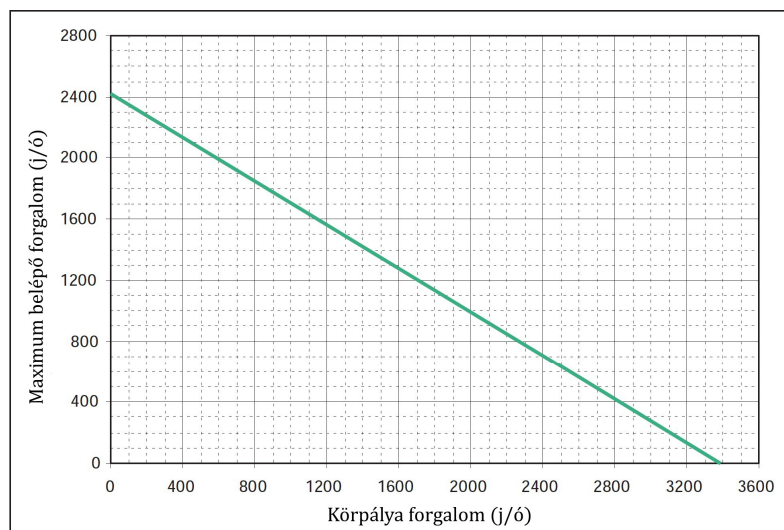
2.3. ábra Minta sebességeloszlások [2]

Számolt értékek		Magyar szabvány szerint (Jm)	Német szabvány szerint (Ejm)	
(Jm)	(Ejm)		standard	mért határidőközök alapján
853	915	752	702	825
		88%	77%	90%

2.4. ábra Szabványok szerinti kapacitásellenőrzés [2]

Amerikai autópályakezelői (FHWA) előírás [2]

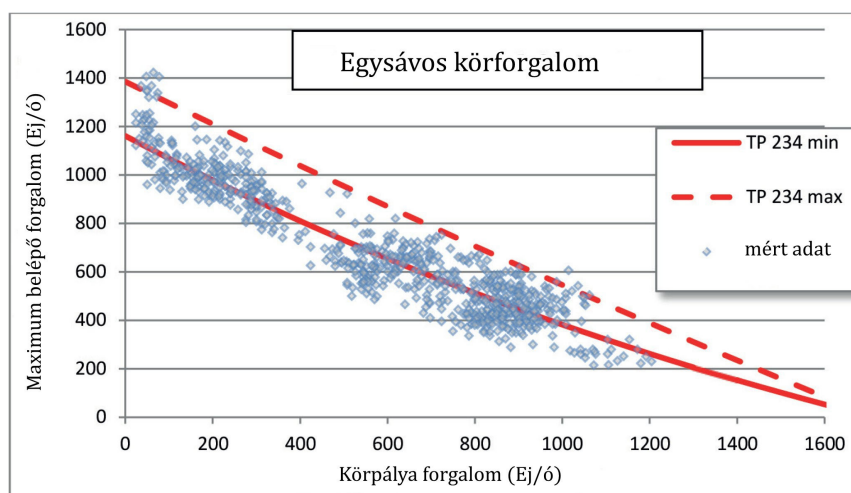
A Federal Highway Administration (FHWA) az Egyesült Államok közlekedési minisztériumának (U.S. Department of Transportation – USDOT) egyik ügynöksége. Feladata, hogy felügyelje, fejlessze és támogassa az ország közúti közlekedését, különösen az autópálya- és főúthálózatot. A cég által közzétett útmutató szerint a kétsávos körforgalmak teljesítőképessége az alábbi diagram szerint becsülhető. A diagram szerinti összefüggés a 40 és 60 méter átmérőjű körforgalmakra érvényes, ami szerint a kapacitásmaximumok a 2400-3200 jármű/óra érték közötti intervallumban adódnak, tehát elég tág tartományban szóródnak.



2.5. ábra Kétsávos körforgalom közelítő kapacitása [3]

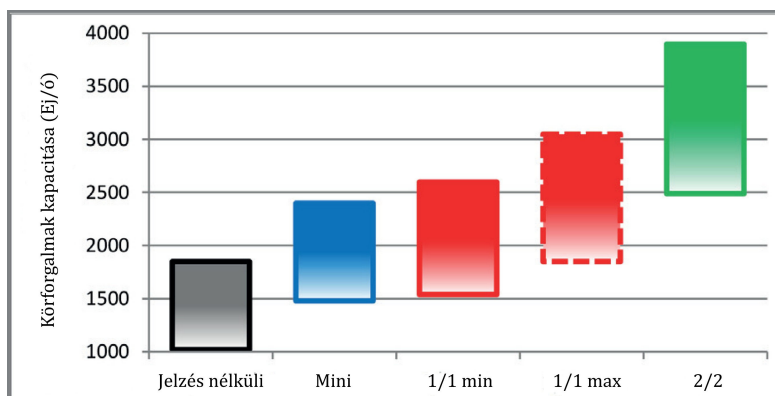
Szlovákiai egyetem kutatás [4]

A vizsgálat szerint a becsatlakozási határidőközök a körforgalom típusától és méretétől is függenek. A vizsgálatban használt TP234 számítási módszer szerint az egysávos körforgalom esetén a határidőközök függenek a geometriájuktól is, de kétsávos körforgalmaknál viszont nem. A TP234 számítási módszer ellenőrzéséhez egy telített forgalmú körforgalomban 5 perces intenzitású méréseket végeztek, melyek alapján meghatározták a torkolati kapacitást. Fentiek alapján az adott ágon belépő- és az ág előtt a körforgalomban elhaladó forgalom összesített értékét kb. 1400-1500 Ej/óra teszi. Az anyag megemlíti, hogy a valós mérések számos esetben meghaladják TP234 minimális értékeit, míg néhány esetben a TP234 maximális értékeinél is kedvezőbb mérési eredmények mutatkoznak. Ez szintén rávilágít az elméleti számítás és gyakorlati működés közötti nagyobb eltérések lehetőségére. A vizsgálat a kritikus határidőközt a TP234 model alapján többsávos körforgalmakban 3,7 mp-re becsüli.



2.6. ábra Egysávos körforgalom torkolati kapacitása [4]

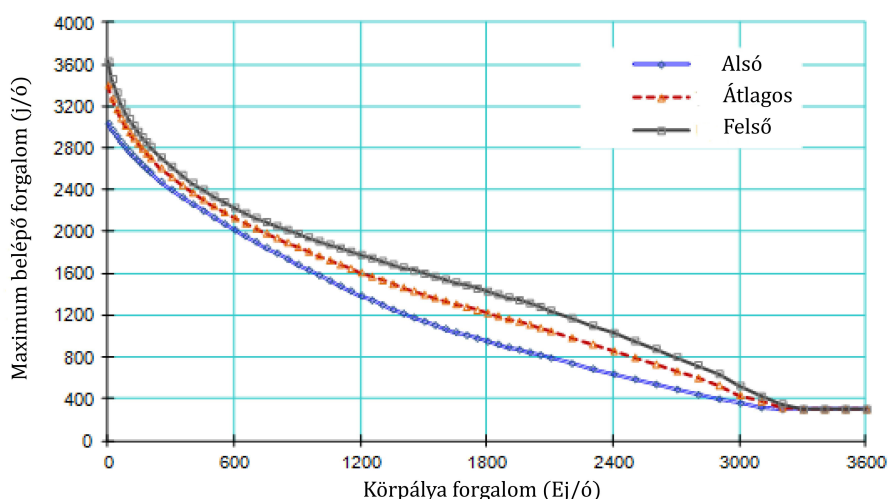
A vizsgálat az egysávos körforgalmak maximális kapacitását így 1700-3100 Ej/ó, míg a kétsávos körforgalmak maximális kapacitását 2500-3800 Ej/ó értékre becsüli.



2.7. ábra Körforgalmak kapacitás összehasonlítása sávszám szerint [4]

Ausztráliai (AUSTROADS) közútkezelő útmutatója [5]

Az Austroads egy ausztrál és új-zélandi közúti hatóságokat összefogó szervezet, amely a közúti közlekedés, úttervezés, útépités és közlekedésbiztonság területén szakmai irányelveket, előírásokat és kutatásokat készít. A forgalmi vizsgálatokra vonatkozó előírása a forgalmi adatok gyűjtésével és elemzésével foglalkozik a hálózaton belüli forgalomirányítás és forgalomirányítás céljából. Az előírás célja, hogy útmutatást biztosítson a közlekedési tanulmányok és felmérések elkészítése során. Az ebben szerepeltek szerint a kétsávos körforgalmak maximális kapacitását 2800-3400 Ej/ó értékre becsüli.



2.8. ábra Kétsávos körforgalom közelítő kapacitása [5]

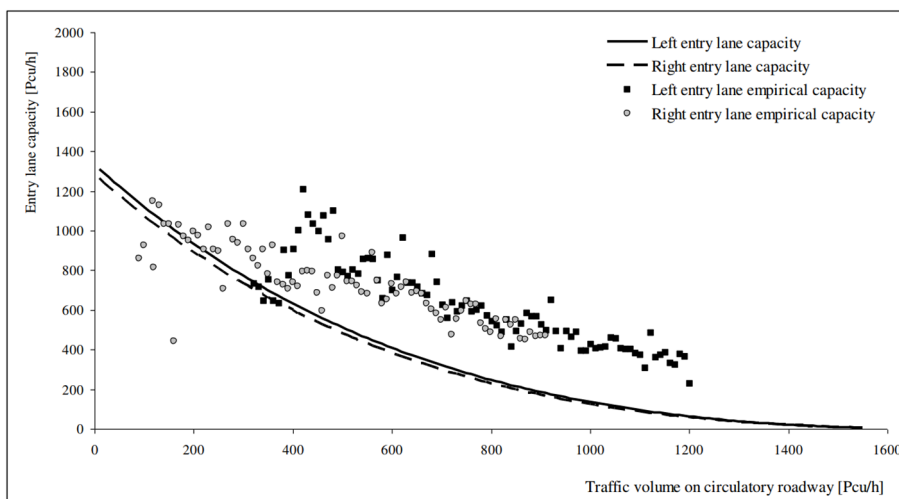
Esettanulmány egy lengyelországi körforgalom mintáján [6]

A tanulmány részletesen ismerteti a turbókörforgalmak kapacitásszámításának nemzetközi módszereit (lengyel, olasz, portugál és szlovák modelleken keresztül).

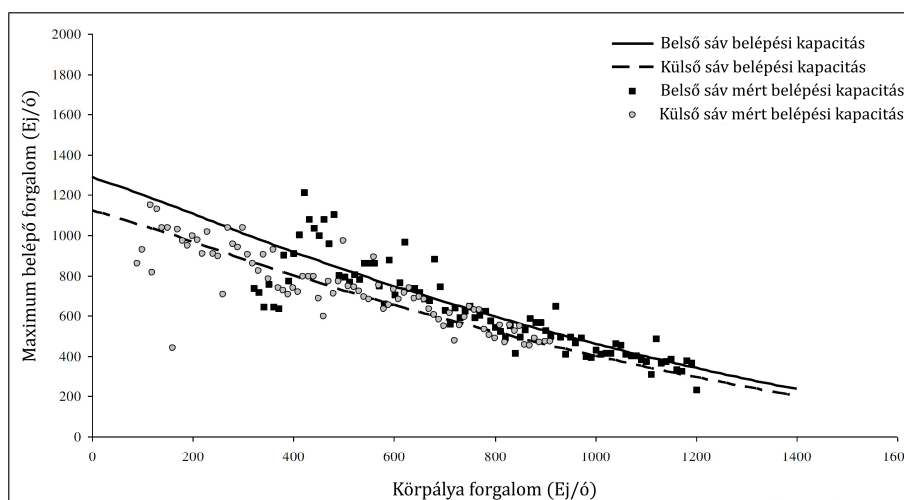
Mivel a lengyel előírások nem tartalmaznak külön módszert turbó- vagy spirális körforgalmakra, a szerzők a kétsávos körforgalmak képleteit alkalmazzák. A helyszíni mérésekből számított ún. empirikus kapacitásértékeket hasonlítják össze az elméleti modellek eredményeivel. A tanulmány megállapítása szerint az olasz és szlovák modellek a valóságosnál kissé eltérő - rendszerint magasabb - értékeket adnak. A tanulmány szerint a lengyel mérésekből származó modell adja a legjobb illeszkedést. Kiemelendő még, hogy a kapacitászámítás sávonként történik (2.10 ábra).

2.1. táblázat Határidőközök összefoglalása [6]

Irány	Sáv	t_h [s]
Egy belépő sáv, kettő belső sáv	egysávos	3,9
Kettő belépő sáv, egy belső sáv	kétsávos, belső sáv	3,8
	kétsávos, külső sáv	4,0
Kettő belépő sáv, kettő belső sáv	kétsávos, belső sáv	3,9
	kétsávos, külső sáv	4,0



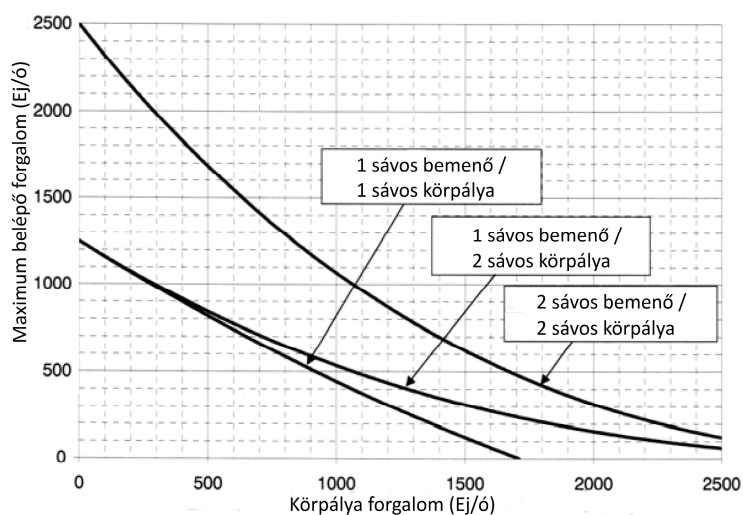
2.9. ábra Kétsávos körforgalom közelítő kapacitása, szlovák modell [6]



2.10. ábra Kétsávos körforgalom közelítő kapacitása, lengyel modell [6]

Német tervezési kézikönyv [10]

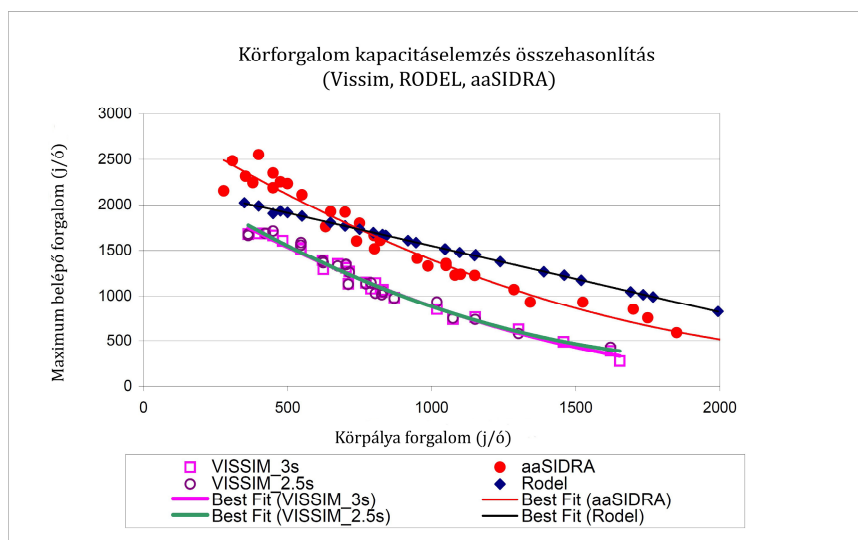
A Német Tervezési Kézikönyvben (HBS) szerepeltek szerint a körpályán elhaladó forgalom és a maximális belépni képes forgalom közötti összefüggést a határidőközők figyelembevételével a következő ábra szerinti értékekben adják meg.



2.11. ábra Kétsávós körforgalom közelítő kapacitása [10]

Körforgalmakkal kapcsolatos szimulációs kapacitásvizsgálat [7]

A tanulmány a körforgalmak kapacitását az empirikus RODEL, illetve az analitikus aaSIDRA modellel számítja ki, és ezt veti össze a mikroszimulációs vizsgálatok eredményivel. A szimulációhoz szükséges adatok (határidőköző stb.) más előírásokból származtatott adatok. A vizsgálat eredményei szerint a VISSIM szimuláció által becsült kapacitások általában alacsonyabbak, mint a RODEL vagy az aaSIDRA modell által számított értékek, viszont jobban közelítik a valós, adatgyűjtéssel mért forgalmi adatokat.



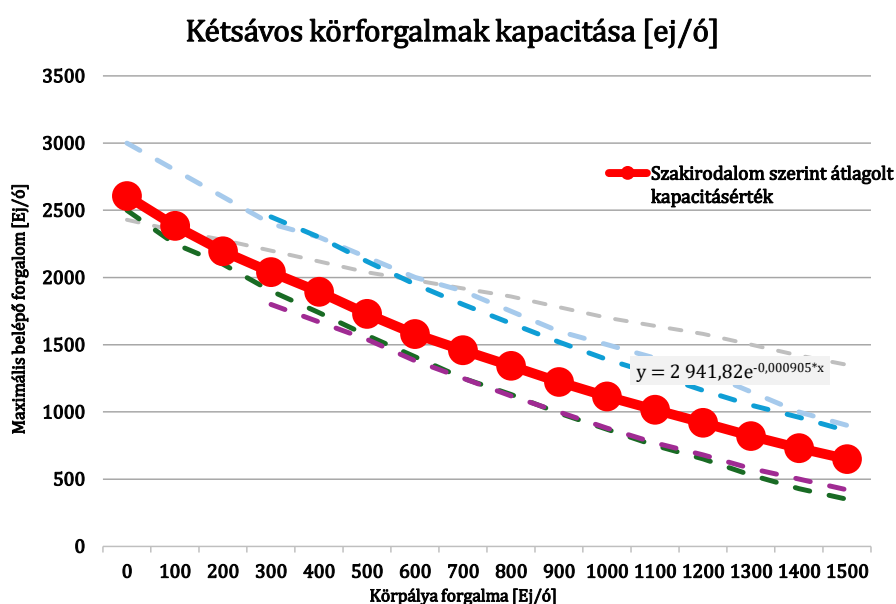
2.12. ábra Kétsávós körforgalom közelítő kapacitása [7]

2.3. Összefoglalás, konklúzió

Fentiek alapján megállapítható, hogy számos modell létezik a többsávós körforgalmak kapacitásának becslésére, azonban ezek eltérő módszereik és felhasznált adataik miatt egy bizonyos tartományban (elsősorban a szélsőértékeknél) akár jelentősen is eltérhetnek egymástól. A vizsgált eredményeket egy diagramban ábrázolva és az előzőekben ismertetett függvényekből átlagot képezve (2.12 ábra, piros színű görbe) a kétsávós behajtásra a belépő ág kapacitása (y).

$$\text{az } y = 2941,82 * e^{-0,000905 * F_{\text{kör}}}$$

képlettel számítható. Ez jelentősen eltér attól, amit a jelenleg érvényben lévő magyar előírás meghatároz.



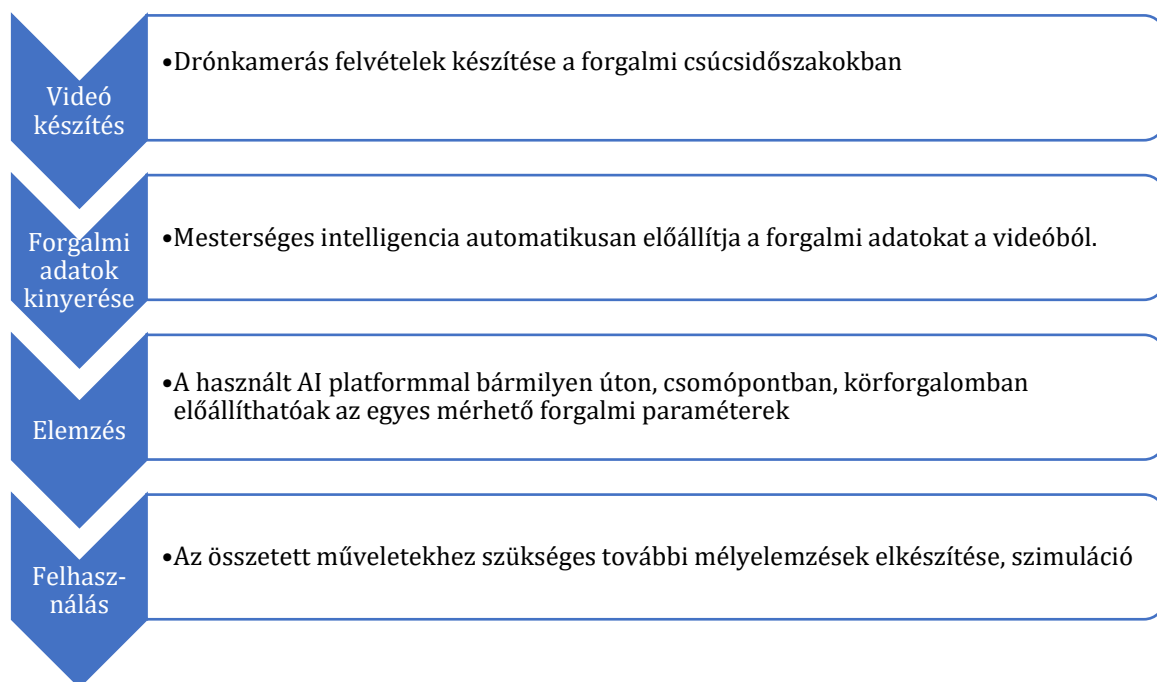
2.13. ábra Kétsávós körforgalom közelítő kapacitásának összehasonlítása

3. Mérések ismertetése

3.1. Mérések előkészítése, mérések

A körforgalmak kapacitáselemzéséhez szükséges alapadatok előállítása a címben is említett AI szoftver segítségével készült. Ehhez drónkamerával készített videós mérések szolgáltatják a képi anyagot. A pontos eredmények érdekében a felvételek 4K és Full HD felbontásban készültek. A program automatizálja a forgalmi videók feldolgozását mesterséges intelligencia segítségével, így gyors, precíz adatokat szolgáltat a forgalmi volumenekről és lefolyásokról, támogatva továbbá a forgalommodellezést és valós idejű forgalomirányítást – mindezt egy közös, együttműködésre tervezett platformon.

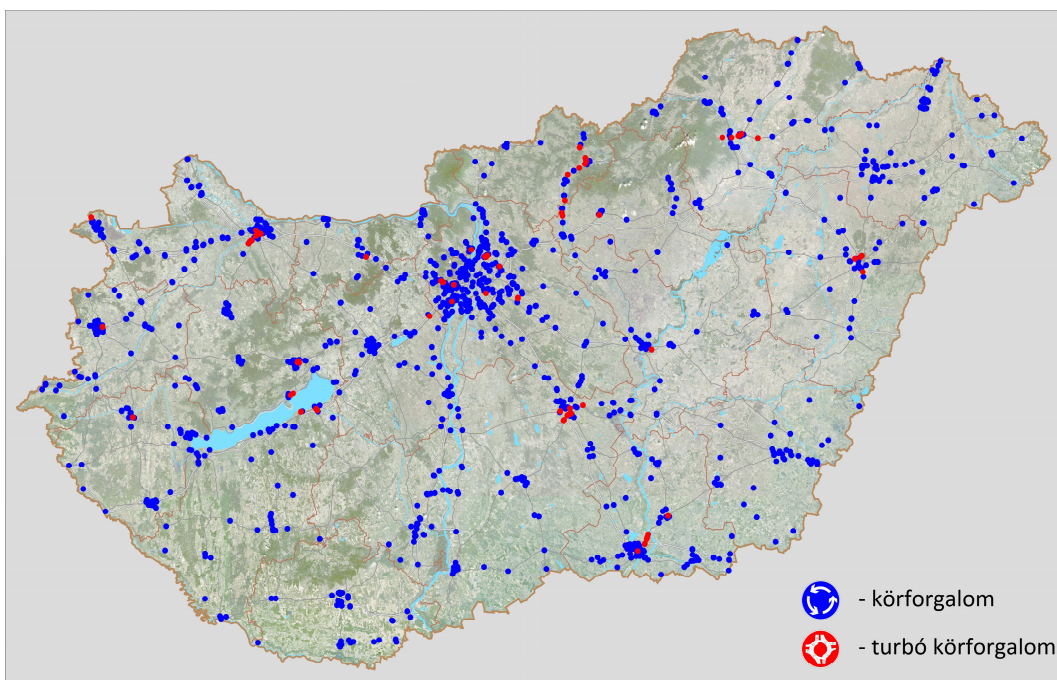
A videós felméréstől a teljes kiértékelésig az alábbi folyamatábra írja le:



A mérések célja kettős volt:

1. Alapadat szolgáltatás a szimuláció bemenő paraméterei biztosítása érdekében.
2. A szimuláció modell kalibrálásához szükséges adatok biztosítása.

Magyarországon 2025. októberében kb. 1.400 db egysávos és kb. 70 db többsávos körforgalom található, számuk folyamatosan növekszik (forrás: Ercsényi Balázs okl. építőmérnök saját gyűjtése).

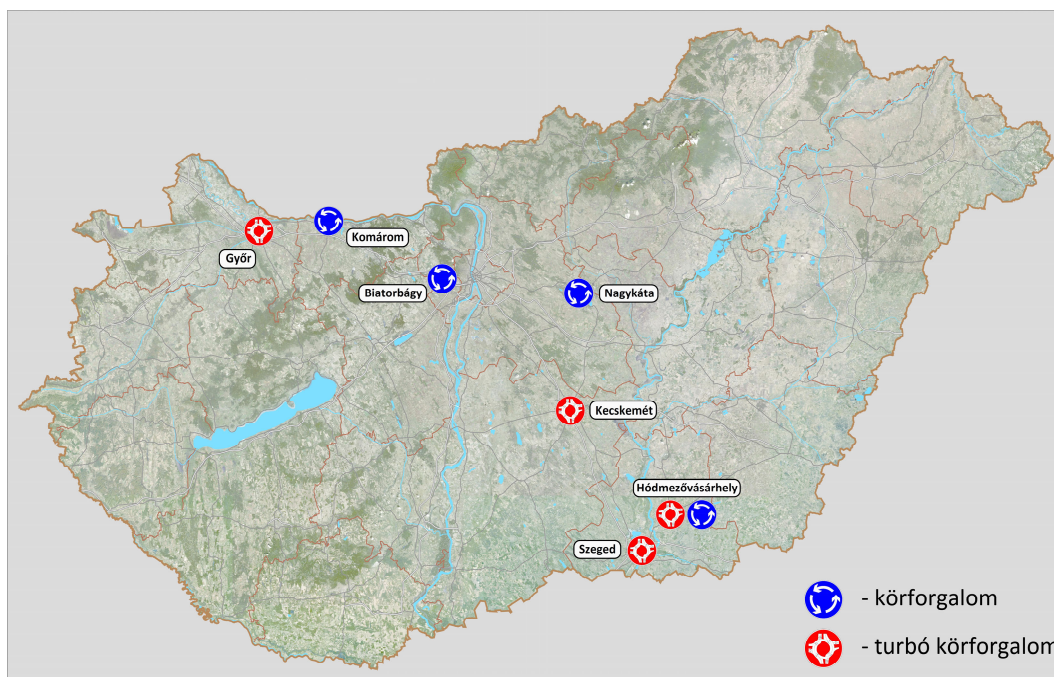


3.1. ábra Magyarországi körforgalmak – 2025. októberi ismert állapot

A rendelkezésre álló lehetőségek függvényében 4 db egysávos és 4 db magyarországi turbó körforgalom került bevonásra a vizsgálatba. A mérések mindegyike normál időjárási körülmények (15-25 C, kissé felhős vagy napos idő) történt.

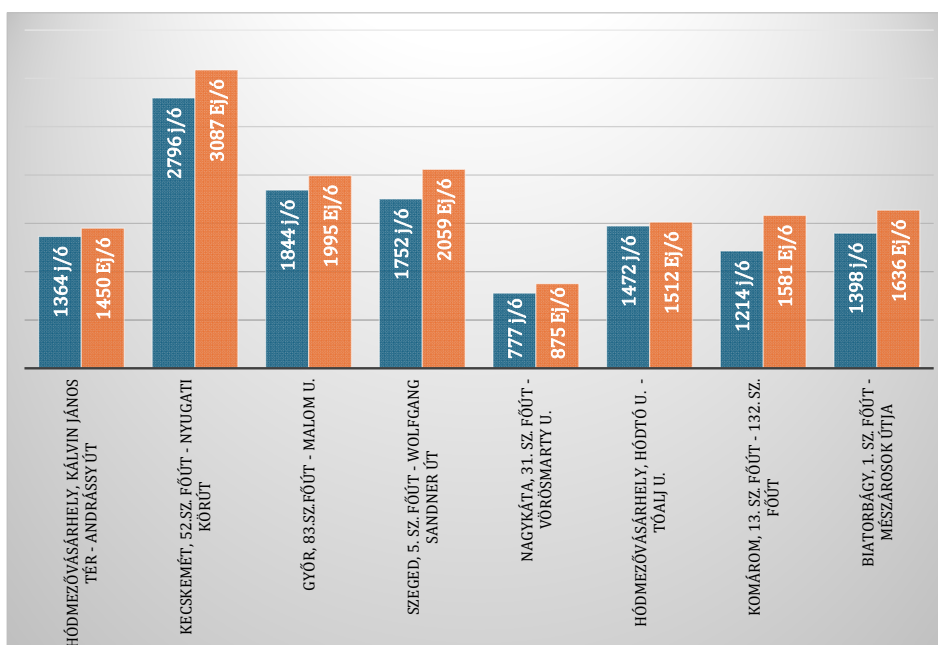
3.1. táblázat Vizsgált helyszínek

Település	Út 1	Út 2	típus	elhelyezkedés	R _b [m]	R _k [m]	Ágak száma
Hódmezővásárhely	Kálvin János tér	Andrássy út	turbó	belterületi	13	23	3
Kecskemét	52.sz. főút	Nyugati körút	turbó	belterületi	14	25	4
Győr	83.sz. főút	Malom u.	turbó	vegyes	14	27	4
Szeged	5. sz. főút	Wolfgang Sandner út	turbó	vegyes	14	25	4
Nagykát	31. sz. főút	Vörösmarty u.	egysávos	belterületi	12	17	4
Hódmezővásárhely	Hódtó u.	Tóalj u.	egysávos	belterületi	6	13	4
Komárom	13. sz. főút	132. sz. főút	egysávos	külterületi	17	25	4
Biatorbágy	1. sz. főút	Mészárosok útja	egysávos	külterületi	23	30	5



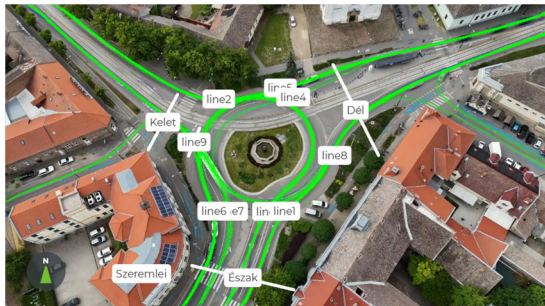
3.2. ábra Vizsgált körforgalmak elhelyezkedése

A vizsgálat körforgalmak teljes bemenő forgalma csúcsidőszaktól függően 800-3.100 Ej/óra között alakul. A vizsgálat során törekedtünk a forgalmi volumenek széles körű szerepeltetésére, a kecskeméti turbó körforgalom nagyobb forgalmi volumenének oka a városi közúthálózatban betöltött jelentős együttes sugár- és harántirányú szerep.

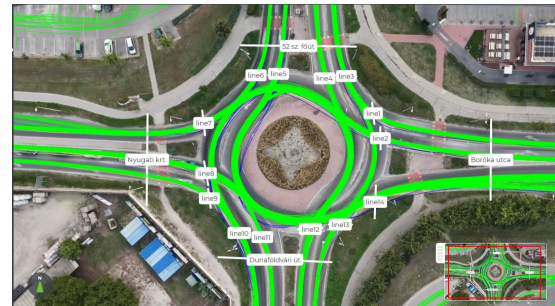


3.3. ábra Vizsgált körforgalmak bemeneti forgalomnagysága (j/6 és Ej/6)

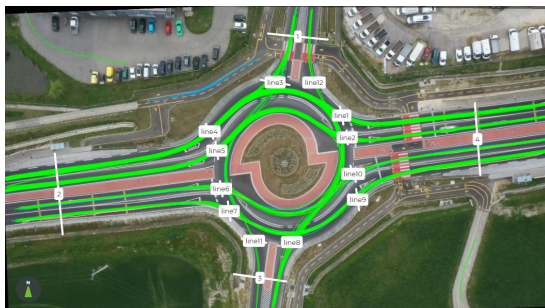
Az elkészült drónkamerás videófelvételeket az AI szoftver trajektóriákkal írja le, a trajektória mintákat az alábbi ábra mutatja be az összes helyszínrre vonatkozóan (pontos helyszínek megnevezése a képek alatt).



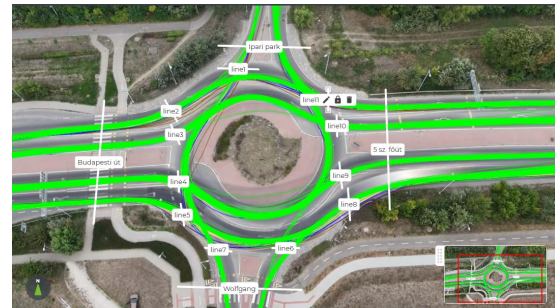
1. Hódmezővásárhely (turbó)



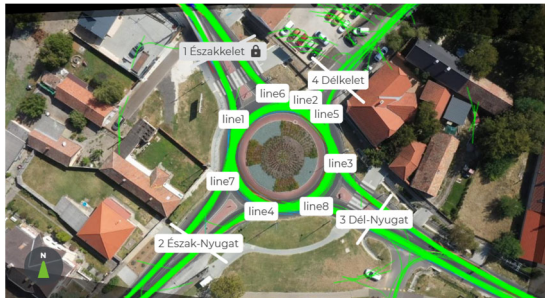
2. Kecskemét (turbó)



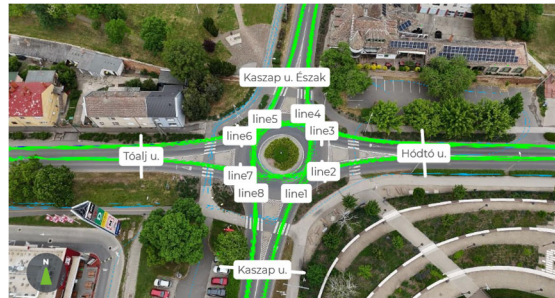
3. Győr (turbó)



4. Szeged (turbó)



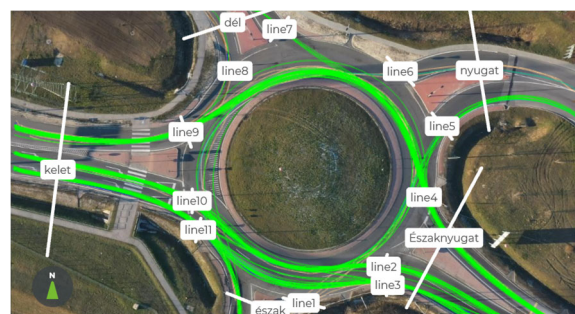
5. Nagykáta (egysávos)



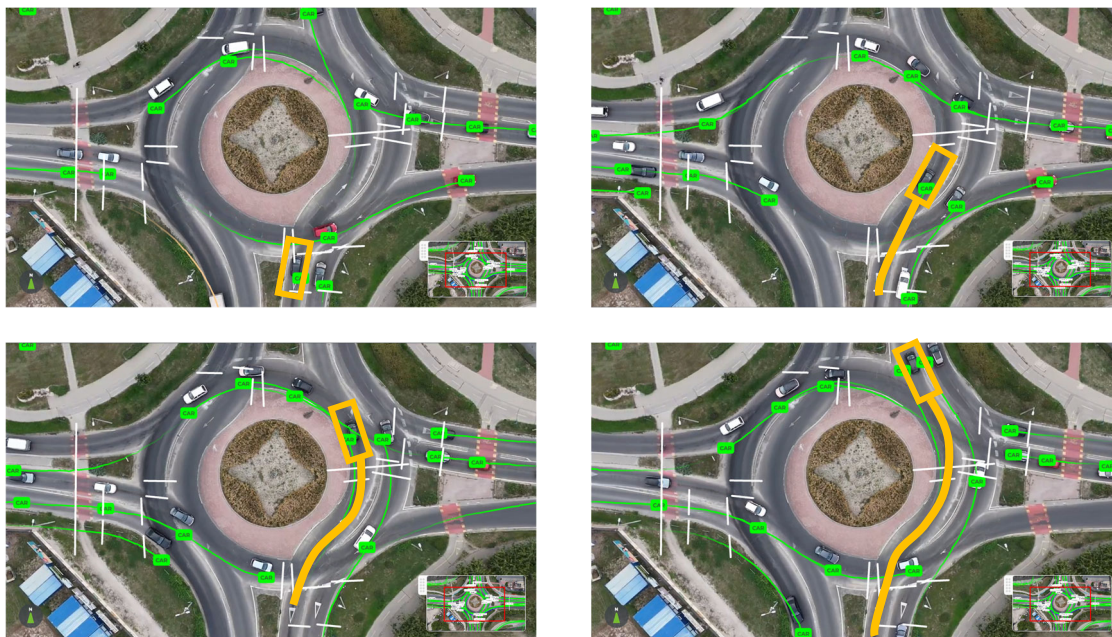
6. Hódmezővásárhely (egysávos)



7. Komárom (egysávos)



8. Batorbágy (egysávos)



3.4. ábra Dinamikus gépjármű trajektória elemzés

3.2. Feldolgozott eredmények

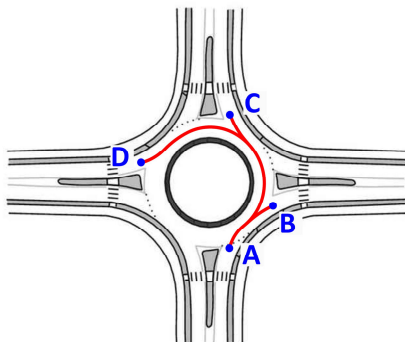
A gyakorlati szimuláció vizsgálatokhoz az alábbi főbb kinyerhető mérési eredmények kerültek kiértékelésre és meghatározásra:

- sebességanalízis egymástól jellegében és fizikai kialakításában eltérő körforgalmakban,
- határidőköz elemzés egymástól jellegében és fizikai kialakításában eltérő körforgalmakban.

3.2.1. Sebességanalízis

A kapacitásvizsgálathoz használt egyik fő bemenő paraméter a körforgalomban haladó járművek sebessége. Tekintettel a körforgalmak geometria szerinti teljes megismerésre, nemcsak a turbó körforgalmak, hanem az egysávos (kisebb átmérőjű) körforgalmak vizsgálatára is sor került. Ezáltal lehetővé válik a körforgalomban haladó járművek sebességének külső sugár szerint és valós íven haladás (bejárt ív) szerint történő meghatározása. A vizsgált körforgalmakban a sebességek a 10%....90% gyakorisági tartományban egyenletes eloszlást mutatnak, így a szimulációhoz átadásra kerülő összefüggések meghatározásakor ezen tartományok kerültek figyelembevételre. Az átlagsebességek mérésére a körpályára történő behaladás és a körpályáról történő kihaladás közötti útvonalon került sor, a kihaladásnál történt esetleges feltartóztatások (pl. gyalogos) természetesen nem kerültek figyelembevételre, továbbá külön haladási irányok sem kerültek meghatározásra (lásd 3.5. ábra). A vizsgálat kb. 10.000 jármű mozgási adatait felhasználva készült. A

méréseknél nem csoportosítottuk külön a járműveket attól függően, hogy pl. belső vagy külső sávban haladnak. A geometria – sebesség összefüggések a körforgalmak külső sugarának (R_k) valamint a valós bejárt ívük (R_{iv}) szerint kerülnek meghatározásra.



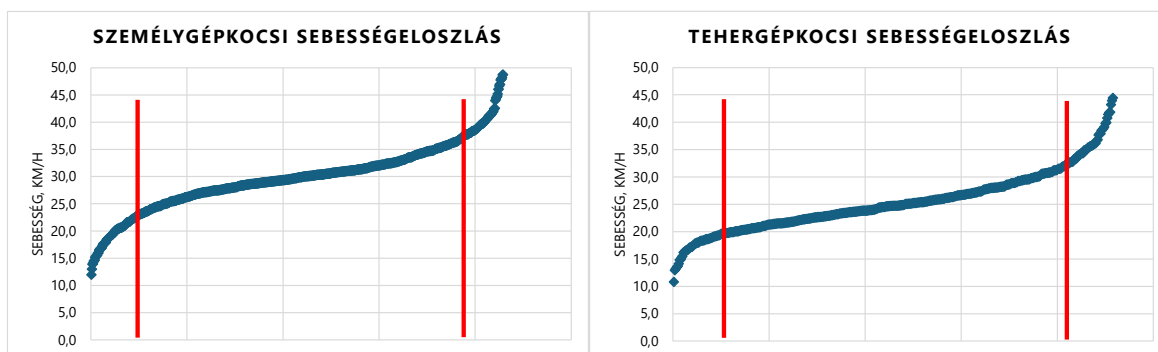
3.5. ábra Sebességmérés módszere

3.2.1.1. Sebességek alakulása a körforgalom külső sugara (R_k) szerint

A külső sugár (R_k) szerinti sebességeket az alábbi táblázat foglalja össze.

3.2. táblázat Sebességek alakulása a körforgalom külső sugara (R_k) szerint

R_k (m)	személygépjármű sebesség, km/h			nehézgépjármű sebesség, km/h		
	Átlag	$g_{10\%}$	$g_{90\%}$	Átlag	$g_{10\%}$	$g_{90\%}$
14	22,1	16,2	28,6	19,6	13,1	25,7
17	24,3	19,1	30,8	20,9	15,3	27,4
23	24,4	17,1	31,6	21,2	15,8	27,9
25	28,4	21,6	35,7	25,4	19,2	32,4
27	31,2	26,0	37,0	25,2	19,6	30,5
30	29,8	22,3	37,2	25,3	19,8	31,1



3.6. ábra Minta sebességeloszlások

Személygépjárművek sebességeloszlása a körforgalom külső sugarának függvényében
az alábbiak szerint számítható:

$$V_{g90\%} = 0,5633 * R_k + 20,719 \text{ [km/h]}$$

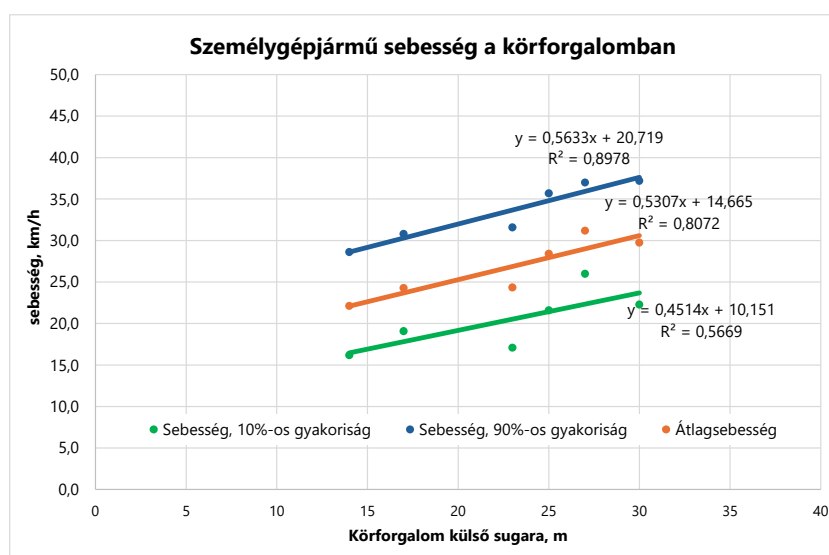
$$V_{\text{átlag}} = 0,5307 * R_k + 14,665 \text{ [km/h]}$$

$$V_{g10\%} = 0,4514 * R_k + 10,151 \text{ [km/h]}$$

ahol:

$V_{g10\%} / V_{g90\%}$: a személygépjárművek sebessége a 10%-os/90%-os sebességi tartományban [km/h]

R_k : a körforgalom külső sugara [m].



3.7. ábra Személygépjármű sebesség a körforgalomban

Nehézgépjárművek sebességeloszlása a körforgalom külső sugarának függvényében az alábbiak szerint számítható:

$$V_{g90\%} = 0,3622 * R_k + 20,956 \text{ [km/h]}$$

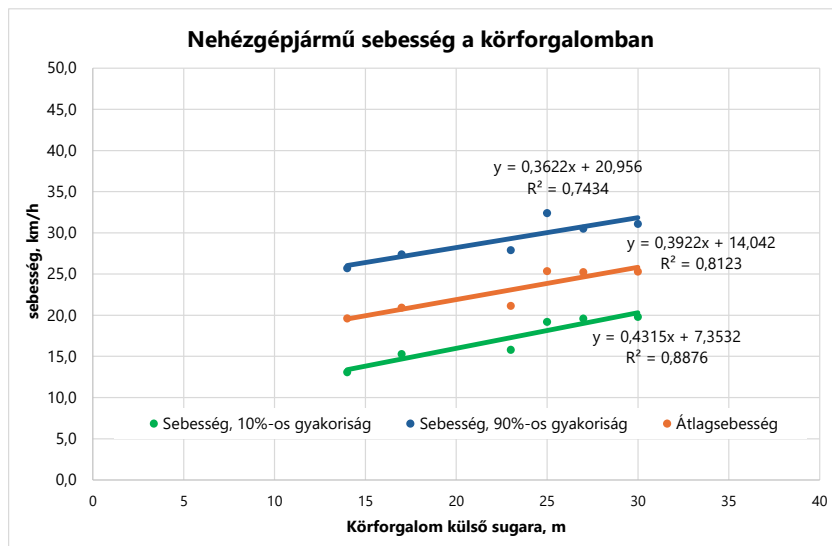
$$V_{\text{átlag}} = 0,3922 * R_k + 14,042 \text{ [km/h]}$$

$$V_{g10\%} = 0,4315 * R_k + 7,3532 \text{ [km/h]}$$

ahol:

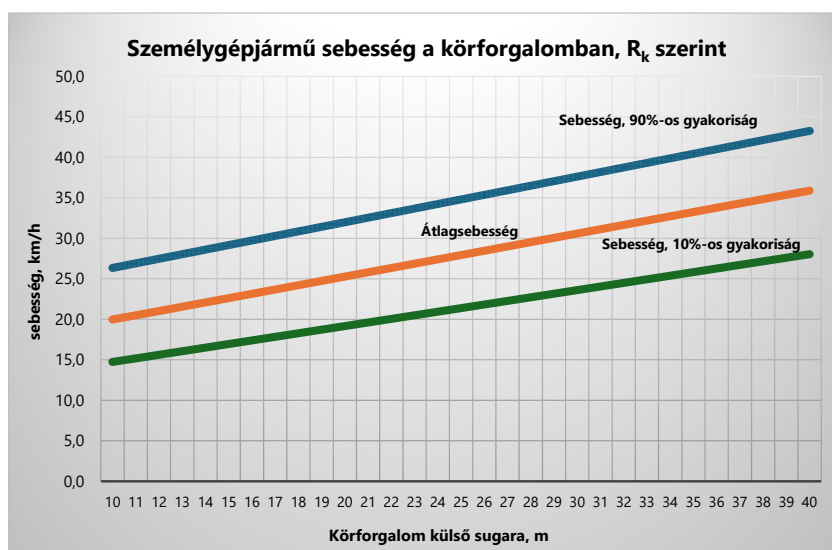
$V_{g10\%} / V_{g90\%}$: a nehézgépjárművek sebessége a 10%-os/90%-os sebességi tartományban [km/h]

R_k : a körforgalom külső sugara [m].

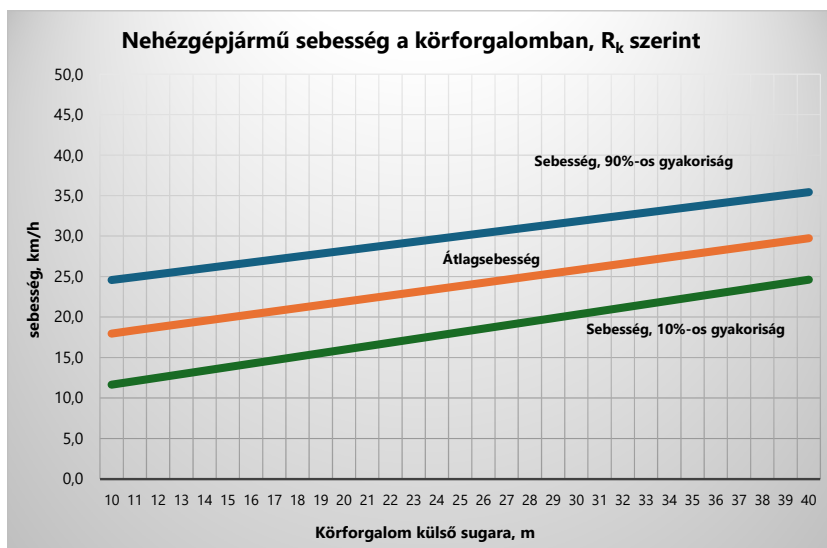


3.8. ábra Nehézgépjármű sebesség a körforgalomban

A mérések adatai alapján feldolgozott **személy- és nehézgépjárművek külső sugár szerinti sebességtartományai** (átlag és 10%....90% gyakorisági tartomány) az alábbi diagramok mutatják be.



3.9. ábra Személygépjármű külső sugár - sebesség függvény



3.10. ábra Nehézgépjármű külső sugár - sebesség függvény

3.2.1.2. Sebességek alakulása a járművek által bejárt ív (R_{iv}) szerint

A járművek bejárt ív (R_{iv}) szerinti sebességeit az alábbi táblázat foglalja össze.

3.3. táblázat Sebességek alakulása a körforgalomban bejárt ív szerint

R_{iv} (m)	személygépjármű sebesség, km/h			nehézgépjármű sebesség, km/h		
	Átlag	$g_{10\%}$	$g_{90\%}$	Átlag	$g_{10\%}$	$g_{90\%}$
9	22,1	16,2	28,5	19,6	13,1	24,5
14	24,4	19,1	30,9	21,3	14,3	28,7
15	24,2	19,1	30,6	20,3	15,6	23,7
16	22,1	16,7	26,3	18,8	15,4	23,4
17	25,5	19,5	31,5	21,2	18,1	26,1
18	27,2	21,7	32,9	22,4	18,5	27,8
19	26,6	19,2	34,4	23,4	18,9	28,1
20	28,3	20,2	36,5	25,8	19,8	31,4
21	27,9	21,9	34,5	23,3	18,9	27,7
22	28,7	18,5	38,5	24,2	16,7	30,1
23	29,0	22,3	36,6	24,7	15,5	31,4
24	32,1	27,1	39,7	25,4	19,3	31,7
25	28,7	24,3	33,6	24,6	20,1	29,4
28	29,5	22,5	38,1	25,8	19,9	31,1

Személygépjármű sebességeloszlása a **bejárt ív függvényében** az alábbiak szerint számítható:

$$V_{g90\%} = 0,6301 * R_{ív} + 21,56 \text{ [km/h]}$$

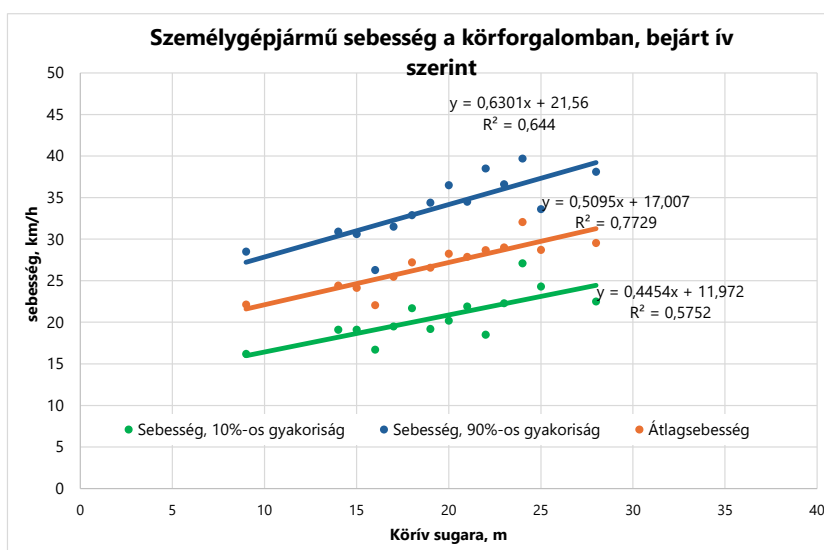
$$V_{\text{átlag}} = 0,5095 * R_{ív} + 17,007 \text{ [km/h]}$$

$$V_{g10\%} = 0,4454 * R_{ív} + 11,972 \text{ [km/h]}$$

ahol:

$V_{g10\%} / V_{g90\%}$: a személygépjárművek sebessége a 10%-os/90%-os sebességi tartományban [km/h]

$R_{ív}$: a járművek adott bejárt íven történő haladása [m].



3.11. ábra Személygépjármű sebesség a körforgalomban, bejárt ív szerint

Nehézgépjármű forgalom sebességeloszlása a **bejárt ív függvényében** az alábbiak szerint számítható:

$$V_{g90\%} = 0,4394 * R_{ív} + 19,716 \text{ [km/h]}$$

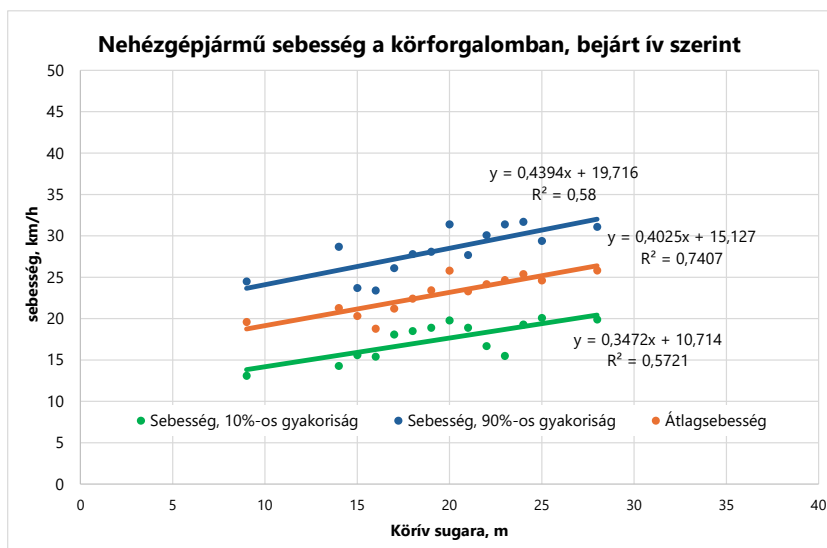
$$V_{\text{átlag}} = 0,4025 * R_{ív} + 15,127 \text{ [km/h]}$$

$$V_{g10\%} = 0,3472 * R_{ív} + 10,714 \text{ [km/h]}$$

ahol:

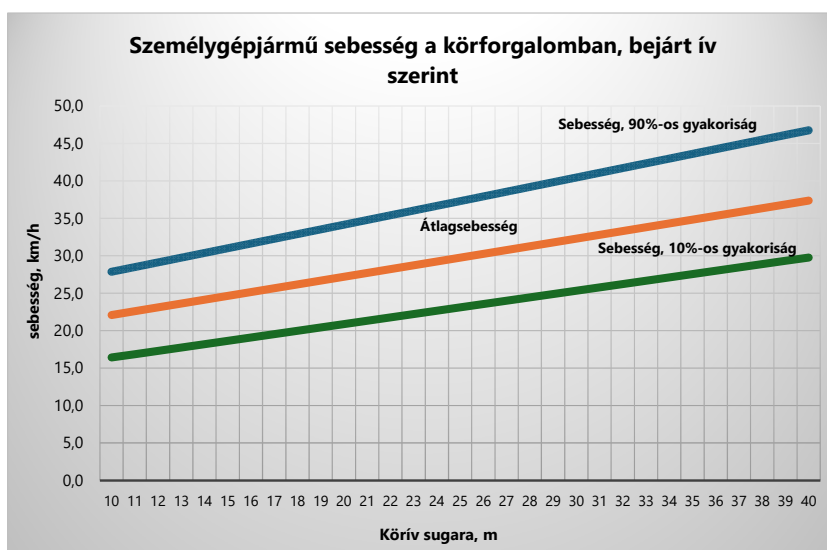
$V_{g10\%} / V_{g90\%}$: a nehézgépjárművek sebessége a 10%-os/90%-os sebességi tartományban [km/h]

$R_{ív}$: a járművek adott bejárt íven történő haladása [m].

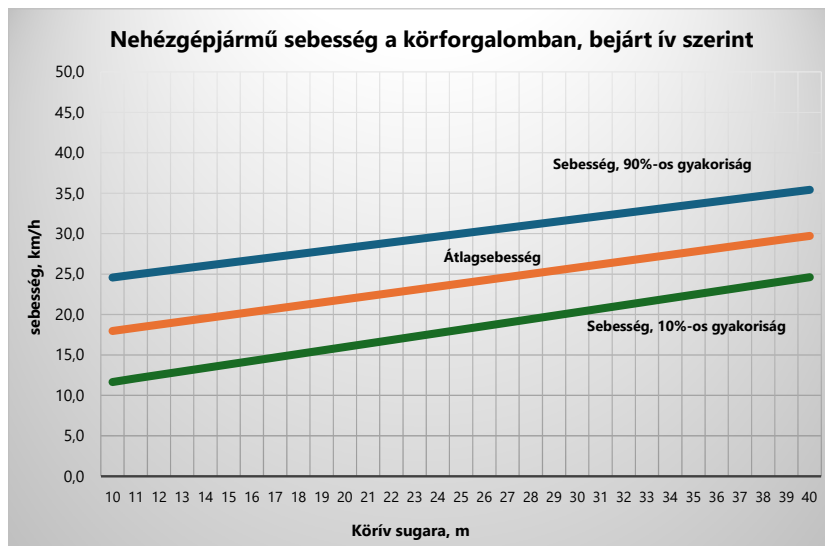


3.12. ábra Nehézgépjármű sebesség a körforgalomban, bejárt ív szerint

A mérések adatai alapján feldolgozott **személy- és nehézgépjárművek bejárt ív szerinti sebességtartományát** (átlag és 10%...90% gyakorisági tartomány) az alábbi diagramok mutatják be.



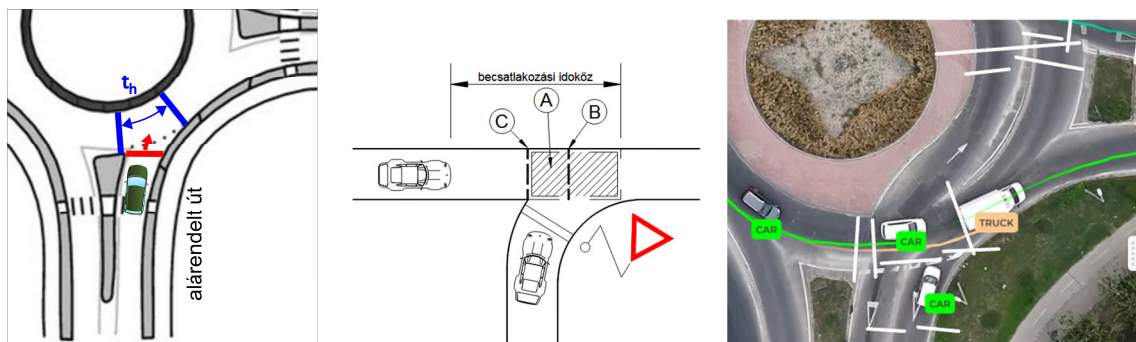
3.13. ábra Személygépjármű bejárt ív - sebesség függvény



3.14. ábra Nehézgépjármű bejárt ív - sebesség függvény

3.2.2. Határidőköz elemzés

A (turbó)körforgalmak tulajdonságainak egyik legfontosabb ismérve annak kapacitása. A jelzőlámpás kereszteződésekben vagy tipikus körforgalmakban a forgalom a következőképpen működik: a nagyobb forgalmú irány elsőbbséget élvez a kereszteződésben anélkül, hogy konfliktusba kerülne a kisebb forgalmú iránnyal. Amikor a kisebb forgalmú irányban közlekedő járművek közelednek a kereszteződéshez, legalább lassítaniuk kell (elsőbbségadás tábla) vagy meg kell állniuk (stoptábla), és figyelniük kell, hogy van-e elfogadható „időrés” a nagyobb forgalmú irány járművei között. A járművek becsatlakozási időszükségletének mérése tehát nagy jelentőséggel bír a kereszteződés kapacitásának és így szolgáltatási szintjének értékeléséhez. A vizsgálat során a határidőköz elemzésére a már említett videós kiértékelés felhasználásával került sor. A határidőköz elemzés a vizsgált körforgalmak közül a turbó körforgalmakra került elvégzésre.

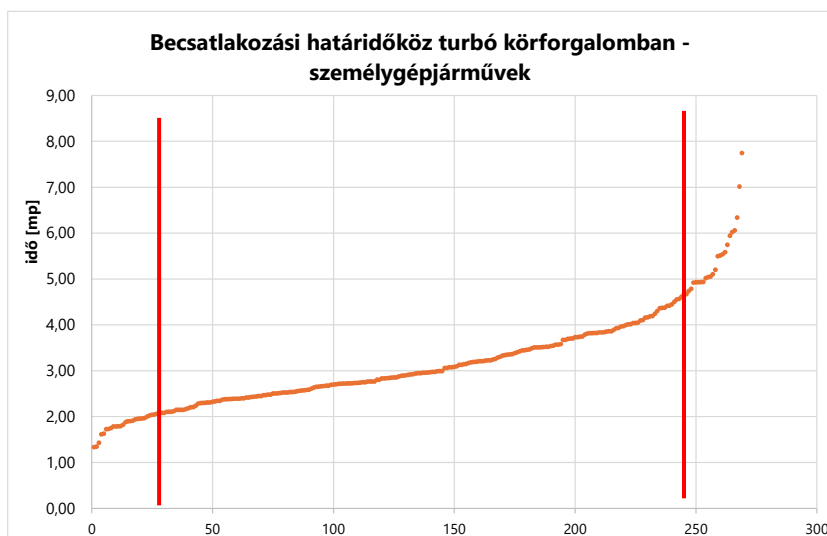


3.15. ábra Határidőköz elemzés elmélet és gyakorlati mérés

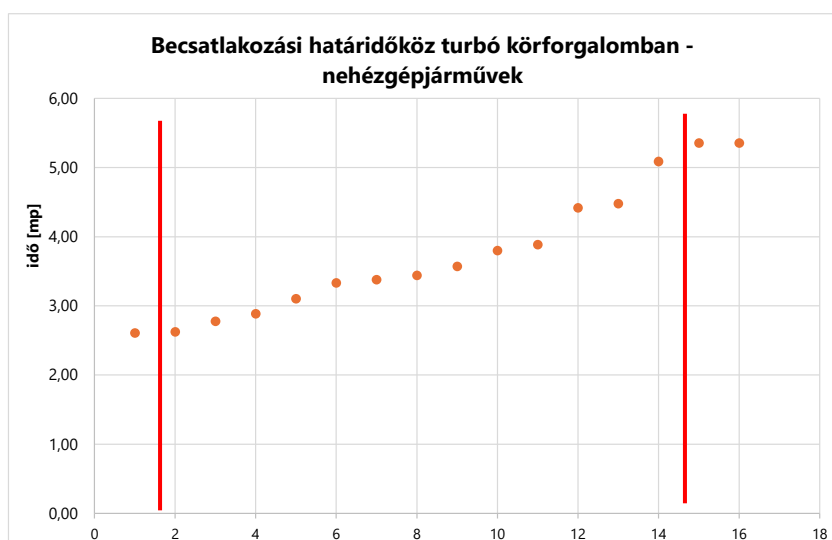
CLASS	MINOR MOVEMENT		NUMBER OF VEHICLES IN MAJOR REJECTED	LAST REJECTED VEHICLE PASSAGE TIMESTAMP	GAP ANALYSIS		
	MINOR STREAM VEHICLE APPROACHING (Start of the gap event)	MINOR STREAM VEHICLE ENTERING MAJOR STREAM (End of the gap event)			MAXIMUM REJECTED GAP	AVERAGE REJECTED GAP	ACCEPTED GAP
0	10:33:02,338	10:33:06,948	0				
0	10:33:05,110	10:33:09,320	0				
0	10:33:09,755	10:33:14,275	0				
0	10:33:14,307	10:33:20,693	0				
0	10:33:19,036	10:33:21,703	0				
0	10:33:19,843	10:33:23,826	0				
0	10:33:25,558	10:33:28,583	1	10:33:26,226			00:01:19,341
0	10:33:28,014	10:33:30,662	0				
0	10:33:30,525	10:33:32,894	0				
0	10:33:30,860	10:33:33,578	0				
0	10:33:32,080	10:33:34,575	0				
0	10:33:33,739	10:33:36,515	0				
0	10:33:35,979	10:33:38,514	0				
0	10:33:36,418	10:33:39,281	0				
0	10:33:41,631	10:33:44,368	0				
0	10:33:49,512	10:33:55,803	0				
0	10:33:55,122	10:33:59,532	0				
0	10:33:59,935	10:34:03,499	0				
0	10:34:01,695	10:34:04,144	0				
0	10:34:05,569	10:34:08,901	0				
0	10:34:10,742	10:34:13,925	0				
0	10:34:18,050	10:34:20,817	0				
0	10:34:18,313	10:34:21,471	0				
0	10:34:19,893	10:34:23,191	0				
0	10:34:23,356	10:34:26,063	0				
0	10:34:24,426	10:34:27,915	0				
0	10:34:34,950	10:34:37,514	0				
0	10:34:35,484	10:34:38,518	0				
0	10:34:36,958	10:34:39,342	0				
0	10:34:40,309	10:34:48,942	1	10:34:45,567			00:00:11,525
0	10:34:40,584	10:34:47,922	1	10:34:45,567			00:00:11,525
0	10:34:44,168	10:34:50,144	1	10:34:45,567			00:00:11,525
0	10:34:44,663	10:34:51,833	1	10:34:45,567			00:00:11,525
0	10:34:49,982	10:34:53,413	0				
0	10:34:53,842	10:35:04,739	3	10:35:02,419	00:00:02,996	00:00:02,664	00:00:04,765
0	10:34:56,901	10:35:09,914	4	10:35:07,179	00:00:04,760	00:00:03,362	00:00:18,247
0	10:34:59,480	10:35:05,258	2	10:35:02,419	00:00:02,331	00:00:02,331	00:00:04,765
0	10:35:00,074	10:35:12,117	3	10:35:07,179	00:00:04,760	00:00:03,546	00:00:18,247
0	10:35:09,083	10:35:13,746	0				
0	10:35:09,733	10:35:14,554	0				
0	10:35:12,493	10:35:16,064	0				
0	10:35:13,351	10:35:17,120	0				
0	10:35:14,881	10:35:17,819	0				
0	10:35:17,573	10:35:20,358	0				
0	10:35:20,748	10:35:27,800	1	10:35:25,426			00:00:16,501
0	10:35:23,258	10:35:30,607	1	10:35:25,426			00:00:16,501
0	10:35:25,106	10:35:28,836	1	10:35:25,426			00:00:16,501
0	10:35:31,405	10:35:34,425	0				
0	10:35:50,756	10:35:54,402	1	10:35:52,348			00:01:01,347

3.16. ábra Határidőköz elemzés minta munkalapja

Mivel a vizsgálat turbó körforgalmak külső sugarainak (R_k) értéke (23....27 m között) érdemben nem térnek el egymástól, így a becsatlakozási határidőköz eloszlását együttesen lehet vizsgálni és egy diagramban lehet bemutatni. A sebességvizsgálathoz hasonlóan a becsatlakozási határidőközök a 10%....90% gyakorisági tartományban egyenletes eloszlást mutatnak, így a szimulációhoz átadandó összefüggések meghatározásakor szintén ezen tartományok kerültek figyelembevételre.



3.17. ábra Becsatlakozási határidőközök eloszlása - személygépjárművek



3.18. ábra Becsatlakozási határidőközök eloszlása - nehézgépjárművek

Turbó körforgalmak esetén $R_k=23\ldots30$ m sugarú létesítmények esetén tehát egyenletes elosztás mellett a következő határidőközökkel lehet számolni:

3.4. táblázat Határidőközök alakulása

személygépjármű, határidőköz [mp]			nehézgépjármű, határidőköz [mp]		
Átlag	g _{10%}	g _{90%}	Átlag	g _{10%}	g _{90%}
3,2	2,1	4,2	3,8	2,6	5,4

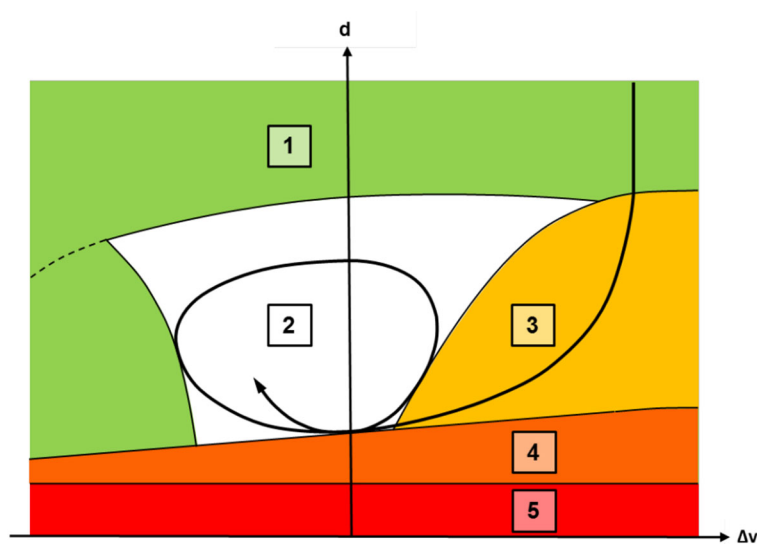
4. Mikroszimulációs modellezés

4.1. Módszertan

A mikroszimulációs modellezés a PTV cég Vissim nevű szoftverével készült. A VISSIM egy mikroszkopikus, huszadmásodperc szimulációs ciklusidejű, a közlekedői magatartást, járműdinamikát leképző szimulációs eszköz, mely városi egyéni- és tömegközlekedés modellezésére került kifejlesztésre a közlekedési hálózat valóságghű leképezése mellett (forgalmi sávok, elsőbbségi viszonyok, jelzőlámpás csomópontok, járműösszetétel és karakterisztika, tömegközlekedési megállóhelyek, menetrendek stb.).

A program alkalmas a közlekedési folyamat komplex elemzésére, változatok értékelésére. Különösen alkalmas jelzőlámpás rendszerek finomhangolására, különböző forgalomirányítási rendszerek, stratégiák, részletes elemzésére. Különböző csomóponti kialakítások (jelzőlámpás, elsőbbségi szabályozás, körforgalom) összehasonlítására, dinamikus útvonal-választási problémák modellezésére, és szinte minden közlekedési szituáció analizálására.

4.2. Járműkövetési modell



- 1: Nem szabályozott viselkedés állapota
- 2: Követési állapot
- 3: Közeledés
- 4: Fékezés
- 5: Ütközés

4.1. ábra Járműkövetési modell (Wiedemann 1974 szerint) [8]

A járműkövetési modellt [8] a karlsruhei technológiai intézet – Németországban végzett mérésekkel kalibrálta. A legújabb mérések biztosítják, hogy a vezetési magatartásban és a járművek műszaki képességeiben bekövetkezett változásokat figyelembe veszik.

A PTV Vissim szoftver a jármű gyorsulását – szabadáramlásban (free flow) – az elérni kívánt sebesség alatt a következők alapján számítja ki:

- Ha az aktuális távolság megfelel a kívánt biztonsági távolságnak, a jármű az előző jármű sebességére gyorsul.
- Ha a saját kívánt sebesség alacsonyabb, a jármű erre gyorsul.
- Ha a távolság a kívánt biztonsági távolság 100 és 110 százaléka között van, a célsebesség kiszámítása lineárisan interpolálva történik.
- Ha a kívánt biztonsági távolság 110 százalékkal egyenlő, a jármű a kívánt sebességre gyorsul.

Többsávos utak esetén a PTV Vissim modellben a járművezető nemcsak az előtte haladó járműveket veszi figyelembe (alapértelmezetten 4 jármű), hanem a két szomszédos sávban lévő járműveket is. Ezen kívül jelzőlámpás csomóponthoz közeledve a modell – a helyzetjelző vonal elérése előtt kb. 100 méterrel – megnövelt figyelemmel kalkulál a járművezető számára.

Minden egyes járművezető a sajátos viselkedési jellemzőivel egy adott járműhöz van rendelve. Ennek következtében a vezetési magatartás megfelel a jármű műszaki képességeinek.

4.3. A modellezett körforgalom

A fentebb ismerttetett eredmények egy alap körforgalmon keresztül kerültek tesztelésre. Ez a csomópont a kecskeméti Dunaföldvári út – Nyugati körút csomópontja volt – amely az ÚME szerinti F4. alapváltozatnak teljes mértékben megfelelt. Ideális ágai vannak, geometriai paraméterei megfelelőek, forgalmilag terheltségi csomópont.

A körforgalom 3 ágán található kerékpáros átvezetés, ugyanakkor a szimuláció egyenszilárdsága miatt ezek az átvezetések nem kerültek modellezésre.



4.2. ábra *Kecskemét, Dunaföldvári út – Nyugati körút (46.888758, 19.639809)*

4.4. Modellezési alapparaméterek

Azért, hogy megfelelően stabil és alátámasztható eredmények szülessenek, fontos volt a modellezés során az egyes alapparamétereket meghatározni / beállítani.

Vehicle Compositions (járműösszetétel)

A vizsgált hálózat 91%-a személygépkocsi, 4% kisteher, 5% pedig közepes és nehéz tehergépjármű, valamint busz volt. Ez egy általános közelítés, a végeredményt komolyan tudja befolyásolni, ha lényegesen nagyobb a nehéz tehergépjárművek aránya.

Priority Rules (elsőbbségadások)

A fentebbi fejezetben említett értékeket külön Car, LGV és külön HGV járműkategóriára kerültek beállításra a „Priority Rules” eszközzel. Fontos volt ezt a beállítást alkalmazni, ugyanis a tapasztalatok szerint az úgynevezett „Conflict Areas” eszköz nem paraméterezhető megfelelően a kívánt cél elérése érdekében.



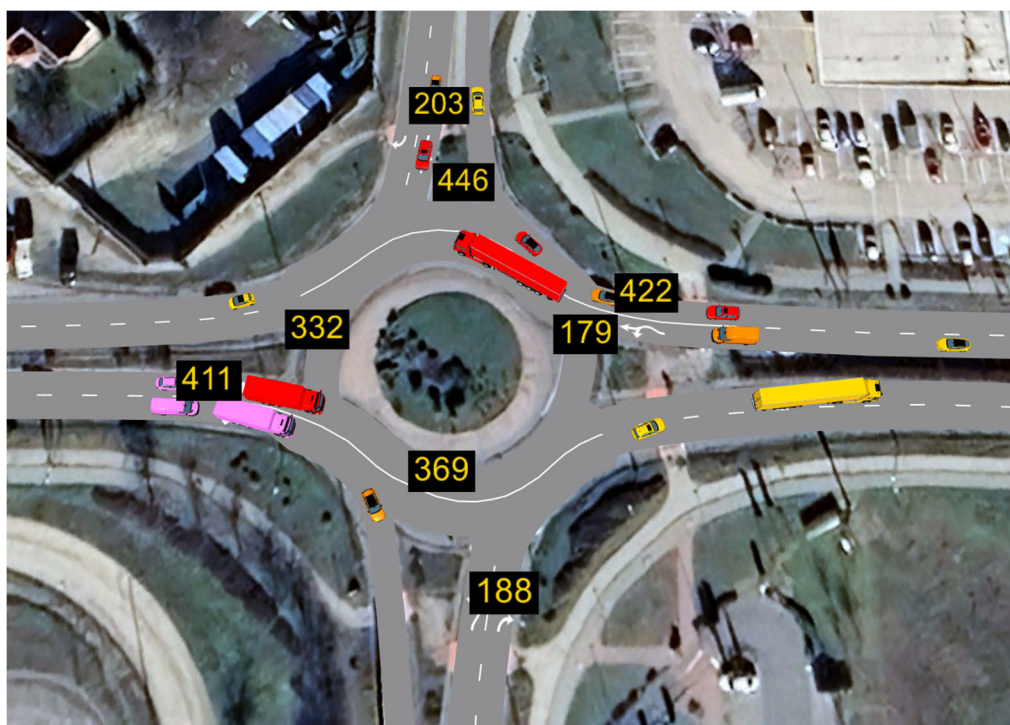
4.3. ábra Elsőbbségi viszonyok beállítása a modellben

A szimulációs modellekben az egyéb, a forgalom szabad lefolyását befolyásoló tényező (pl.: gyalogosmozgások) kapacitást csökkentő hatása nem került figyelembevételre -és

így modellezésre sem, - tehát a későbbiekben megállapításra kerülő kapacitászámítások képletei sem tartalmazzák azok hatását.

Inputs & Routes (forgalomnagyságok és irányok)

Ezekben a paraméterekben lehet kihasználni a legjobban a szimuláció adta előnyöket. **A forgalmak és irányok meghatározása fiktív volt** – a futtatások során állandó változtatással – a cél, hogy a turbókörforgalom kapacitását minél egzaktabban meg lehessen ismerni.



4.4. ábra Szimulációs pillanatkép

Curve Speed Functions (ívsebesség függvények)

Talán ez a beállítás az, amely a legnagyobb hatást jelenti a modellezett hálózatra. A PTV Vissim szoftver 2025-ös verziója már nem úgynevezett „Reduced Speed Area”-val számol alapvetően, hanem a kiszámolt ívek sugarihoz mérten függvény segítségével határozza meg az aktuális járműsebességeket.

Ez azért nagyon fontos, mert **a körforgalmak teljesítőképessége nagyban függ az áthaladt járművek ívsebességétől.**

Ezért tehát szükséges volt módosítani a szoftver alapból meghatározott ívsebesség függvényein – az előző fejezetből megismert sebességanalízis értékei kerültek

integrálásra. Külön személygépkocsi és kisteher, külön pedig nehéz tehergépjárművek kategóriára. A fentebbi fejezetben vizsgált sebességanalízis személygépkocsi és kisteherre a következő volt:

$$V_{g90\%} = 0,6301 * R_k + 21,56 \text{ [km/h]}$$

$$V_{\text{átlag}} = 0,5095 * R_k + 17,007 \text{ [km/h]}$$

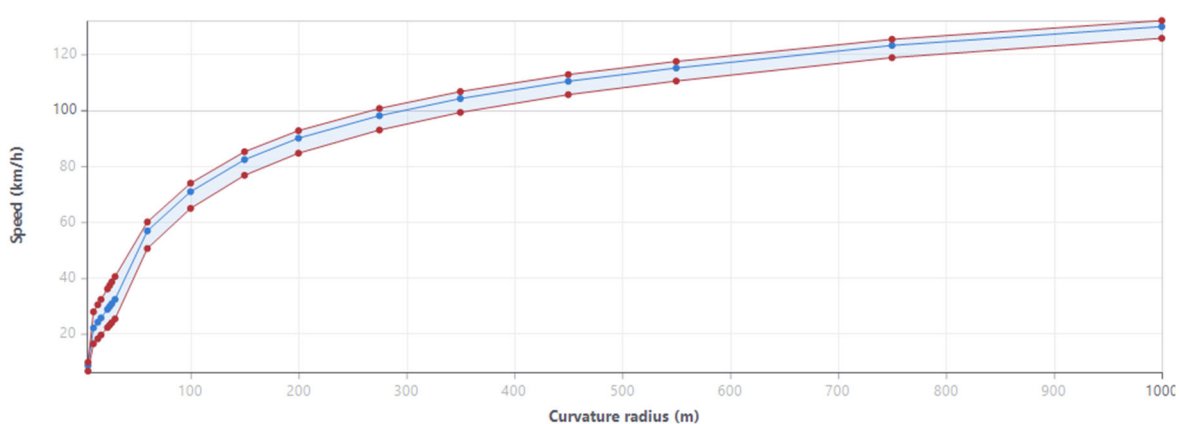
$$V_{g10\%} = 0,4454 * R_k + 11,972 \text{ [km/h]}$$

ahol:

$V_{g10\%} / V_{g90\%}$: a személygépjárművek sebessége a 10%-os/90%-os sebességi tartományban [km/h]

R_k : a körforgalom külső sugara [m].

Személygépkocsi és kisteher módosított sebességprofil



4.1. táblázat Módosított szgk és kisteher sebességprofil

Ívsugár (m)	Sebesség középérték (km/h)	Min. sebesség (km/h)	Max. sebesség (km/h)
5,0	8,60	6,64	9,78
10,0	22,10	16,43	27,86
14,0	24,14	18,21	30,38
17,0	25,67	19,54	32,27
23,0	28,73	22,22	36,05
25,0	29,74	23,11	37,31
27,0	30,76	24,00	38,57
30,0	32,29	25,33	40,46
60,0	56,80	50,51	60,00
100,0	70,84	64,84	73,87
150,0	82,29	76,69	85,12
200,0	89,97	84,60	92,67
275,0	98,04	92,90	100,62
350,0	104,15	99,20	106,65
450,0	110,33	105,55	112,74
550,0	115,08	110,43	117,43
750,0	123,15	118,78	125,36
1000,0	129,92	125,73	132,04

A fentebbi fejezetben vizsgált sebességanalízis közepes és nehéz tehergépjárművekre a következő volt:

$$V_{g90\%} = 0,4394 \cdot R_k + 19,716 \text{ [km/h]}$$

$$V_{\text{átlag}} = 0,4025 \cdot R_k + 15,127 \text{ [km/h]}$$

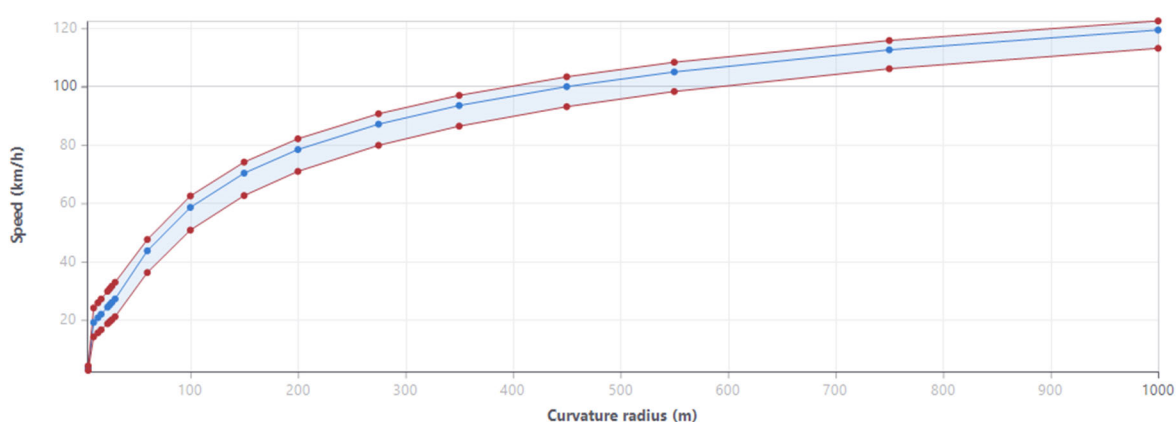
$$V_{g10\%} = 0,3472 \cdot R_k + 10,714 \text{ [km/h]}$$

ahol:

$V_{g10\%} / V_{g90\%}$: a tehergépjárművek sebessége a 10%-os/90%-os sebességi tartományban [km/h]

R_k : a körforgalom külső sugara [m].

Közepes és nehéz tehergépjárművek módosított sebességprofil:



4.2. táblázat Módosított tehergépjármű sebességprofil

Ívsugár (m)	Sebesség középérték (km/h)	Min. sebesség (km/h)	Max. sebesség (km/h)
5,0	3,68	2,71	4,30
10,0	19,15	14,19	24,11
14,0	20,76	15,57	25,87
17,0	21,97	16,62	27,19
23,0	24,38	18,70	29,82
25,0	25,19	19,39	30,70
27,0	25,99	20,09	31,58
30,0	27,20	21,13	32,90
60,0	43,70	36,24	47,57
100,0	58,57	50,78	62,48
150,0	70,30	62,62	74,10
200,0	78,40	70,90	82,09
275,0	87,09	79,84	90,66
350,0	93,48	86,41	96,95
450,0	99,95	93,08	103,33
550,0	104,99	98,27	108,29
750,0	112,55	106,07	115,74
1000,0	119,35	113,06	122,44

4.5. Futtatások

Az $F_{\text{KÖR}}$ (körpálya forgalmának) függvényében került vizsgálatra C_a (torkolati alapkapa-
citás). A fent megismert követési időköz értékek külön kerültek beállításra
tehergépjárművekre és buszokra, valamint szgk és kisteher gépjárművekre.

A futtatások célja az volt, hogy meghatározásra kerüljön **egy egzakt érték – mennyi a
maximálisan behaladni képes forgalom** a körpálya forgalom függvényében.

Tizenkét különböző körpályaforgalom eset került beállításra, három különböző
futtatásban (ahol a random seed változó módosult 42-99-180 értékekben). Ez egy
becsatlakozásra 36 futtatást jelent – összesen pedig 3 típusú becsatlakozásra:

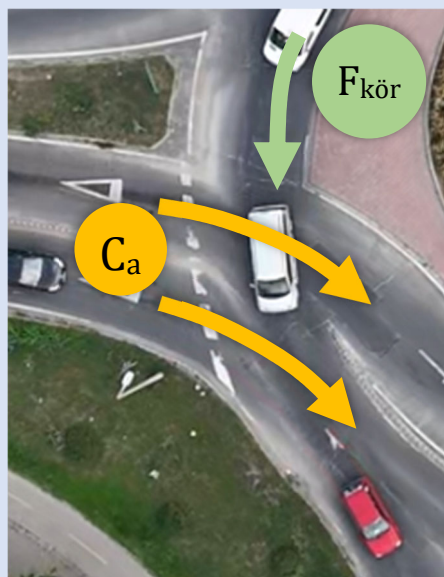
108 futtatást.

Fontos megjegyezni, hogy ez a fajta tesztelési módszer kizárólag a konfliktusmezőt
teszteli. A teljesség igénye nélkül nincs tekintettel a következőkre, amelyek
csökkenthetik ezt a torkolati alapkapa-
cítást a valóságban:

- körforgalom előtt / után sávok megszűnése, összefonódása
- rosszul belátható konfliktusmező (táblakitakarás miatt például)
- útburkolat nem megfelelő állapota
- nem megfelelő útirányjelzésből / táblázásból adódó szabálytalan
járműmozgások

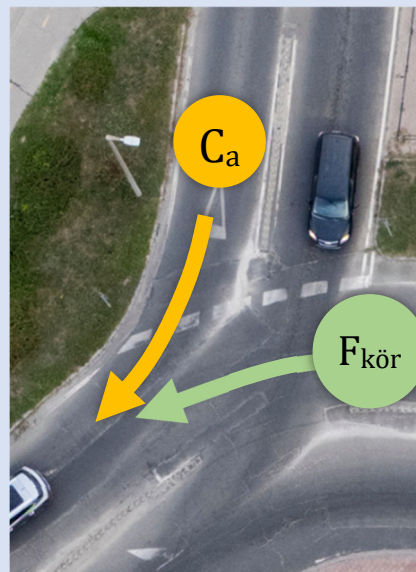
A nyers futtatási eredmények a következők lettek:

Főág behaladása (2 sáv)				
Futtatások	I.	II.	III.	Körpálya forgalma ($F_{\text{KÖR}}$ - 1 sáv)
Vizsgált forg (F_{vizsg})	Behaladni képes forgalom (C_a)			
2600	2517	2519	2530	100
2500	2376	2397	2359	200
2400	2207	2189	2193	300
2250	2014	2034	2027	400
2050	1811	1844	1813	500
1900	1754	1739	1730	550
1800	1644	1646	1644	600
1700	1544	1541	1559	650
1600	1450	1485	1459	700
1500	1356	1375	1358	750
1400	1253	1286	1256	800
1300	1094	1112	1104	900



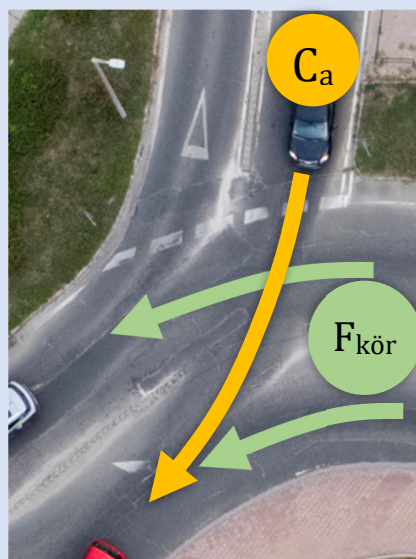
Mellékág „jobbos” behaladása (1 sáv)

Futtatások	I.	II.	III.	Körpálya forgalma (F _{KÖR} - 1 sáv)
Vizsgált forg (F _{vizsg})	Behaladni képes forgalom (C _a)			
1550	1426	1449	1447	100
1450	1286	1305	1298	200
1350	1229	1217	1226	250
1300	1149	1167	1182	300
1250	1092	1093	1103	350
1200	1033	1021	1045	400
1150	964	978	979	450
1100	936	926	915	500
1000	825	837	812	600
900	714	732	725	700
800	629	635	627	800
700	539	556	552	900



Mellékág „egyenes-balos” behaladása (1 sáv)

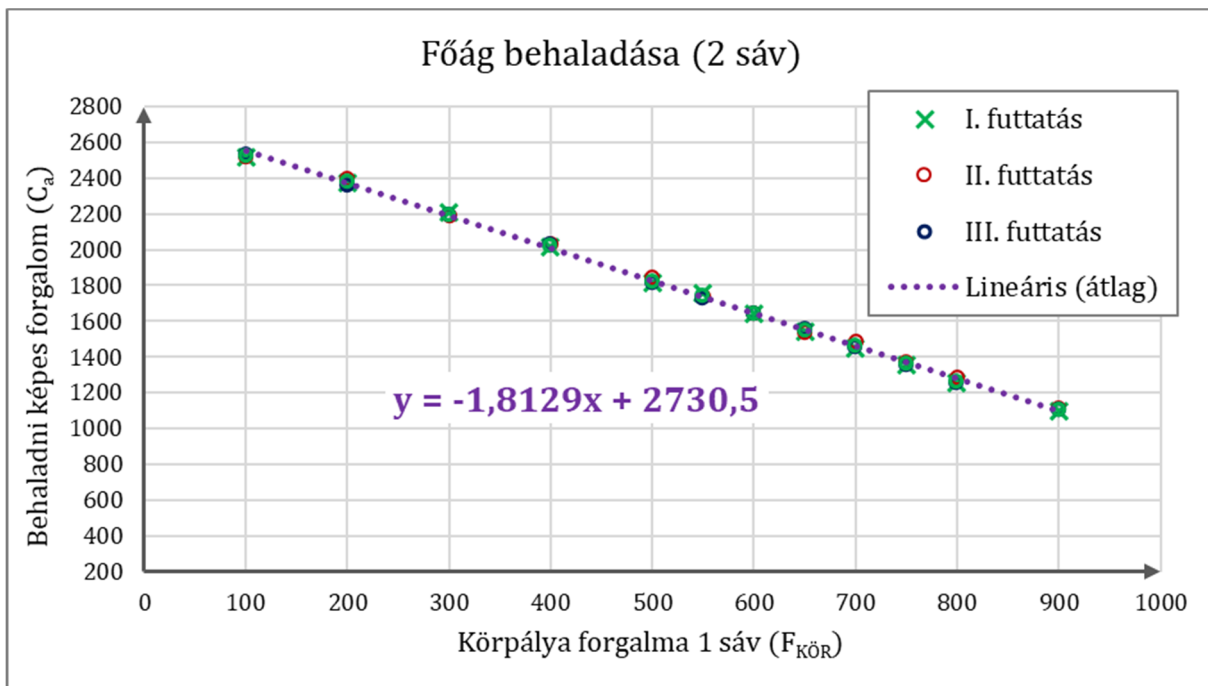
Futtatások	I.	II.	III.	Körpálya forgalma (F _{KÖR} - 2 sáv)
Vizsgált forg (F _{vizsg})	Behaladni képes forgalom (C _a)			
1250	1217	1227	1233	200
1200	1108	1126	1119	300
1100	1005	1017	1007	400
1000	900	904	897	500
900	813	827	820	600
800	744	755	732	700
750	690	664	662	800
700	599	598	602	900
650	563	532	532	1000
600	463	450	460	1150
500	387	380	370	1300
400	301	299	299	1450



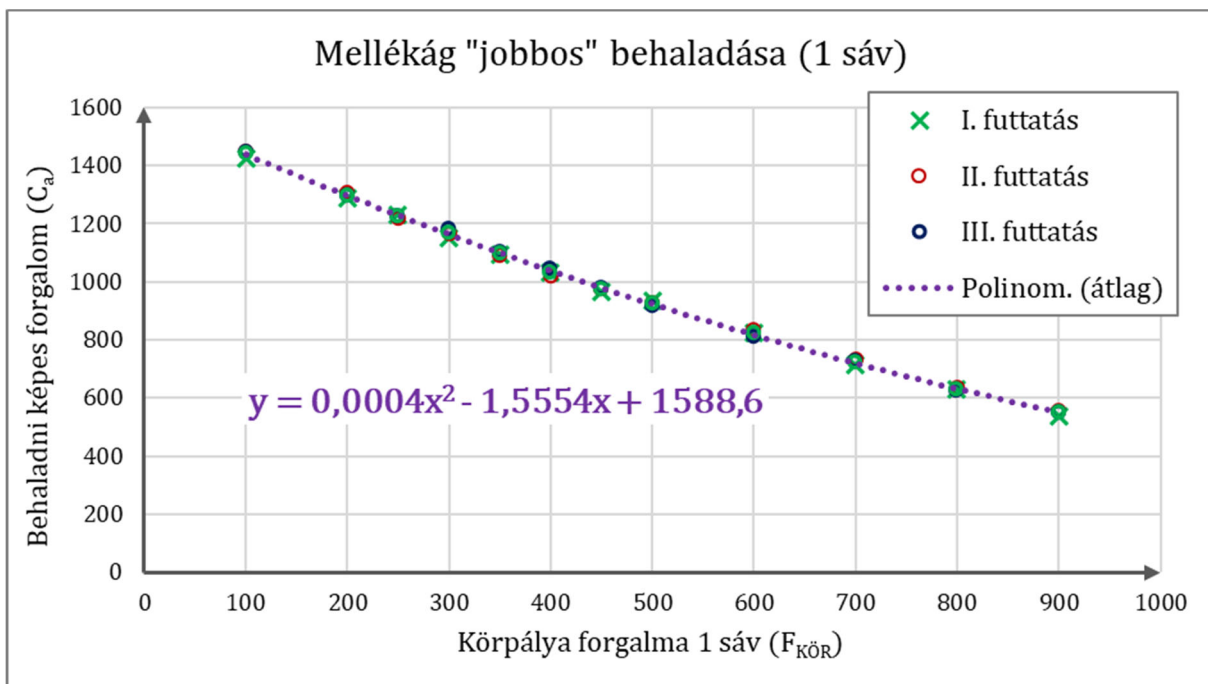
4.6. Eredmények

A fenti nyers futtatási adatokból a következő diagramok álltak elő.

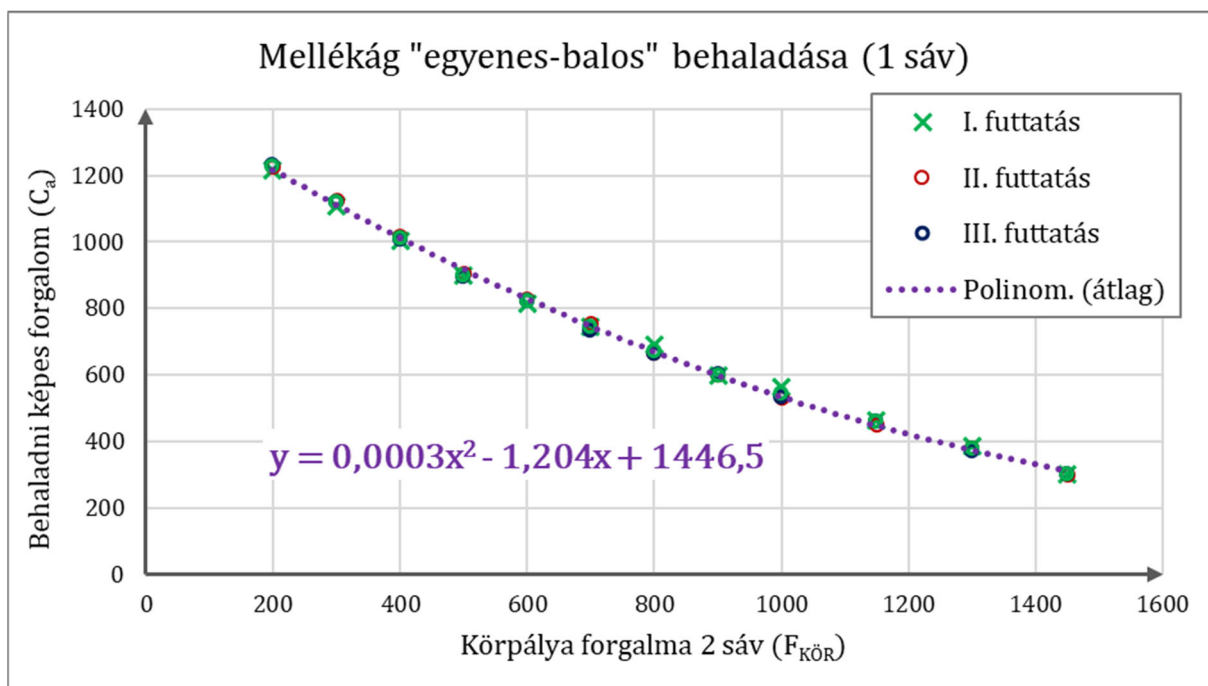
Az első behaladási típus esetében a lineáris regresszió, a többi behaladásnál másodfokú regresszió bizonyult a legpontosabbnak.



4.5. ábra Modellezett értékek – Főág behaladása (2 sáv)



4.6. ábra Modellezett értékek – Mellékág „jobbos” behaladása (1 sáv)



4.7. ábra Mellékág „egyenes-balos” behaladása (1 sáv)

Következtetések

Amennyiben a függvénygörbe alatti területen található a méretezési forgalom, úgy – a szimuláció alapján – a körforgalom működőképes, a forgalom le tud bonyolódni.

Ugyanakkor ez még nem a teljes kép. Mivel ez a függvénygörbe 100%-os terhelést jelent: a maximális kihasználtságot, magyarul szólva ezekben a pontokban **NINCS** semmilyen **TARTALÉK**.

Ezért fontos összevetni ezeket a függvényeket az ÚME-ban jelzett értékekkel, valamint az ÚME képlet alapját szolgáltató eredeti függvénnyel. A paramétereket a fenti vizsgálatok és modellezések eredményeképpen megismertük – több ezer adat feldolgozásával, valós magyarországi turbó körforgalmakból.

5. Kiértékelés

5.1. Összevetés

A teljes AI és mikroszimulációs vizsgálatok összegzéseként az alábbi értékek és függvények álltak elő:

AI feldolgozással:

sebességprofil különböző járműkategóriákra

határidőköz értékek különböző járműkategóriákra

Mikroszimulációval:

C_a – behaladni képes forgalom nagyság (torkolati alapkapa-
citás) 3 különböző becsatlakozásra

A vonatkozó hatályos ÚME (03.03.11) 83. oldalán az alábbi képletek szerepelnek a torkolati alapkapa-
cításra, megemlítve a turbókörforgalmakra vonatkozó kivételt:

ÚME

1 belépő sávra: $C_a = 1560 \cdot e^{-0,0007 \cdot F_{KÖR}}$

2 belépő sávra: $C_a = 1700 \cdot e^{-0,0007 \cdot F_{KÖR}}$

a turbó körforgalmak teljesítőképességének közvetlen mérésére nem volt
lehetőség, becsült értéke a 2. típus 1,1 – 1,2 szeresére tehető.

Az ÚME megemlíti, hogy a turbókörforgalmak esetében a 2. típust kell 1,1 – 1,2-vel
szorozni. Ez a képlet valójában egy széleskörben alkalmazott „HCM 2010” [9] metódus
képletnek az egyszerűsítése. Ebben az egyszerűsítésben adottnak vette a szerző a t_c és
 t_f értékeket. A teljes eredeti Euler alapformula így néz ki:

$$C_a = \frac{3600}{t_f} \cdot e^{-F_{KÖR} \cdot \left(\frac{t_c - 0,5 \cdot t_f}{3600} \right)}$$

ahol: t_f : follow-up headway, azaz követési időköz

t_c : critical gap, azaz kritikus határidőköz

5.2. Az Euler formula előállítása

Jelen számítás ismertetésében továbbra is fogunk használni egyszerűsítéseket, vagy olyan kerekítéseket, amelyek a biztonság javára tévednek. De fontos azt már az elején rögzíteni, hogy ezek legtöbbjében mindig ott lesz a bizonytalanság, azt 100%-ig nem lehet kiküszöbölni. Ezek a bizonytalanságok legtöbbször a vezetői magatartásból (driving behaviour) fakadnak.

Más értékeket lehet megismerni egy budapesti agglomerációs turbó körforgalomban, mint egy vidéki vármegye székhelyen. Más értékek jöhetnek ki akkor is, ha a körforgalom ágai nem teljesen ideális 90 fokos szöget zárnak be a körpályával. Megint csak eltérő eredményeket lehet kapni, ha a tehergépjármű arány magasabb az átlagosnál.

Vizsgálatunkban nem tértünk ki a **gyalogos és/vagy kerékpáros** keresztező forgalom hatásaira, mivel ezek egzakt méréséhez komplexebb, többdimenziós felvételekre lenne szükség. A magyarországi közúti közlekedési magatartás sokszor kiszámíthatatlan, nem egzakt, komplex modellezést kíván a gyalogos és/vagy kerékpáros átkelőhelyek környezetében.

Ezért fontos újra megismételni, hogy az itt említett számítási előírást **„irányadó”-nak kell tekinteni**. Amennyiben egy tervezés / méretezés során túlzottan közel kerülne a tervező a határértékekhez, érdemes átgondolnia a körforgalom geometriáját vagy a szabályozás módját. (Jelzőskör, más geometriájú turbó körforgalom, végső esetben külön szintű kialakítás jöhet szóba.)

A turbókörforgalmak behaladásának esetében 3 típus különböztethető meg. Ezek a következők:

- főág behaladása (2 sáv) – körpálya 1 sávja keresztezi,
- mellékág „jobbos” behaladása (1 sáv) – körpálya 1 sávja keresztezi,
- mellékág „egyenes-balos” behaladása (1 sáv) – körpálya 2 sávja keresztezi

5.2.1. Iteráció

Az iteráció során az eredetileg szimulációs eredményként kapott regressziós függvényeket közelítjük az alábbi alakban úgy, hogy a lehető legjobban illeszkedjen az adott függvényhez:

$$y = A \cdot e^{B \cdot x}$$

Ahol „y” a torkolati alapkapaacitás, „x” pedig a körpálya forgalma. Ez a formula az úgynevezett Euler formula, ami jelenleg is használatos a hatályos ÚME-ban.

A következőkben a teljes iterációs folyamat kivonata kerül bemutatásra – mindhárom behaladás típusra. Az általánosan elfogadott **négyzetes eltérés** módszerét használtuk. Ez azért célravezető, mert a nagyobb eltéréseket súlyozza, és a középértéktől való eltérést megfelelően megmutatja.

A „B” érték esetében a legpontosabb érték került beállításra – tízezredes felbontásban, az „A” érték esetében pedig 50-es lépcsőkben vizsgáltuk az alapforgalmakat.

Főág behaladása – iteráció

$$Y_{modell} = -1,8129x + 2730,5$$

$$Y_{cél} = A \cdot e^{Bx}$$

"B" érték keresése						"A" érték keresése					
X	A	B	Y_modell	Y_cél	Négyzetes eltérés	X	A	B	Y_modell	Y_cél	Négyzetes eltérés
100	2730	-0,0008	2 549	2 520	847	100	2750	-0,0009	2 549	2 513	1 289
200	2730	-0,0008	2 368	2 326	1 728	200	2750	-0,0009	2 368	2 297	5 031
300	2730	-0,0008	2 187	2 147	1 532	300	2750	-0,0009	2 187	2 099	7 628
400	2730	-0,0008	2 005	1 982	527	400	2750	-0,0009	2 005	1 919	7 522
500	2730	-0,0008	1 824	1 830	35	500	2750	-0,0009	1 824	1 753	4 980
550	2730	-0,0008	1 733	1 758	616	550	2750	-0,0009	1 733	1 676	3 259
600	2730	-0,0008	1 643	1 689	2 164	600	2750	-0,0009	1 643	1 603	1 616
650	2730	-0,0008	1 552	1 623	5 031	650	2750	-0,0009	1 552	1 532	403
700	2730	-0,0008	1 461	1 559	9 590	700	2750	-0,0009	1 461	1 465	10
750	2730	-0,0008	1 371	1 498	16 239	750	2750	-0,0009	1 371	1 400	862
800	2730	-0,0008	1 280	1 440	25 386	800	2750	-0,0009	1 280	1 339	3 409
900	2730	-0,0008	1 099	1 329	52 874	900	2750	-0,0009	1 099	1 223	15 493
116 567						51 501					
X	A	B	Y_modell	Y_cél	Négyzetes eltérés	X	A	B	Y_modell	Y_cél	Négyzetes eltérés
100	2730	-0,0009	2 549	2 495	2 935	100	2800	-0,0009	2 549	2 559	96
200	2730	-0,0009	2 368	2 280	7 679	200	2800	-0,0009	2 368	2 339	851
300	2730	-0,0009	2 187	2 084	10 528	300	2800	-0,0009	2 187	2 137	2 417
400	2730	-0,0009	2 005	1 905	10 137	400	2800	-0,0009	2 005	1 953	2 688
500	2730	-0,0009	1 824	1 741	6 943	500	2800	-0,0009	1 824	1 785	1 497
550	2730	-0,0009	1 733	1 664	4 799	550	2800	-0,0009	1 733	1 707	708
600	2730	-0,0009	1 643	1 591	2 689	600	2800	-0,0009	1 643	1 632	122
650	2730	-0,0009	1 552	1 521	974	650	2800	-0,0009	1 552	1 560	61
700	2730	-0,0009	1 461	1 454	56	700	2800	-0,0009	1 461	1 491	887
750	2730	-0,0009	1 371	1 390	368	750	2800	-0,0009	1 371	1 426	3 004
800	2730	-0,0009	1 280	1 329	2 367	800	2800	-0,0009	1 280	1 363	6 844
900	2730	-0,0009	1 099	1 214	13 357	900	2800	-0,0009	1 099	1 246	21 525
62 833						40 700					
X	A	B	Y_modell	Y_cél	Négyzetes eltérés	X	A	B	Y_modell	Y_cél	Négyzetes eltérés
100	2730	-0,0010	2 549	2 470	6 242	100	2850	-0,0009	2 549	2 605	3 080
200	2730	-0,0010	2 368	2 235	17 632	200	2850	-0,0009	2 368	2 381	159
300	2730	-0,0010	2 187	2 022	26 960	300	2850	-0,0009	2 187	2 176	121
400	2730	-0,0010	2 005	1 830	30 753	400	2850	-0,0009	2 005	1 988	288
500	2730	-0,0010	1 824	1 656	28 298	500	2850	-0,0009	1 824	1 817	46
550	2730	-0,0010	1 733	1 575	25 069	550	2850	-0,0009	1 733	1 737	15
600	2730	-0,0010	1 643	1 498	20 881	600	2850	-0,0009	1 643	1 661	327
650	2730	-0,0010	1 552	1 425	16 111	650	2850	-0,0009	1 552	1 588	1 270
700	2730	-0,0010	1 461	1 356	11 192	700	2850	-0,0009	1 461	1 518	3 183
750	2730	-0,0010	1 371	1 290	6 604	750	2850	-0,0009	1 371	1 451	6 443
800	2730	-0,0010	1 280	1 227	2 864	800	2850	-0,0009	1 280	1 387	11 463
900	2730	-0,0010	1 099	1 110	122	900	2850	-0,0009	1 099	1 268	28 546
192 729						54 940					

5.1. ábra Iteráció főág behaladása

Mellékág „jobbós” behaladása – iteráció

$$Y_{modell} = 0,0004x^2 - 1,5554x + 1588,6$$

$$Y_{cél} = A \cdot e^{Bx}$$

"B" érték keresése						"A" érték keresése					
X	A	B	Y_modell	Y_cél	Négyzetes eltérés	X	A	B	Y_modell	Y_cél	Négyzetes eltérés
100	1588	-0,0010	1 437	1 437	0	100	1550	-0,0011	1 437	1 389	2 354
200	1588	-0,0010	1 294	1 300	44	200	1550	-0,0011	1 294	1 244	2 462
250	1588	-0,0010	1 225	1 237	144	250	1550	-0,0011	1 225	1 177	2 248
300	1588	-0,0010	1 158	1 176	340	300	1550	-0,0011	1 158	1 114	1 905
350	1588	-0,0010	1 093	1 119	667	350	1550	-0,0011	1 093	1 055	1 483
400	1588	-0,0010	1 030	1 064	1 158	400	1550	-0,0011	1 030	998	1 036
450	1588	-0,0010	970	1 013	1 839	450	1550	-0,0011	970	945	617
500	1588	-0,0010	911	963	2 732	500	1550	-0,0011	911	894	276
600	1588	-0,0010	799	872	5 206	600	1550	-0,0011	799	801	3
700	1588	-0,0010	696	789	8 604	700	1550	-0,0011	696	718	477
800	1588	-0,0010	600	714	12 827	800	1550	-0,0011	600	643	1 818
900	1588	-0,0010	513	646	17 660	900	1550	-0,0011	513	576	3 995
51 221						18 674					
X	A	B	Y_modell	Y_cél	Négyzetes eltérés	X	A	B	Y_modell	Y_cél	Négyzetes eltérés
100	1588	-0,0011	1 437	1 423	210	100	1600	-0,0011	1 437	1 433	14
200	1588	-0,0011	1 294	1 274	366	200	1600	-0,0011	1 294	1 284	90
250	1588	-0,0011	1 225	1 206	344	250	1600	-0,0011	1 225	1 215	89
300	1588	-0,0011	1 158	1 142	267	300	1600	-0,0011	1 158	1 150	59
350	1588	-0,0011	1 093	1 081	160	350	1600	-0,0011	1 093	1 089	20
400	1588	-0,0011	1 030	1 023	59	400	1600	-0,0011	1 030	1 030	0
450	1588	-0,0011	970	968	3	450	1600	-0,0011	970	975	32
500	1588	-0,0011	911	916	28	500	1600	-0,0011	911	923	149
600	1588	-0,0011	799	821	458	600	1600	-0,0011	799	827	762
700	1588	-0,0011	696	735	1 556	700	1600	-0,0011	696	741	2 025
800	1588	-0,0011	600	659	3 410	800	1600	-0,0011	600	664	4 016
900	1588	-0,0011	513	590	5 979	900	1600	-0,0011	513	595	6 688
12 839						13 945					
X	A	B	Y_modell	Y_cél	Négyzetes eltérés	X	A	B	Y_modell	Y_cél	Négyzetes eltérés
100	1588	-0,0012	1 437	1 408	820	100	1650	-0,0011	1 437	1 478	1 686
200	1588	-0,0012	1 294	1 249	1 967	200	1650	-0,0011	1 294	1 324	939
250	1588	-0,0012	1 225	1 176	2 336	250	1650	-0,0011	1 225	1 253	815
300	1588	-0,0012	1 158	1 108	2 507	300	1650	-0,0011	1 158	1 186	798
350	1588	-0,0012	1 093	1 043	2 482	350	1650	-0,0011	1 093	1 123	872
400	1588	-0,0012	1 030	983	2 286	400	1650	-0,0011	1 030	1 063	1 038
450	1588	-0,0012	970	925	1 959	450	1650	-0,0011	970	1 006	1 305
500	1588	-0,0012	911	872	1 551	500	1650	-0,0011	911	952	1 687
600	1588	-0,0012	799	773	697	600	1650	-0,0011	799	853	2 856
700	1588	-0,0012	696	686	105	700	1650	-0,0011	696	764	4 645
800	1588	-0,0012	600	608	60	800	1650	-0,0011	600	684	7 075
900	1588	-0,0012	513	539	704	900	1650	-0,0011	513	613	10 072
17 475						33 787					

5.2. ábra Iteráció mellékág „jobbós” behaladása

Mellékág „egyen-es-balos” behaladása – iteráció

$$Y_{modell} = 0,0003x^2 - 1,204x + 1446,5$$

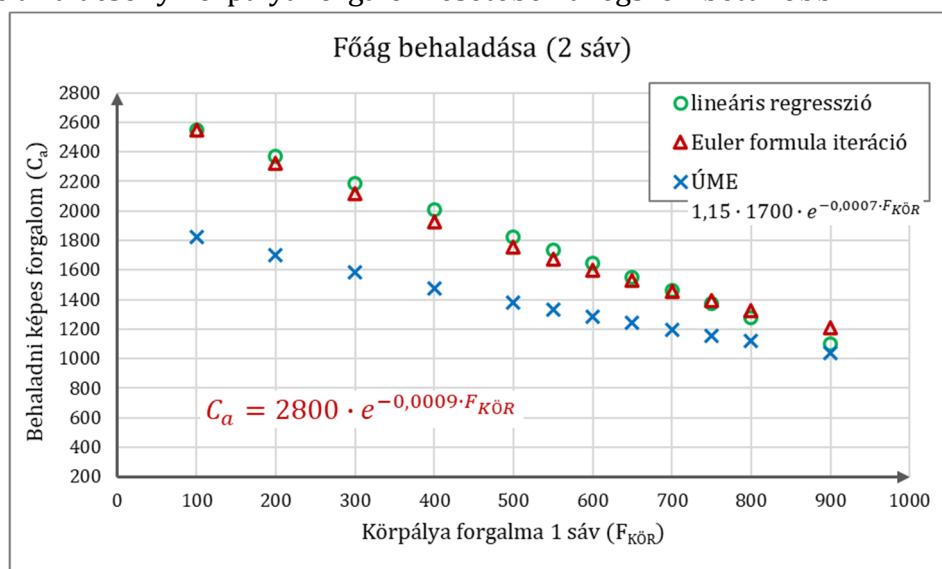
$$Y_{cél} = A \cdot e^{Bx}$$

"B" érték keresése						"A" érték keresése					
X	A	B	Y_modell	Y_cél	Négyzetes eltérés	X	A	B	Y_modell	Y_cél	Négyzetes eltérés
200	1446	-0,0009	1 218	1 208	98	200	1450	-0,0010	1 218	1 187	933
300	1446	-0,0009	1 112	1 104	71	300	1450	-0,0010	1 112	1 074	1 453
400	1446	-0,0009	1 013	1 009	16	400	1450	-0,0010	1 013	972	1 676
500	1446	-0,0009	920	922	6	500	1450	-0,0010	920	879	1 602
600	1446	-0,0009	832	843	111	600	1450	-0,0010	832	796	1 319
700	1446	-0,0009	751	770	377	700	1450	-0,0010	751	720	940
800	1446	-0,0009	675	704	815	800	1450	-0,0010	675	652	565
900	1446	-0,0009	606	643	1 396	900	1450	-0,0010	606	590	268
1000	1446	-0,0009	543	588	2 061	1000	1450	-0,0010	543	533	82
1150	1446	-0,0009	459	514	3 026	1150	1450	-0,0010	459	459	0
1300	1446	-0,0009	388	449	3 659	1300	1450	-0,0010	388	395	47
1450	1446	-0,0009	331	392	3 680	1450	1450	-0,0010	331	340	75
15 318						8 961					
X	A	B	Y_modell	Y_cél	Négyzetes eltérés	X	A	B	Y_modell	Y_cél	Négyzetes eltérés
200	1446	-0,0010	1 218	1 184	1 143	200	1500	-0,0010	1 218	1 228	108
300	1446	-0,0010	1 112	1 071	1 687	300	1500	-0,0010	1 112	1 111	1
400	1446	-0,0010	1 013	969	1 902	400	1500	-0,0010	1 013	1 005	55
500	1446	-0,0010	920	877	1 803	500	1500	-0,0010	920	910	94
600	1446	-0,0010	832	794	1 484	600	1500	-0,0010	832	823	79
700	1446	-0,0010	751	718	1 065	700	1500	-0,0010	751	745	34
800	1446	-0,0010	675	650	654	800	1500	-0,0010	675	674	2
900	1446	-0,0010	606	588	324	900	1500	-0,0010	606	610	16
1000	1446	-0,0010	543	532	111	1000	1500	-0,0010	543	552	87
1150	1446	-0,0010	459	458	1	1150	1500	-0,0010	459	475	266
1300	1446	-0,0010	388	394	33	1300	1500	-0,0010	388	409	420
1450	1446	-0,0010	331	339	60	1450	1500	-0,0010	331	352	416
10 268						1 578					
X	A	B	Y_modell	Y_cél	Négyzetes eltérés	X	A	B	Y_modell	Y_cél	Négyzetes eltérés
200	1446	-0,0011	1 218	1 160	3 278	200	1550	-0,0010	1 218	1 269	2 635
300	1446	-0,0011	1 112	1 040	5 291	300	1550	-0,0010	1 112	1 148	1 294
400	1446	-0,0011	1 013	931	6 662	400	1550	-0,0010	1 013	1 039	681
500	1446	-0,0011	920	834	7 264	500	1550	-0,0010	920	940	425
600	1446	-0,0011	832	747	7 180	600	1550	-0,0010	832	851	344
700	1446	-0,0011	751	670	6 591	700	1550	-0,0010	751	770	361
800	1446	-0,0011	675	600	5 704	800	1550	-0,0010	675	696	448
900	1446	-0,0011	606	537	4 706	900	1550	-0,0010	606	630	590
1000	1446	-0,0011	543	481	3 742	1000	1550	-0,0010	543	570	768
1150	1446	-0,0011	459	408	2 553	1150	1550	-0,0010	459	491	1 033
1300	1446	-0,0011	388	346	1 786	1300	1550	-0,0010	388	422	1 164
1450	1446	-0,0011	331	293	1 447	1450	1550	-0,0010	331	364	1 033
56 204						10 776					

5.3. ábra Iteráció mellékág „egyen-es-balos” behaladása

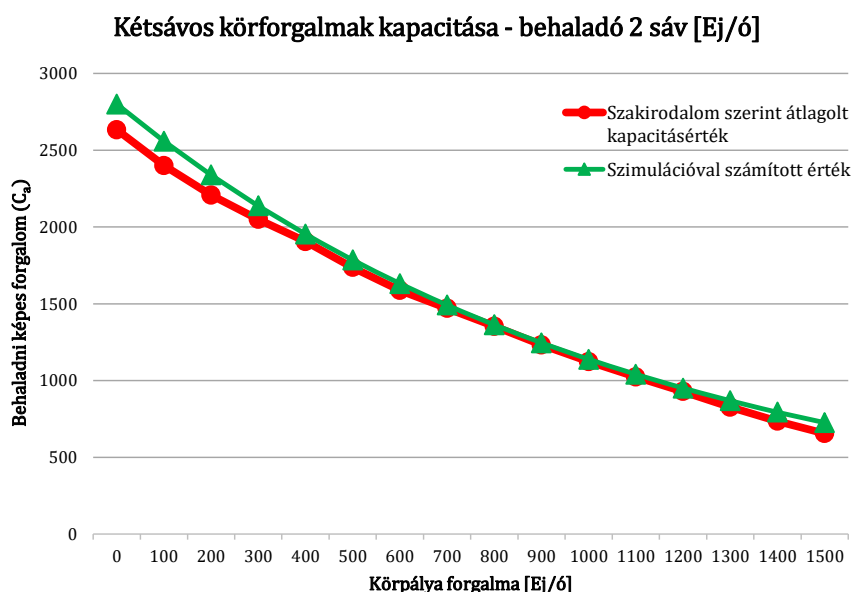
5.2.2. Főág behaladása

Minden egyes típusra összevetésre került az AI feldolgozás adataira támaszkodó VISSIM szimulációs regresszió (zöld körrel jelölt), majd az ÚME jelenlegi előírása (kék kereszt), és a most látott iterációs folyamattal meghatározott eredendő Euler formula függvénye (piros háromszög). Látható, hogy ennél a típusnál a jelenlegi ÚME előírás számottevően alábecsüli a turbókörforgalom főágának torkolati alapkaptását. Mértéke az alacsony körpálya forgalom esetében a legszembetűnőbb.



5.4. ábra Főág behaladása – Euler formula iteráció

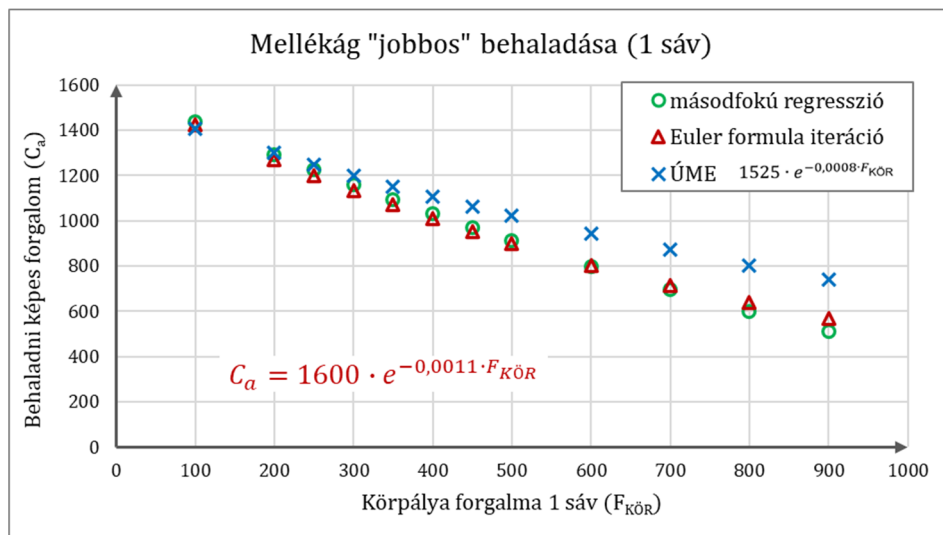
A 2. fejezetben ismertett szakirodalmi kapacitásértékeket összevetve jelen szimuláció eredményeivel elmondható, hogy azok jelentősen megegyeznek egymással (eltérés átlagos értéke kb. 1%...6% között van), némiképp nagyobb eltérés mindössze a forgalomnagyságok szélsőértékeinél van, ami szintén mutatja ezek mindenkor potenciális instabilitását.



5.5. ábra Főág behaladása – kapacitásgörbék összehasonlítása

5.2.3. Mellékág „jobbós” behaladása

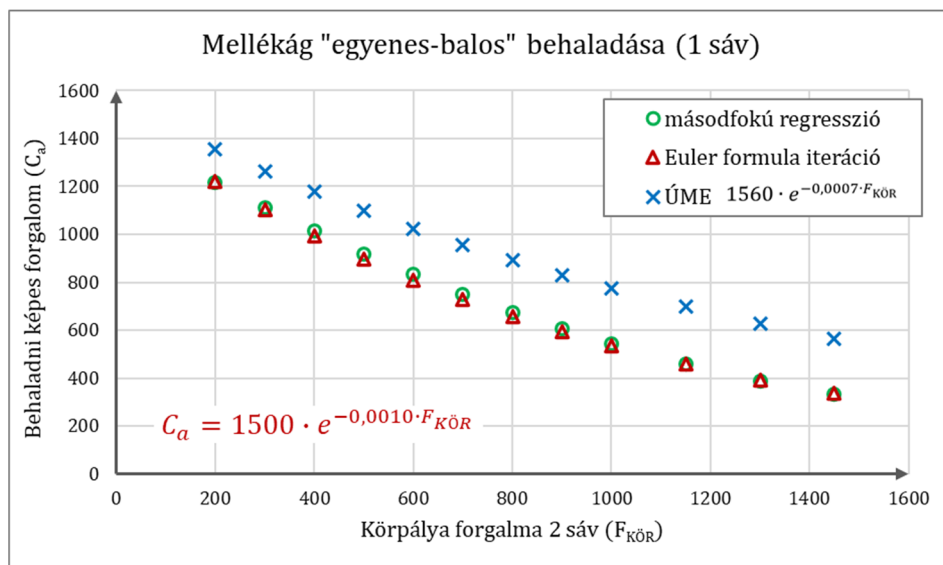
A mellékág „jobbós” behaladása az a típus, ami a **legjobban megközelíti az ÚME előírást**. Ez valószínűsíthetően annak a következménye, hogy ez a típusú behaladás nagyjából megfeleltethető az egysávos körforgalmak behaladásának. Ugyanakkor vizsgálatunk szerint magas főpálya forgalom esetén alacsonyabb torkolati alapkapaacitások adódnak.



5.6. ábra Mellékág „jobbós” behaladása – Euler formula iteráció

5.2.4. Mellékág „egyenes-balos” behaladása

A mellékág „egyenes-balos” behaladás formulája **konstans eltérést mutat a vonatkozó ÚME előírástól**. Lényeges pont, hogy az ÚME szinte végig felülbecsüli a kapacitást az általunk kiszámolt Euler formulához képest.



5.7. ábra Mellékág „egyenes-balos” behaladása – Euler formula iteráció

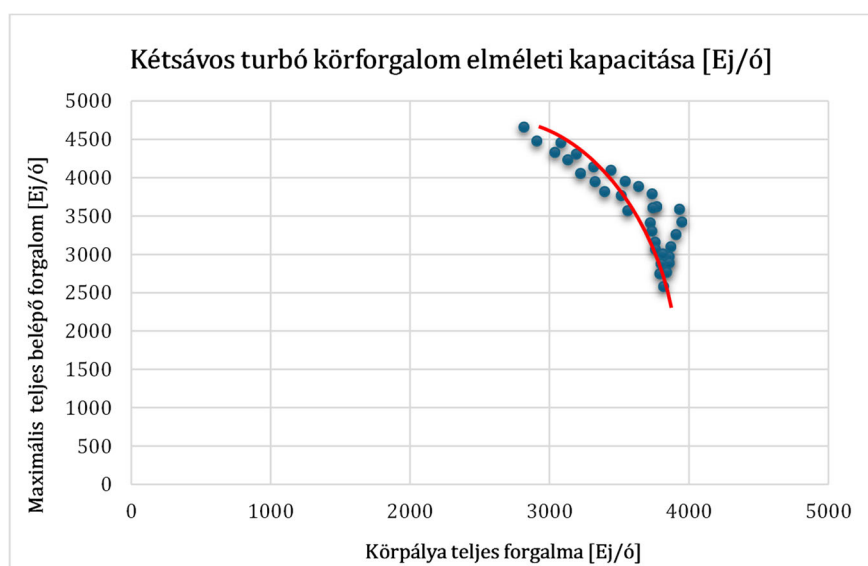
5.3. Turbó körforgalmak teljes kapacitása - kitekintés

A turbó körforgalmak teljes kapacitása akár az egyes ágakban kiszámított értékek összeadásával is lehetséges lenne, de amíg ezek az egyes ágak esetében megbízható adatot adnak, a teljes kapacitást tekintve forgalmi irányok eltérő aránya miatt nem. Elegendő csak arra az esetre gondolni, ha például egy körforgalom minden ágán csak jobbra kanyarodó forgalom jelenne meg, akkor a körforgalom kapacitása akár $\sim 4 \cdot 1500 = 6.000$ Ej/óra is lehetne. Természetesen ez nem életszerű, ezért a teljes kapacitás közelítő meghatározása érdekében az előző pontokban már ismertetett modellt használva, az ágankénti forgalmi irányok változtatásával különböző forgalmi mixek kerültek meghatározásra. Ezek alapján egy kétsávós turbó körforgalom maximális körpályán lebonyolódó fogalma kb 3.500-4.000 Ej/ó értéknél van. Az alábbi ábrán látható, hogy ezen tartománynál a maximálisan belépni tudó forgalom már nagy intervallumon belül alakul (2.500-3.500 Ej/ó értékek között szóródva), instabilitást mutatva.

5.1. táblázat Turbó körforgalom összesített kapacitásértékek

jobbos	egyenest	balos	teljes körpálya [Ej/ó]	teljes bemenő [Ej/ó]
20%	75%	5%	3 328	3 945
25%	70%	5%	3 219	4 053
30%	65%	5%	3 131	4 231
35%	60%	5%	3 036	4 327
40%	55%	5%	2 907	4 477
45%	50%	5%	2 816	4 658
20%	65%	15%	3 641	3 884
25%	60%	15%	3 543	3 952
30%	55%	15%	3 444	4 096
35%	50%	15%	3 319	4 141
40%	45%	15%	3 195	4 305
45%	40%	15%	3 085	4 454
5%	90%	5%	3 562	3 568
5%	85%	10%	3 767	3 619
5%	80%	15%	3 935	3 589
5%	75%	20%	3 947	3 420
5%	70%	25%	3 905	3 257

jobbos	egyenest	balos	teljes körpálya [Ej/ó]	teljes bemenő [Ej/ó]
5%	65%	30%	3 868	3 099
5%	60%	35%	3 863	2 970
5%	55%	40%	3 863	2 888
5%	50%	45%	3 844	2 765
15%	80%	5%	3 396	3 816
15%	75%	10%	3 517	3 767
15%	70%	15%	3 737	3 786
15%	65%	20%	3 741	3 606
15%	60%	25%	3 723	3 408
15%	55%	30%	3 738	3 301
15%	50%	35%	3 760	3 157
15%	45%	40%	3 758	3 066
15%	40%	45%	3 816	3 004
15%	35%	50%	3 801	2 877
15%	30%	55%	3 791	2 747
15%	20%	65%	3 820	2 580



5.8. ábra Turbó körforgalom elméleti maximális kapacitása

6. Összefoglalás, ÚME módosítási javaslat

Nyolc vizsgált körforgalomra,

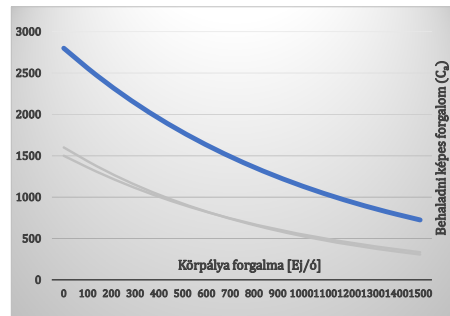
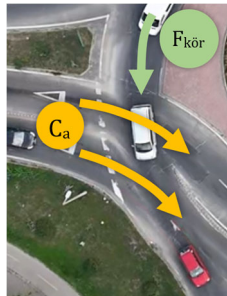
több mint 100 mikroszimulációs futtatásra,

több mint 10.000 járműmozgás AI feldolgozására támaszkodva

javasoljuk, hogy a klasszikus turbó körforgalmak torkolati alapkapa­citására vonatkozóan (ÚME szerinti F4. alapváltozat) a fentebb ismertetett új Euler formulák kerüljenek beiktatásra – mivel ezek a magyarországi turbókörforgalmak széles körű vizsgálatainak eredményeképpen álltak elő.

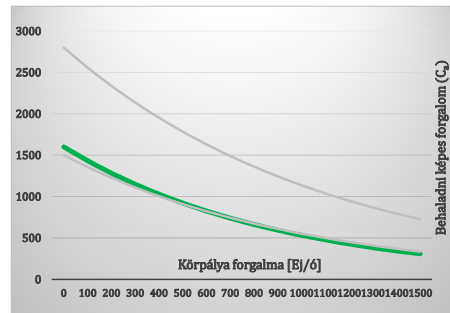
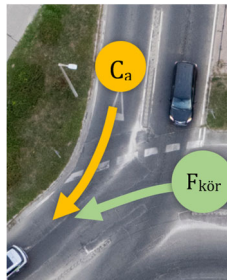
Főág behaladása (2 behaladó sáv | 1 keresztező sáv)

$$C_a = 2800 \cdot e^{-0,0009 \cdot F_{KÖR}}$$



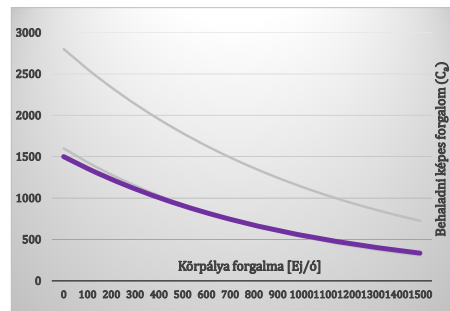
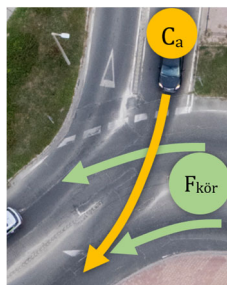
Mellékág „jobbos” behaladása (1 behaladó sáv | 1 keresztező sáv)

$$C_a = 1600 \cdot e^{-0,0011 \cdot F_{KÖR}}$$



Mellékág „egyenes-balos” behaladása (1 behaladó sáv | 2 keresztező sáv)

$$C_a = 1500 \cdot e^{-0,0010 \cdot F_{KÖR}}$$



7. Irodalomjegyzék

- [1] e-UT 03.03.11:2022 Körforgalmak tervezése – Útügyi Műszaki Előírás
- [2] Pro Urbe Kft. - Vilati-SBH. Kft. - Magyar Közút Kht.: A forgalomlefolyás hazai paramétereinek pontos megismerése, mérése, adaptálása és felhasználása a közlekedési eszközök és hálózatok kapacitásának jobb kihasználása érdekében (GVOP-3.1.1.-2004-05-0477/3.0),
<https://portal.maut.hu/dokument/akademiak/7/1.pdf>
- [3] U.S. Department of Transportation: Roundabouts: an informational guide
<https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/00067/00067.pdf>
- [4] Andrea Kocianova: THE CAPACITY LIMITS OF ROUNDABOUTS
https://www.researchgate.net/publication/358599144_The_Capacity_Limits_of_Roundabouts
- [5] Austroads: Guide to Traffic Management Part 3: Transport Study and Analysis Methods,
https://austroads.gov.au/publications/traffic-management/agtm03/media/AGTM03-20_Part_3_Transport_Study_and_Analysis_Methods.pdf
- [6] Elżbieta MACIOSZEK1, Agata KUREK2: A CASE STUDY ANALYSIS OF ROUNDABOUTS ENTRY CAPACITY LOCALISED ON ONE OF THE MAIN ROAD IN SOSNOWIEC CITY (POLAND), <https://scispace.com/pdf/a-case-study-analysis-of-roundabouts-entry-capacity-3fc3d5uwum.pdf>
- [7] Joe G. Bared: Simulated Capacity of Roundabouts and Impact of Roundabout Within a Progressed Signalized Road
https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/circulars/ec083/59_Baredpaper.pdf
- [8] Wiedemann's CF model 1974
https://www.researchgate.net/figure/Wiedemanns-CF-model-Source-Wiedemann-1974_fig1_267695351
- [9] The application of HCM 2010 in the determination of capacity of traffic lanes at turbo roundabout entries
https://www.researchgate.net/publication/308830215_The_application_of_HCM_2010_in_the_determination_of_capacity_of_traffic_lanes_at_turbo_roundabout_entries
- [10] ETH Zürich, Eidgenössische Technische Hochschule Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) Leistungsfähigkeit zweistreifiger Kreisel és SNZ Ingenieure und Planer: Leistungsfähigkeit zweistreifiger Kreisel ide vonatkozó 1.2.2 fejezete (FGSV, Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen HBS, Köln, 2001)
https://archiv.ivt.ethz.ch/iv/research/2str_kreisel/vss2005301.pdf

A sorozat keretében eddig megjelent kiadványok

2017.

1.	NÉMETH András, MILÁVECZ Richárd	Iparban használatos vízminőségek
2.	DR. SZILÁGYI Zsombor, DR. SZUNYOG István	Mérések a gáziparban
3.	DR. BARNÁ Lajos, EÖRDÖGHNÉ DR. MIKLÓS Mária, DR. SZÁNTÓ Zoltán, DR. BALLA József	A biztonságos ivóvízellátás megteremtésének tervezési eszközei
4.	BORBÁS Lajos Dr.	Felépítés elvű (additív) gyártástechnológiák a gépészetben
5.	BERENCSE Miklós, BEREZKY Ákos, HORVÁTH László, KOVÁCS Gergely, MIHÁLFY Krisztina	Kerékpárosbarát közlekedéstervezés
6.	TÜDŐS Tibor, DR. VARGA György, DR. PETRI Kornél, GÁBOR András	A csillagpontkezelés legújabb külföldi és hazai eredményei (Útmutató és tervezési segédlet)
7.	DR. GARBAI László, DR. JASPER Andor, VÁRADI András	Fűtési és használati melegvíz-igények kockázati elvű méretezése példákkal
8.	KÁDI Ottó, DOHÁNY Máté, JÓZSA Bálint, LÁSZLÓ Csaba Tibor, JAKKEL Ottó	A közúti vasutak (villamos) tervezésével kapcsolatos kézikönyv

2018.

9.	BLAZSOVSZKY László	A gázfogyasztó készülékek égéstermék elvezetésével kapcsolatos szabályozások hiányosságai és ellentmondásai
10.	CSORDÁS Szilveszter, FORGÁCS Lajos Dr., PÓLYA Endre ifj., RÉV Zoltán, UDVARDY Péter	Orvostechnológiai továbbképzés ismeretanyaga
11.	NÁDASDY Tamás, EGYHÁZY Zita, KOVÁCS Ákos Sándor, SZÉCSŐ Dániel Géza	A közúti biztonsági audit (KBA) jelentések elkészítésének alkalmazási segédlete – A közúti infrastruktúra közlekedésbiztonsági kezeléséről szóló jogszabályhoz és ütiügyi műszaki előíráshoz kapcsolódó értelmezési, kidolgozási és elfogadtatási javaslatrendszer
12.	DR. SZILÁGYI Zsombor, HORÁNSZKY Beáta	Földgáz kereskedelem (mérnöki segédlet)
13.	DR. SZILÁGYI Zsombor	Az energiahordozók jövője – kőolaj, földgáz, megújulók
14.	S. VÍGH Judit, DOHÁNY Máté	Magános közlekedők baleseti súlyosságának csökkentése mobil applikáció segítségével
15.	DR. BALIKÓ Sándor, DR. CSÜRÖK Tibor, NOVÁK Dániel, ORBÁN Tibor, DR. ZSEBIK Albin	Ötletlapok I. – Energiahatékonyság növelő ötletek egyszerű energetikai és gazdasági számításai
16.	DARABOS Zoltán, KOLTAI Henrik, SZABÓ Tamás, SZÁSZ Béla, VAJDA Sándor	Felvonók felújítása és átalakítása – Műszaki segédlet
17.	TÜDŐS Tibor, KRUPPA Attila	Alapozásföldelők új tervezési elvei és kivitelezési módszerei – Tervezési segédlet és kivitelezési útmutató
18.	FENYVESI Zsolt	Tűzvédelmi tervek tartalmi szabályainak átdolgozása

19.	GÁBORI László Dr., BEINSCHRÓTH József Dr., NÓGRÁDI Gábor, RÁTKAY Tamás	Nagyméretű informatikai beruházásoknál (fejlesztéseknél) ajánlott szoftveroldali tervdokumentációk tartalmi elemeinek meghatározása (I. – II. kötet)
20.	DR. DIVÓS Ferenc	Az élő fák stabilitása – mérnöki megközelítés – Élő fák, mint teherhordó faszerkezetek
21.	DR. KARÁCSONYI Zsolt	Faanyagok tartós szilárdsága
22.	BARNA Lajos Dr., ERDEI István, JASPER Andor Dr., TAKÁCS Gyula	Segédlet épületek csatorna-berendezéseinek tervezéséhez
23.	ANTÓK Péter István, FÜZÉR Ferenc, SÁRKÖZI András	Fényvezető kábelszakaszok műszaki-minőségi ajánlás gyűjteménye
24.	JANCSÓ Béla, DR. KULCSÁR Alexandra, NÉMETH Gábor, DR. VÍMI Zoltán, DÉRI Lajos, SZIMANDEL Dezső	Vízjogi engedélyezési eljárással kapcsolatos dokumentációk és engedélyeztetéssel kapcsolatos követelmények a 2018.01.01-én hatályba lépett 41/2017. (XII.29.) BM rendelet alapján
25.	DR. TAKÁCS Bence, DR. SIKI Zoltán, DR. ÉGETŐ Csaba, BÉNYI László	Mérnökgeodéziában alkalmazott alapponthálózatok – A jó gyakorlat bemutatása mintapéldákkal
26.	DR. MÓCZÁR Balázs, LAUFER Imre, TÓTH Gergő, WOLF Ákos	Korszerű támszerkezetek tervezése
27.	HALÁSZ Györgyné Dr., CSERVENYÁK Gábor, TUCZAI Attila, VIRÁG Zoltán	Különböző funkciójú épületek klimatechnikája II.
28.	KÁDI Ottó, JÓZSA Bálint	Kerékpáros balesetek létesítmények szerinti vizsgálata
29.	GARBAI László Dr., JASPER Andor Dr., PELLER József Bendegúz	Hőteljesítménymérési tényező alkalmazása távhőrendszerek optimális szabályozásának modelljében
30.	GARBAI László Dr., SÁNTA Róber Dr., JASPER Andor Dr.	A kompresszoros hőszivattyúk optimalizálása – Tervezés és üzemeltetés
31.	LADÁNYI Gábor Dr.	Diagnosztika a karbantartásban
32.	MÉSZÁROS János, MOLNÁR Tibor, RITZL András	KIÜRÍTÉSI ÉS MENEKÜLÉSI ÚTVONALBA ÉPÍTETT AJTÓK tervezési segédlet (2018)

2019.

33.	BLAZSOVSZKY László	Földgáz elosztóvezetékek üzemeltetése
34.	DR. SZILÁGYI Zsombor	A megújuló energiahordozók jövője Magyarországon
35.	FORGÁCS Lajos Dr., HAIDEGGER Tamás Dr., PÓLYA Endre ifj.	Új fejlesztések, innovatív megoldások az orvostechnológia terén
36.	VARRÓ Beáta, DR. KIS András	Magyarországon előforduló, épületekbe beépített faanyagokat károsító gombák vizsgálata és azonosítása DNS diagnosztikával
37.	MANNINGER Marcell, SZEPESHÁZI Attila, SCHEURING Ferenc, MOLNÁR György	Munkatér határoló szerkezetek
38.	KORSÓS András, RÁDULY Zsolt	A közterületi és belterületi térfigyelő kamerarendszerek tervezési irányelvei
39.	GERGELY Edit, DR. BEZEGH András	Módszertani útmutató az üvegházhatású gázok közvetlen és közvetett kibocsátásának számítására

- | | | |
|-----|---|---|
| 40. | DR. BEZEGH András, BITE Pálné Dr.,
GERGELY Edit | Városi környezetvédelem (Fenntartható és okos városok) |
| 41. | GÓDOR Balázs, DR. KÁSA László,
SZÉKELY Bence | Híddaruk méretezési segédlete (2019.) |
| 42. | FÜRJES Andor Tamás, KOTSCHY
András, NAGY Attila Balázs, CSOTT
Róbert | Teremakusztikai méretezés gyakran előforduló
szituációkban |
| 43. | DR. KARÁCSONYI Zsolt | Faanyagok tartós szilárdsága
Faanyagok szilárdságának változása az idő függvényében |
| 44. | DR. BALIKÓ Sándor, ORBÁN Tibor,
VARGA Péter, DR. ZSEBIK Albin | Ötletlapok II. – Energiahatékonyság növelő ötletek
egyszerű energetikai és gazdasági számításai |
| 45. | PRIMUSZ Péter, PhD. | Hajlékony útpályaszerkezetek méretezése
talajstabilizációk figyelembevételével |
| 46. | NÉMETH Balázs, HÁMORI Sándor,
KOSTYÁK Attila, VÍGH Gellért | Különböző funkciójú épületek klímatechnikája III.
Segédlet ipari épületek lég- és klímatechnikai
rendszeinek tervezése |
| 47. | JANCSÓ Béla, KAVECZKI Gergely,
KÓCZÁN Gábor, LABORCZI Tamás,
KNOLMÁR Marcell, RAUM László | Csapadékvízgazdálkodás tervezési követelményei
Hogyan tervezzünk városi csapadékelvezető rendszereket |
| 48. | DOHÁNY Máté, SCHVANNER
Norbert | Kerékpárosok sebességének felülvizsgálata jelzőlámpás
csomópontokban |
| 49. | JÓZSA Bálint, S. VÍGH Judit | Sebességcsökkentés hatásainak vizsgálata gyorsforgalmi
utakon |
| 50. | DR. ZSEBIK Albin, NOVÁK Dániel | Projektlapok I. – Energiahatékonyság növelő javaslatok
projektlapjai |
| 51. | DR. MÓGA István | Beruházási projektek szabályozási és szabvány
környezete, Tervezési követelmények meghatározása |
| 52. | DR. GÁBORI László, DR.
BEINSCHRÓTH József, NÓGRÁDI
Gábor, RÁTKAY Tamás | Informatikai Tervező szakmai minősítő rendszere
(Informatikai szakmai terület illesztése a Mérnök Kamarai
működési rendbe és rendszerekbe)
I. kötet: Konceptió és modell
II. kötet: Modell illesztése
III. kötet: Tudástár |
| 53. | VIRÁG Zoltán, GYURKOVICS Zoltán,
SZAKÁL Szilárd, VIRÁG Zsolt, ORCSI
Attila | Országos Tűzvédelmi Szabályzat épületgépész értelmezése
a szakmai gyakorlatban
Segédlet a gyakorló épületgépész mérnökök számára I. |

2020.

- | | | |
|-----|-------------------------------|--|
| 54. | DR. KISS Jenő, CSERMELY Gábor | JAVASLAT az egyszerű bejelentésű lakóépület
megvalósításának – tervezés építés – módszerére |
|-----|-------------------------------|--|

- | | | |
|-----|---|---|
| 55. | DR. SZILÁGYI Zsombor | A hidrogén a környezetbarát energiahordozó, Hidrogén az energetikában |
| 56. | VARGA Tamás, DR. SZEDENIK Norbert, DR. KOVÁCS Károly, KRUPPA Attila, KULCSÁR Lajos, KAPITOR György, TURI Ádám | A nem norma szerinti villámvédelem egységes műszaki követelményrendszerének kialakítása és javaslat a teljes villámvédelmi szabályrendszer jövőbeli egységesítésére |
| 57. | KÁDI Ottó | A gyalogosközlekedés közúti keresztezései |
| 58. | MOLNÁR Szabolcs | „Hulladékból konnektorba” A települési szilárd hulladék energetikai hasznosításának lehetőségei |
| 59. | VÁRDAI Attila | Segédlet szabadidős létesítmények tartószerkezeti tervezéséhez |
| 60. | DR. BEJÓ László | Szénlábnyom-elemzés készítése a faiparban |
| 61. | JANCSÓ Béla, NÉMETH Gábor, SZIMANDEL Dezső | Szakmai útmutató vízállésművelő tervezők számára a 2020 január 1-én hatályba lépett „VIZEK keretrendszer” használatához |
| 62. | FELLEGI Zsóka, KARAFI Balázs, KOCH Edina, KOVÁCS Gábor, MURINKÓ Gergő, TÓTH Gergely József | Munkagödrök és földművek víztelenítése |
| 63. | HOLÉCZY Ernő, OLÁH Róbert, DR. SIKI Zoltán, DR. TAKÁCS Bence, DR. TÓTH Zoltán, VARGA Tibor | Módszertani útmutató az elavult ingatlan-nyilvántartási térképek korszerű technológiákkal végzett felújításához |
| 64. | DR. GÁBORI László, DR. MOLNÁR Bálint, NÓGRÁDI Gábor, RÁTKAY Tamás | Az Informatikai Tervező tervezési segédlete |
| 65. | NÁDASDY Tamás, TOMASCHEK Tamás, PALÁSTY István, SZECSŐ Dániel Géza | Dinamikus forgalomirányítás tervezői segédlete gyorsforgalmi úthálózat esetén |
| 66. | LENGYEL István | Szakmai útmutató szolgalmi jogok alapításához (mérnöki segédlet) |
| 67. | NÉMETH Balázs, SZLOVÁK Krisztián, VÍGH Gellért | Épületgépészeti tervezéshez praktikus, gyakorlati adatbázis |
| 68. | FÜRJES Andor Tamás, BORSINÉ Arató Éva, NAGY Attila Balázs, ILLYÉS László, BORSI Gergely | Teremakusztikai méretezés gyakran előforduló szituációkban (példatár) |
| 69. | DR. BORBÁS Lajos, GONDA Zoltán | Optikai feszültségvizsgálat – Kísérleti eljárás a konstrukció fejlesztésére, szerkezetek anyagfelhasználásának és teherviselésének optimalizálására |

2021.

- | | | |
|-----|---|---|
| 70. | BLAZSOVSZKY László | A gázipar és a kéményseprő-ipar határterületeinek szabályozási anomáliái a szakmagyakorlók és a felhasználók szemszögéből |
| 71. | FORGÁCS Lajos Dr., NAGY Gábor, RÉV Zoltán | Kórháztervezés új szempontjai a 21. században - Korszerű kórházak infrastrukturális egységei |
| 72. | HOLÉCZY Ernő, KISS Albert Miklós, KOVÁCS István, Dr. TAKÁCS Bence Géza, Dr. TÓTH Zoltán | M.2.-2021. Mérnökgeodéziai tervezési segédlet |
| 73. | Dr. BEJÓ László | Az ipar 4.0 alkalmazási lehetőségei a faipar területén |

- | | | |
|-----|---|--|
| 74. | BORBÉLY Dániel, HUDACSEK Péter, KARNER Balázs, KOVÁCS László, SÁNDOR Csaba | Monitoring, a geotechnikai kockázatkezelés eszköze |
| 75. | FELFÖLDI Krisztina, JÁMBOR András, TÓTH Sándor, BÜKI Gábor, GÓDOR Balázs | Emelőgépek időszakos vizsgálatának eljárásrendje |
| 76. | GYURKOVICS Zoltán, RÉBAY Lajos, NAGY Bernát | Szakmai útmutató az épületgépész felelős műszaki vezetők és műszaki ellenőrök számára |
| 77. | Dr. ZSEBIK Albin, NOVÁK Dániel, PAPP Ábrahám | Hulladék hő hasznosítás - hűtés és fűtés összekapcsolása
Segédlet az elemzéshez és gyakorlati példák bemutatása |
| 78. | CZINE Ferenc, HIRKÓ György | Elektromos meghajtású mikromobilitási eszközök -
Jellemző paraméterek |
| 79. | KALMÁR Tamás, dr. LÁNYI Péter, HÓZ Erzsébet | Kerékpárút hálózatok vizsgálata a fejlesztések és
úthasználók tapasztalatai alapján |
| 80. | VARGA Tamás, FARKAS Péter János, Dr. TOKODY Dániel, ZSARNOVSZKI Attila, MÉSZÁROS Tamás, VERESS Árpád | Építményvillamossági tervezés robbanásveszélyes
környezetben |
| 81. | Dr. VONA Márton, Dr. BALATONYI László, TÉCSŐY István | Dombvidéki víz visszatartás, kisvízfolyások szabályozása
természet közeli megoldásokkal
Kisléptékű vízvisszatartás, kistelepülés-léptékű
vízmeztartó megoldások |
| 82. | ZANATHY Valéria, BUZÁS Györgyi, TÓTH László | Acélszerkezetek korrózió elleni védelme – Acélszerkezetek
korrózió elleni védelmére vonatkozó szabványok,
előírások, szakmai tapasztalatok összefoglalása |
| 83. | JÓZSA Bálint, DOHÁNY Máté | DDI avagy a fordított gyémánt csomópontok vizsgálata és
magyarországi alkalmazhatósága |
| 84. | SZÉPSZÓ Gabriella, ALLAGA-ZSEBEHÁZI Gabriella, LAKATOS Mónika, SZENTES Olivér, TAKSZ Lilla, SELMECZI János Pál, Dr. CZIRA Tamás, CSÓKA Gergely, BAKA György | Éghajlatvédelmi vizsgálatok módszertana és az azt
megalapozó adatbázisok alkalmazása |
| 85. | ZSIGMONDI András, MARIÁN Gábor, WÉBER László | A műszaki egyenértékűség és helyettesítő termék
egyenértékűségének megállapítási módjai |
| 86. | NAGY János, HORVÁTH Rita, KAPITOR György, MERTLI Ferenc, PAPP Ábrahám, SITKU György, Dr. ZSEBIK Albin | Világítástechnika - segédlet az EKR dokumentáció
készítéséhez – Alapismeretek és mintapéldák |
| 87. | CSENDES János, VELLER Tamás | Épületautomatika – Összefüggésben az
Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszerrel |

2022.

- | | | |
|-----|--|---|
| 88. | FÖLDI László József Dr., BERENCSI Bence | Ipari gépek CE jelölése és biztonsága az EU-s és hazai
szabályozás tükrében |
| 89. | SZILÁGYI Zsombor Dr., VADÁSZI Marianna Dr. | Irányelv új földgáz- és villamos energia szerződéskötéshez |
| 90. | MÓCZÁR Balázs Dr., CSORBA Gábor, GRITSCH Ákos, KRISTON Gábor, MIHUCZ Tibor, SZENDEFY János Dr., SZILÁGYI Katalin | Segédlet ipari padlók geotechnikai és statikai tervezéséhez,
kivitelezéséhez |

91.	FELFÖLDI Krisztina, GÓDOR Balázs, NAGY Pál, RADVÁNYI G. Levente	G-D-36 Tanúsítvány kiadásához kompetencia-követelmények kidolgozása
92.	BUZÁS Zoltán, KÁLMÁN Miklós, BÖLSEI Tamás, LUKÁCS Tamás	A tervdokumentációk tartalmi és formai követelményeinek átdolgozása, különös tekintettel a Hír-Közmű bevezetésére. A Tervezés, Engedélyezés, Kivitelezés segédlet módosítása (92./1-2-3.)
93.	SIKI Zoltán Dr., CSEMNICZKY László, HOLÉCZYNE KAJTÁR Dóra, LEHOCZKY Máté, RÉPÁS Zoltán, TÓTH István	Szakmai útmutató digitális tervezési alaptérképek készítéséhez. A minőségi mérnöki munka segítése, a jó gyakorlat bemutatása, javaslat a térképek rétegszerkezetére és az alkalmazandó jelkulcsokra
94.	CSERMELY Gábor, TÓTH Péter	Szakmai útmutató a magasépítési kivitelezési munkák minőségellenőrzésére
95.	MARIÁN Gábor, ZSIGMONDI András	Az építési beruházások műszaki átadás-átvételi eljárása – Szakmai ajánlás az építési beruházások műszaki átadás-átvételi eljárására
96.	BARNA Sándor, MOLNÁR Tibor Dr.	Segédlet az AERMOD view szoftver használatához a légszennyező anyagok terjedési modellezéséhez
97.	BAKA György	A talajnak, mint természeti erőforrásnak a védelme a beruházások megvalósítása során
98.	BLAZSOVSZKY László	A gázipari szakmagyakorlók megváltozott felelőssége, hatásköre és a mindennapok gyakorlatának anomáliái a megváltozott jogszabályi környezetben
99.	FÜRJES Andor Tamás	Elektroakusztika elméleti és gyakorlati áttekintés
100.	RÁCZ Tibor, KUN Csaba, BALATONYI László Dr.	ITVT Integrált Települési Vízgazdálkodási Terv tervezési segédlet

2023.

101.	SZILÁGYI Zsombor Dr.,	Az energiahordozók jövője
102.	BLAZSOVSZKY László	Szakmai útmutató felhasználási helyek gázellátását biztosító elosztóvezeték leágazásának létesítéséhez
103.	ÁKOSHEGYI György Dr., BORBÉLY Tibor, DIÓS András, EÖRDÖGH Zsolt	Medencés fürdők vízgépészeti tereinek tervezési szempontjai
104.	KISS Jenő dr., METZING Ferenc dr., CSERMELY Gábor, dr. HEGYI Dezső, KÖNCZÖL Gyula, DEZSŐ Zsigmond	Szakmai Útmutató az épületek, épületszerkezetek bontásához
105.	MÓGA István Dr.	Atomerőművi alapok
106.	BAK Edina, FEJES Gábor, HONTI Imre, HUDACSEK Péter, SCHELL Péter	Talajmechanikai laboratóriumi vizsgálatok, azok megtervezése és eredményeinek felhasználása a geotechnikai tervezői gyakorlatban
107.	EGRI Sándor, BUZÁS Zoltán	AutoCAD alapon készített tervdokumentációkból EHO szerinti XML fájl készítése (objektumsablon készítése)
108.	BONDOR Gabriella, CSORDÁS Szilveszter, KANOSIK Ilona, PÓLYA Endre, VARJÚ József	Szakmai ismeretek a jogosultsági vizsgára
109.	KAKUK Ilona	Az Informatikai Tervező Szakmai Útmutatója (109./1-2-3.)
110.	GIORIS Nikolaos, MENYHÁRT István Zsolt, OLÁH Róbert, TAKÁCS Bence dr., VASS Imre	Digitális mellékletek készítése az M.2 (2021.) mérnökgeodéziai tervezési segédlethez

- | | | |
|------|---|---|
| 111. | ZSIDAI László Dr., SARANKÓ Ádám Dr., SZABÓ Péter | Az additív technológiák terméktervezési és technológiai sajátosságai |
| 112. | REINIGER Róbert, BARNÁ Sándor, BITE PÁLNÉ DR. PÁLFFY Mária, MIHICS Dalma, PINTÉR István | A Li-ion alapú akkumulátor, illetve akkumulátor részegység gyártás környezetvédelmi hatásági engedélyezésének környezetvédelmi alapkövetelményei - Szakmai segédlet környezetvédelmi szakértők, illetve hatásági eljárási szereplők részére |
| 113. | TOKODY Dániel Dr., SCHOTTNER Károly, HADDAD Richárd, ADY László, ÁGOSTON Gergő, DRABIK Gergő, HAN Xiaoping, CSAPÓ Dániel, SZÚCS Marcell, FELHŐS Dávid Dr. | Napelemes rendszerekkel együttműködő energiatárolók létesítése |
| 114. | GYIMESI András Dr., BOHÁCS Gábor Dr., SÜLLE Miklós, GÓDOR Balázs | Építőgépezés mesteriskola tantárgyi felépítés és a hozzá kapcsolódó tematika kidolgozása |
| 115. | BOROS János | Az atomerőművi rendszerek és rendszerelemek tervezésénél figyelembe vett elvek összefoglalása |