



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedéstechnológiai és Közlekedésgazdasági Tanszék

DIPLOMATERV

**Kis és közepes városi autóbusz-hálózat értékelő
módszer kidolgozása a járatsűrűség és a rágyaloglás
összefüggéseinek vizsgálatával**

Készítette:

Bálint-Szedmák Mátyás

2022

Tartalom

Tartalom.....	1
Köszönetnyilvánítás.....	3
1. Bevezetés	4
2. A téma aktualitása, lehatárolások.....	5
3. Irodalomkutatás.....	8
3.1. Fogalommeghatározás.....	8
3.2. Trendek, általános jellemzők	9
3.2.1. Szolgáltatástervezési alapok	10
3.2.2. Viszonylathálózati topológiák	14
3.2.3. BRT-rendszerek	15
4. Helyzetelemzés	17
5. A szolgáltatástervezési értékelő módszer.....	22
5.1. Körzet kiszolgálásának vizsgálata.....	25
5.1.1. Megállóhely megközelítésének időszükséglete	27
5.1.2. Megállóhelyi várakozási idő	28
5.1.3. Járművön eltöltött idő	29
5.1.4. Átszállások időszükséglete és vesztesége	29
5.1.5. Megállóhelyről a célpontra való megérkezés időszükséglete	30
5.2. Az utazások heterogenitásának figyelembevétele.....	30
5.2.1. Utazói csoportok meghatározása	31
5.2.2. Utazási motivációk meghatározása.....	33
5.3. A körzet kiszolgálásának többrelációs vizsgálata	34
5.3.1. Célponti körzetek meghatározásával	34
5.3.2. Keresleti megoszlás meghatározásával.....	38
5.3.3. A körzetek eltérő fontosságának figyelembevétele	38
5.4. Kiszolgálás többkörzetes vizsgálata.....	40
5.5. A hálózatot jellemző további minősítő paraméterek.....	42
6. Alkalmazás.....	43
6.1. Az alkalmazás során általánosan alkalmazott értékek	43

6.2.	Relációs vizsgálat.....	44
6.2.1.	1. reláció: Szombathely (Váci Mihály utca – Fő tér)	44
6.2.2.	2. reláció: Zanat (keleti kertváros) – Helyközi autóbusz-állomás.....	48
6.3.	Hálózat értékelése célponti körzetek alapján.....	51
6.3.1.	1. eset (közvetlen kapcsolatok)	53
6.3.2.	2. eset (nagyobb járatsűrűség, átszállásos kapcsolatok).....	54
6.4.	Többkörzetes vizsgálat	58
6.4.1.	A vizsgálatához használt adatok	58
6.4.2.	A helyváltoztatási lánc időszükségleteinek vizsgálata.....	61
6.4.3.	Üzemeltetési költségek figyelembevétele	64
7.	Konklúzió	66
8.	Felhasznált irodalom	68
	Doktori disszertáció	68
	Folyóirat	68
	Kormányzati és egyéb igazgatási szervek	71
	Kutatási jelentések	71
	Elektronikus dokumentumok	71
	Előadás	71
	Egyéb források	71
9.	Ábrajegyzék.....	73
10.	Táblázatok jegyzéke	74

Köszönetnyilvánítás

Szeretnék hálát adni a Jóistennek, hogy megadta a kegyelmet a dolgozat megírásához.

Segítő munkájukért szeretnék köszönetet mondani konzulenseimnek, Dr. Földes Dávidnak, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedéstechnológiai és Közlekedésgazdasági Tanszékének tudományos munkatársának, és Dr. Munkácsy Andrásnak a Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. Közlekedésmenedzsment Osztálya tudományos főmunkatársának.

Hálával tartozom Feleségemnek, Virágnak és Családomnak, akik végig mellettem álltak a dolgozat készítése folyamán, motiváltak és bíztak bennem.

1. Bevezetés

Napjaink közlekedését számos tényező befolyásolja. Az életviteli szokások jelentős változása figyelhető meg, ami az utazási szokásjellemzők, így a mobilitási struktúra átalakulását is maga után vonja. Az igények és a kínálat összehangolása számos esetben a hagyományos módszereket alkalmazva kevésbé hatékony társadalmi és gazdasági vonatkozásban, így újszerű, innovatív megoldások vizsgálata szükséges.

A hagyományos városi autóbusz-hálózat a 100 ezer főnél kisebb népességű városokban egyre inkább marginális szerepet tud betölteni a város közlekedésében, így a hálózat gyakran nem tekinthető az egyéni közlekedési módok reális alternatívájának. Az elmúlt évtizedekben az utasszámok csökkenése, a kiadások és a gépjárműforgalom növekedése jellemzi a hasonló helyzetű városok mindennapi közlekedését. Az autóbusz-hálózat fejlesztésére vonatkozó lakossági igények ugyanakkor egyre szerteágazóbbak, tekintettel a kertvárosok növekedésére és a településszerkezet átalakulására. Ennek eredményeképp gyakori a viszonylathálózat töredezettsége is, az azonos jelzéssel közlekedő járatokra vonatkozó kiegészítő jelzések, útvonalváltozatok megjelenése is.

A kutatás alapkérdése, hogy ezeken a 100 ezer főnél kisebb népességű településeken milyen járatsűrűséggel és megállóhelyi területi lefedettséggel (figyelembe véve a városrészi adottságokat) érhető el attraktív, felhasználói és üzemeltetői szempontból optimális hálózati kialakítás az üzemeltetési paraméterek jelentős megváltoztatása nélkül. Jelen kutatás célja módszer fejlesztése adott járatsűrűséggel, útvonalvezetéssel meghatározott viszonylathálózati struktúrák értékelésére, szempontként figyelembe véve felhasználónál jelentkező költségeket, időértékeket a helyváltoztatási lánc fázisai (megközelítés, várakozás, járművön töltött idő, átszállás, megállóhelyről célpontra való megérkezés) során. A kutatásban vizsgált a rá- és elgyaloglást esetenként helyettesítő módok (pl.: kerékpár, roller, személygépjármű) alkalmazhatósága.

A módszer alkalmazása Szombathelyen két kiválasztott relációra eltérő feltételek mellett, egy kiinduló körzetből többrelációs vizsgálattal, illetve a város fő utasáramlási tengelyén többkörzetes vizsgálattal történik. Az eredmények alapján megállapítást nyert, hogy a megállóhelyi területi lefedettséget a járatsűrűség helyettesítheti, az átszállás hatása csak a többi szolgáltatási paraméter (járatsűrűség, menetidő) jelentős javításával ellensúlyozható, ugyanakkor a járatsűrűség és a közvetlen kapcsolatok megfelelő kombinációjával a szolgáltatás jelentős javítása érhető el, kis üzemeltetési költségnövekedés mellett. A módszer alkalmazása támogathatja a célterületen történő koncepcionális közlekedési szolgáltatástervezést, a szolgáltatási irányelvek kijelölését.

2. A téma aktualitása, lehatárolások

A városi közösségi közlekedés versenyképességének, hatékonyságának növelése (ideértve a közösségi közlekedési hálózat által biztosított elérhetőségi és hozzáférhetőségi kérdéseket), egyúttal a személygépjármű-közlekedésből származó externális hatások (károsanyag-kibocsátás, közterületek újrafelosztása) mérséklése a 21. század egyik leggyakrabban napirenden szereplő célkitűzése az európai mobilitásfejlesztési fórumokon [1]. Napjainkban egyre népszerűbb a 15 perces város víziójának megvalósítása, azaz, hogy a mindennapi tevékenységek (oktatás, munkahely, alapvető szolgáltatások) minden városi lakóhelyről 15 percen belül elérhetővé váljanak – a mobilitási célkitűzésekkel összhangban – társadalmi, gazdasági és környezeti szempontból is fenntartható közlekedési eszközt, fenntartható közlekedési rendszert igénybe véve. A dolgozatban kifejlesztett módszerrel a járatsűrűség – elérhetőség, gyorsaság és a lefedettség paramétereit kiemelt szempontként kezelhető.

A 2020-as években számos tényező befolyásolja a városi közösségi közlekedés szervezési és teljesítőképességi kérdéseit. A 2019 óta zajló COVID-járvány hatása jelentős utasvesztést okozott a járvány okán elrendelt lezárások feloldása után a járvány előtti állapothoz képest, az utasszámok a mai napig csak közelítik, de el nem érik a járvány előtti állapotot. Egyes városok kivételt jelentenek (pl: Siófok), itt azonban többnyire jelentős kínálati átalakítás történt a járvány megjelenése óta, továbbá ezen városok turisztikai szempontból kiemelt jelentőségűek. A járvány csillapodása ellenére számos munkáltató döntött az otthoni munkavégzés (Home Office) részleges vagy teljes megtartása mellett, így a rendszeres hivatásforgalmi utazók kisebb mértékben vesznek részt a városi közösségi közlekedésben, emiatt a közösségi közlekedés kihasználtsága csökkenhet, a keresleti oldal átalakulása a kínálati oldal átalakulását is magával vonja, a módszertannal a kínálattervezés szempontjai figyelembe vehetők.

A közlekedési szolgáltatók emellett a 2020-as évek elején bekövetkezett – részben a COVID-járvány okozta – gazdasági átalakulás hatásai okán megnövekedett költségekkel üzemeltetik a korábbiakkal megegyező teljesítményű hálózatokat. A járvány miatti keresletcsökkenés bevételkiesést eredményezett, ezen felül a 2022-es évben az üzemanyagárak jelentős növekedése volt megfigyelhető, illetve nőttek az üzemeltetés ellátásához kapcsolódó legtöbb költségtelek (pl.: munkaerő, rezsiköltségek, alkatrész-beszerezési költségek). A dolgozatban a teljesítményszint meghatározása mellett több, kínálati változat értékelhető az utasoldali hatások figyelembevételével.

A gazdasági és keresleti hatások következtében több városi önkormányzat dönt megszorító intézkedések mellett, a 2022. év őszi hónapjaiban Veszprém [2] városában jelentős jegyáremelés, míg Sopronban kb. 40%-os teljesítménykivonás történt [3], a viszonylathálózati működés és a jegykinálat átfogó felülvizsgálata, struktúraváltási lehetőségek elemzése nélkül. Dolgozatomban olyan, szolgáltatástervezési módszert dolgozok ki, mellyel strukturális viszonylathálózati változások, megfontolások értékelhetők, az értékelés segítségével pedig a viszonylathálózati megoldások átalakíthatók, a hálózat attraktivitása növelhető a hálózat paramétereinek társadalmi hasznosság értékeit is számszerűsítve.

A kutatás során alkalmazott lehatárolások:

1. A kutatás célterülete olyan 100 ezer főnél kisebb lakosságú kis- és közepesvárosok, melyekben
 - a. a hét minden napján közlekedik legalább egy olyan helyijárat, vagy helyi közlekedésbe integrált helyközi autóbusz-viszonylat, melynek járatsűrűsége munkaszüneti napokon 7 és 19 óra között legalább 60 perc,
 - b. vagy olyan település, melyekben van olyan reláció, amit a helyi és helyi közlekedésbe integrált hálózat munkaszüneti napokon 7 és 19 óra között legalább 60 percenként kiszolgál.
2. A dolgozatban a kisvárosként megnevezett település a 100 ezer főnél kisebb lakosságú városokra értendő. A kisvárosok közlekedése sok jellemzőben eltér a nagyvárosétól, míg nagyvárosokban a csúcsidőkön kívül is tapasztalható számottevő utazási igény, addig a kisvárosokban a csúcsidei utasterheléshez képest elenyésző a csúcsidőn kívüli utazások mennyisége. Emellett jellemzően a kisvárosok kisebb beépítettségűek, egy adott területegység kisebb forgalmat generál.
3. 100 ezer főnél nagyobb lakosságú városokra is alkalmazható a módszer, de az alkalmazási feltételek a kis- és közepesvárosi viszonyokra fókuszálnak.
4. A módszerrel a vonatkozó járatsűrűség-kritériumoknál ritkább közlekedésű rendszerek is értékelhetők, azonban ezekben az esetekben egynél több döntési változat elemzése kevésbé lehetséges, tekintettel arra, hogy így a legkisebb elméleti járatsűrűség viszonylatonként minimálisan 121 perc lenne legalább két viszonylat által kiszolgált reláció esetén (az 1.b. kritérium szerint), melynél ritkább követés esetén a vizsgálatba további paraméterek bevonása (időbeli rendelkezésre állás) is célszerű.

5. Számos vizsgálat középpontjában a parametrikus optimalizáció áll, jelen módszerrel a hálózati paraméterek optimalizációja nem valósítható meg, ugyanakkor a vizsgált változatok számának növelése a kedvezőbb döntési változatok meghatározását is elősegítheti.
6. Az üzemeltetési költségek számszerűsítése során a hálózatok és részhálózatok személyzetigénye, ily módon a járművezetői bérköltségek nem szerepelnek számszerűsítve a vizsgálatban.
7. Az elemzésben a viszonylathálózat időbeni rendelkezésre állása, üzemideje, illetve az egyes időszakok közötti járatsűrűség-változás nem befolyásolja a vizsgálat eredményét.

A Dolgozatom 3. fejezetében a szakkifejezések meghatározását és a vonatkozó szakirodalom áttekintését részletezem. A 4. fejezetben a jelenlegi magyarországi, 100 ezer főnél kisebb városok közlekedési hálózatainak általános jellemzőit foglalom össze. Az 5. fejezetben ismertetem a kidogozott értékelő módszert, majd a 6. fejezetben bemutatom a módszer alkalmazhatóságát egy-egy példaterületen, relációs, többrelációs és többkörzetes vizsgálat segítségével. Végezetül a kutatás során levont következtetéseket és a továbbfejlesztés irányait foglalom össze a 7. fejezetben.

3. Irodalomkutatás

Az irodalomkutatás célja releváns megállapítások, elvek feltérképezése, valamint a szakirodalomban részletezett tapasztalatok, eredmények, megállapítások a módszer kidolgozása során történő felhasználása, alkalmazása.

3.1. Fogalommeghatározás

A fejezet célja a dolgozatban használt általános fogalmak magyarázata, azok bevezetése.

A városi autóbusz-hálózat egyik alapegysége a **viszonylat**, mely alatt a két végpont között adott útvonalon és megállókkal és/vagy fel- és leszállópontokkal meghatározott olyan közlekedési szolgáltatást értendő, amelyet a viszonylatjelzés különböztet meg a más hasonló szolgáltatásoktól [4]. **Járatként** a vasúti jármű (metró, villamos, fogaskerekű vasúti jármű, elővárosi vasúti jármű) vagy trolibusz, autóbusz, illetve vízi jármű a menetrendben meghatározott útvonalon és időrendben történő közlekedése definiálható. [4]. A városi autóbusz-hálózat egyik legmeghatározóbb jellemzője az autóbusz-vonalak által biztosított **járatsűrűség**, tehát a viszonylaton adott irányban időegység alatt leközeledő járatok száma [5]. A **viszonylathálózat** a viszonylatok összessége egy adott területen [6]. A viszonylathálózat által biztosított **körös megállóhelyi területi lefedettség** a viszonylathálózat megállóitól légvonalban meghatározott távolságon belül elhelyezkedő területek a teljes település területéhez viszonyított aránya [7], míg a viszonylathálózat által biztosított **valós megállóhelyi területi lefedettség** a körös megállóhelyi területi lefedettség megállóhelyek megközelítésének gyaloglási távolságával korrigált értéke [8].

Egy **utazás** meghatározott kiindulópont és végpont közötti helyváltoztatás. A kiinduló ponttól az első közösségi közlekedési megálló felszálló peronjáig tartó helyváltoztatás **rágyaloglásként**, az utazásban az utolsó közösségi közlekedési megálló leszálló peronjától a célpontig tartó helyváltoztatást **elgyaloglásként** értelmezendő [9].

A **Bus Rapid Transit** (városi gyorsautóbusz, - továbbiakban BRT) rendszerek célja a városi közlekedésben olyan gerinchálózat létrehozása, amelyen a közúti járművek metrószerű (más forgalomtól elválasztott, sűrű, gyors) szolgáltatási szintet biztosítanak, így hatékony és attraktív elemei a városi közösségi közlekedési rendszereknek. A BRT rendszerek ilyen módon egyesítik a metróhálózat (nagy kapacitás, gyors, attraktív eljutási lehetőség, magas minőség) és a közúti üzem (a metróhálózathoz viszonyítva alacsony

infrastrukturális és üzemeltetési-működtetési költség, a közúti jármű jellegéből adódóan nagyobb rugalmasság) előnyeit [10].

A BRT rendszerekhez hasonló elven, azonban az Európában jelenlévő körülményeket figyelembe véve (pl. kisebb városok, városban kevés autópálya) a rendszer paramétereiben néhány ponton eltérő rendszer a **Bus with a High Level of Service** (emelt szintű autóbuszos szolgáltatás – a továbbiakban BHLS)-konceptió [11].

A Nemzetközi Közlekedési Fórum (ITF) definíciója szerint a **mikromobilitás** a személyek olyan eszközökkel és járművekkel történő közlekedése, melyek súlya legfeljebb 350 kg, és amelyek végsebessége nem haladja meg a 45 km/h értéket [12].

Az elmúlt években egyre elterjedtebb a **Mobility as a Service konceptió** (Mobilitás, mint szolgáltatás), röviden: **MaaS**. A konceptió a különböző közlekedési módokat és szolgáltatókat komplex mobilitási csomagokba rendezve kínálja, hasonlóan a mobiltelefonos szolgáltatási csomagokhoz. Magában foglal kiegészítő szolgáltatásokat, mint az útvonaltervezés, helyfoglalás és fizetés, mindezt egy egyszerű weboldalas, vagy mobiltelefonos applikáción keresztül. [13]

3.2. Trendek, általános jellemzők

A városi közlekedés általános jellemzőit tekintve a városmagban a fő probléma az egyéni gépjárművek tárolása és a torlódások kialakulása, továbbá a parkolóhelyek kereséséből adódó többletforgalom, illetve a személygépjármű-közlekedés által generált káros hatások (pl: károsanyag-kibocsátás). A mai kis- és közepes városokra jellemző, hogy számos új, kertvárosi jellegű lakóterület létesül, továbbá ezen városokban a kertvárosi jellegű területek aránya a sűrűn lakott területekhez képest igen magas. A városkörnyéken, kertesházi, kisebb laksűrűségű területeken az elszórta elhelyezkedő, a kevesebb utas igényeihez mérten is elégtelen térbeli-időbeli paraméterekkel kapcsolódó nagykapacitású közösségi közlekedés gyenge hatékonyságából adódóan a gépjárműhasználat nélkülözhetetlen. Ezekon a területeken a közösségi közlekedés az egyéni közlekedés kiegészítésére szolgál, így a városkörnyéki lakosok elsődleges utazási módja a személygépjármű, így a külvárosi területekről induló és belvárosban végződő gépjárművel történő utazások terhelik a belváros forgalmi és állóforgalmi felületeit, kapacitásait. A hagyományos módon szervezett közlekedési rendszer (szóló autóbuszok kötött menetrend szerint) csúcsidőben képes számottevő igényt kielégíteni [14].. Mindezek mellett az újszerű módok, illetve az újszerű módokra épülő közlekedési hálózatok (igény-alapú közlekedési hálózatok, megosztott járműre épülő szolgáltatások,

mikromobilitási eszközökre, autonóm járművekre épülő szolgáltatások) is megoldást kínálhatnak a személygépjármű-közlekedés számos problémájára.

3.2.1. Szolgáltatástervezési alapok

Amellett, hogy a közlekedési kínálat meghatározása sok helyütt a közlekedési kereslet alapján történik (főleg a hagyományos módon szervezett tömegközlekedésnél), napjainkban egyre inkább elterjedt a kínálat-alapú menetrendtervezés különböző szakpolitikai célok mentén, tekintettel arra, hogy a közlekedési kínálat is alapvetően befolyásolja a közlekedési keresletet is [15]. Ebből fakadóan a kínálatban bekövetkezett változás átrendezheti a keresleti oldal jellemzőit. Németországi tanulmány alapján a megosztott autó szolgáltatás bevezetésével az összes utaskilométer és a személygépjárművel történő motorizált közlekedéssel megtett összes utaskilométer-teljesítmény is több, mint megosztott autó nélküli esetben. Ugyanakkor a közösségi közlekedéssel megtett utaskilométer-teljesítmény kevesebb a megosztott autókra épülő szolgáltatás jelenléte mellett. [16]. A gépjármű-tulajdonlás az egyik legfontosabb tényező, ami a mobilitási szokásokat, így az utazások mennyiségét és a módváltást befolyásolja [1], [16]. Ugyanakkor a közúti torlódás nem megfeleltethető a gépjármű-tulajdonlás mértékével, így a gépjármű-tulajdonlás csökkentése önmagában nem lehet érvényes vezérelv. [17]

Közgazdaságtani szempontokat is figyelembe véve, Börjesson és munkatársai tanulmányában megfogalmazottak szerint a kisebb lakosságú városok (pl. a svédországi Karlstad, 60 ezer fős lakossággal) közösségi közlekedésének üzemeltetése magasabb szubvencionálással optimális, tekintve, hogy a kisvárosok közlekedési jellemzői számos ponton eltérnek a nagyvárosi közlekedési rendszertől. Például az externális költségek domináns tényezője nagyvárosban a járműveken tapasztalható zsúfoltság, míg kisebb városokban a jelentős megállóhelyi várakozási idő [18]. A közösségi közlekedés tervezésekor, illetve a hálózati paraméterek optimalizálása során a szolgáltató és utazók költségeit (ideértve a megközelítést, a várakozást és az utazás időszükségletéből fakadó költségeket-vesztéseket) együttesen kell figyelembe venni [19], ebből fakadóan a járatsűrűség meghatározása kulcsfontosságú lépés [20]. A közösségi közlekedés paramétereinek optimális meghatározása, vagy beavatkozást végezni a már működő hálózaton a keresletből kiindulva célszerű [21], növekvő méretgazdaságosság érhető el, ha a vonalhálózat bővítése-módosítása az utaskereslet bővüléséből fakad [22]. A kis költséggel tervezett hálózatok nem képesek számos utasigényt kielégíteni, ugyanakkor minden utasigény legattraktívabb kiszolgálása az optimálisnál nagyobb üzemeltetési költségeket von maga után [23]. A közösségi közlekedési rendszer minősége

kulcsfontosságú az utasok döntéseinek megértéséhez. Mándoki munkásságában számos, a közösségi közlekedési rendszer minőségét értékelő szempontot vonultat fel, melyek kiszolgálási, szállítási és kezelhetőségi minőség komponensekre bonthatók fel [14].

Az optimális járatsűrűség egy viszonylat különböző pontjain eltérő, ugyanakkor legtöbbször a csúcskeresztmetszeten az átutazók és a fel/leszállók száma is maximális, ebben az esetben a fel- és leszállás időszükséglete az átutazóknál is veszteségként jelentkezik [24]. A töredezett vonalhálózat a sok átszállási kényszerből adódóan nem optimális, hiszen átszálláskor gyaloglási és várakozási idők keletkeznek [25].

Hálózati beavatkozás során a flottanagyság kialakítása a Mohring-féle négyzetgyökszabály alkalmazásával határozható meg, mely szabály kimondja, hogy az optimális járatsűrűség az utasszám négyzetgyökével arányos [21]. Az utazói időveszteségek minimalizálása esetén a járatsűrűség növelése és az egyes járművek befogadó-kapacitásának csökkentése az optimum irányába változtatja a rendszert [24], [26]. Azonban költségvetési korlát alkalmazása esetén a szolgáltató költségeinek csökkentése az utasoknál többlet-időveszteségként jelentkezik a járatsűrűség ritkítása miatt, ebben az esetben a járművek befogadó-kapacitása is nő, ugyanakkor a járműflotta mérete csökken [27]. A csúcsidei és csúcsidőn kívüli optimalizálást szem előtt tartva megállapítható, hogy a mindkét időszakban üzemelő hálózaton a befogadó-kapacitás a csúcsidőn kívüli eset figyelembevételével érdemes megválasztani, az optimális járműméret a csúcsidei optimumnál kisebb, a csúcsidőn kívüli optimumnál nagyobb. Ebből fakadóan a két időszakban üzemelő hálózaton a csúcsidei járatsűrűség nagyobb, mint az önálló csúcsidei optimum esetén. Ezért a csúcsidőszakra méretezett flotta a csúcsidőn kívüli járatsűrűség szuboptimális növekedését, míg a kizárólag a csúcsidőn kívüli befogadó-kapacitással méretezett flotta esetén a csúcsidei optimális járatsűrűségre tekintettel a csúcsidőszakban túlkínálat jelentkezhethet. [26]. Az optimális járatsűrűséget meghatározó modellek legtöbb esetben a rágyaloglást és elgyaloglást csak gyaloglásként veszik figyelembe, továbbá a megállóhelyi várakozás időszükséglete gyakran véletlen-eloszlás szerint jelenik meg a modellekben [6], [26], [28].

A módváltást egy kínai kisvárosban (Changting, 400 ezer fős lakosság) vizsgálva megállapították, hogy a preferált közlekedési módok megoszlása függ az adott területi egység típusától (lakóövezet/előváros/ipartelep stb.), továbbá jelentősen függ az utazások jellemző távolságától, és a rendelkezésre álló szolgáltatások (autóbusz, megosztott kerékpár, stb.) hozzáférhetőségétől és színvonalától, valamint más társadalmi-gazdasági paraméterektől [29]. A lakosságszámnak a város struktúrájára gyakorolt hatása gyenge, ellenben erős befolyásoló tényezők a terület funkciója és a népsűrűség [30]. Az utazási

időt elemezve megállapítható, hogy a körzet beépítettségének csökkenésével növekszik az utazási távolság, ezzel ellentétben az utazás átlagos ideje csökken a kisebb torlódásból és megállósűrűségből adódóan [31]. Egy térség demográfiai adatait és utazási szokásjellemzőit figyelembe véve meghatározható az igényvezérelt közlekedési módok különböző formáinak térbeli kereslete, kiváltva ezzel az utas-, és háztartáskikérdezési eljárásokat, melyek gyakran torz, nem valós eredményeket szolgáltatnak [32]. Szubjektív preferenciák alapján a módválasztásra ható jellemzők közül meghatározó jelentőségű az utazási idő és költség, de befolyással van a rugalmasság és a komfort is [33], Johansson és munkatársai tanulmánya szerint a közlekedési problémák lehetséges megoldása vagy a közösségi közlekedési módok rugalmasságának növelése, vagy az egyéni gépjárműves közlekedést terhelő költségek emelése.

A rágyaloglás és elgyaloglás a közlekedési lánc gyakran nem megfelelő prioritással kezelt szakasza, mely ugyanakkor a közlekedési rendszer attraktivitását alapvetően meghatározza [34]. A megállóhelyek kijelölése újonnan épülő lakóterületek esetén a tervezési fázisban szükséges [35]. A járatsűrűség és a közvetlenség bizonyos fokig a megállóhelyi területi lefedettség helyettesítőjeként működhet, optimális hálózati kialakítás és járatsűrűség esetén a megállóhelyi várakozás (random érkezési időpontokkal) és a megközelítés költsége megegyezik. [28]. 10 perccel gyakrabban közlekedő autóbuszokért 200-475 méter többletet hajlandók gyalogolni egyes ausztrál, egyesült királyság-beli és egyesült államok-beli felmérések résztvevői [36]. Az utazási lánc legnagyobb részében igénybe vett közlekedési mód befolyásolja a rágyaloglás és elgyaloglás hosszát. Nagyvárosi környezetben a rágyalogási időtartamok 72%-ban 10 percnél rövidebb a rágyaloglás, míg a gyaloglások időtartamának mediánja 4 perc [37].

11 percnél gyakrabban közlekedő viszonylatok esetében a megállóhelyre érkezés véletlenszerűen történik, míg 38 percnél ritkább követés esetén minden utas a menetrend ismeretében, tervezett módon érkezik [38]. Az indulási időpontok pontos meghatározásával közzétett menetrenddel közlekedő viszonylatok esetében átlagosan 30%-kal rövidebb a várakozási idő, mintha minden utas véletlenszerűen érkezne a megállóhelyre. Csúcsidőben nagyobb arányban érkeznek optimális időpontban az utasok a megállóba, mint csúcsidőn kívül [39]. Az érzékelt várakozási idő körülményektől függően egy 5 perces várakozás esetén akár 1 perccel hosszabb is lehet, mint a tényleges várakozási idő [40], így a megállóhelyi várakozás időtartama alatt a várakozók nagyságrendileg fele más tevékenységet folytat várakozás közben [41]. A valós idejű applikációk használata akár 2-4 perccel is csökkentheti a tényleges várakozási időt, az

applikációk használatával az átlagos várakozási idő járatsűrűségétől függetlenül kb. 4 perc [24].

Megállapítható, hogy a járműkapacitás és a megállóhelyi tartózkodási idő közötti összefüggés jelentős hatást gyakorol a rendszer általános jellemzőire, ezért a hagyományos autóbusz-közlekedés nem képes a rugalmas közlekedési rendszerrel egyenértékű hatékonyságra, továbbá a rugalmas közlekedési rendszer megvalósítása a közlekedési módok megoszlására is jelentős hatással van [42]. Széleskörű, indiai nagyvárosok adatain alapuló szimuláció eredményeinek alapján a 16-ülékes kisbuszokkal végzett rugalmas közlekedési szolgáltatás a megállóhelyi várakozási időt és a rágyaloglási időket is jelentősen csökkenti (a vizsgálatban 50%-os csökkenés volt megfigyelhető). Fontos megjegyezni, hogy a tanulmányban nagyvárosi környezetben végzik a szimulációt. A rugalmas közlekedési rendszerek tervezésénél a mobiltelefonok cellainformációi jól használhatók az utazási láncok adatainak vizsgálatára, azonban a szokásjellemzők modellezése még így is meglehetősen összetett [43]. Bristol északi részének jellemzőit vizsgálva megállapították, hogy a gyenge színvonalú közösségi közlekedés által okozott piaci rést egy férőhelymegosztás-jellegű szolgáltatás tölti be [43].

A megállóhely megközelítéséhez és a megállóhelyről a célpontra való megérkezéshez a gyaloglás mellett kerékpár és más alternatív eszközök is használhatók [44]. A kerékpározást, mint megközelítési módot figyelembe véve ugyanazon városi autóbushálózat nagyobb területi lefedettséget biztosít, mint csak a gyaloglást figyelembe véve [34]. A kerékpár a nagyobb (2-5 km-es) távolságokon inkább alkalmas a gyaloglás kiváltására, továbbá inkább helyközi és távolsági utazások módjainak (vasút, helyközi autóbusz) megközelítésére szolgál [45]. Mindemellett a mikromobilitásban jelenleg nagy arányban elterjedő elektromos rollerek az Egyesült Államokban leginkább autós utazásokat váltanak ki [46]. Ugyanakkor az Egyesült Királyság adatai szerint az elektromos rollert használók több, mint 40%-a korábban a hasonló relációjú utazást gyalogosan, 6%-uk kerékpárral tette meg, az autós utazásokat kiváltó rolleres utazások az összes rolleres utazás 31%-át teszik ki [47].

A megközelítés és a megállóhelyről a célpontra való megérkezés fázisaiban a közösségi közlekedési hálózat kiegészítéseként megosztott szolgáltatások is igénybevehetők, azok rendelkezésre állás esetén. A meglévő szolgáltatók integrációja, közös szolgáltatás biztosítása lehet a MaaS koncepció alkalmazása, mely ugyan széleskörű együttműködést igényel, de számos pozitív hatása lehet. A MaaS-koncepció a kulcsa az egyéni gépjárműhasználat csökkentésének és a környezeti fenntarthatóság

növelésének [1]. A MaaS-szolgáltatások terjedésével és bővülésével egy idő után a leghangsúlyosabb befolyásoló tényezők az ár és a szolgáltatási színvonal lesznek [1]. Ugyanakkor a felhasználók hozzáférési felülete egyszerű, illetve személyre és helyzetre szabott utazási ajánlatok közül választhatnak. A közlekedési szolgáltatók oldalán hatékonyságnövekedés jelentkezik, emellett az adott város esetében a költségek és a torlódások csökkenése (így a környezeti terhelés csökkenése), ezáltal az életminőség javulása várható [13]. Azonban a koncepció sikeréhez körültekintő tervezés szükséges, és a szolgáltatás csak megfelelő méretű flotta esetén növelheti az addigi hatékonyságot, érhet el pozitív méretgazdaságosságot. A sikeres bevezetéshez a kereslet és a kínálat széleskörű felmérése és elemzés szükséges, azonban a rendszert befolyásolják más szolgáltatások is (pl.: áruszállítás, önkormányzati szolgáltatások) [48]. Helsinkiben a célcsoportok és szokásjellemzők nem megfelelő felmérése, valamint költségvetési korlát miatt a Kutsuplus névvel indított igényalapú autóbuszos szolgáltatás nem tudta a kívánt hatékonyságot elérni, annak ellenére, hogy a felhasználók elégedettek voltak a szolgáltatással. Ennek következtében a szolgáltatás két évnyi üzem után megszűnt.

3.2.2. Viszonylathálózati topológiák

Fielbaum és mtsai kutatásaikban négyféle alap-viszonylathálózati topológiát különböztet meg:

- közvetlen viszonylatok,
- exkluzív viszonylatok,
- csomóponti elosztó és
- feltáró-gerinc jellegű viszonylatokat [6], [49].

Az utazói igényeket leginkább az exkluzív viszonylatok elégítik ki, melyek közvetlen honnan-hová párokat kötnek össze megállás nélkül. Az ilyen hálózati elemeken legtöbbször kis befogadóképességű autóbuszok közlekednek, tekintettel arra, hogy az utazási igények csak egy szegmensét szolgálják ki. Az exkluzív viszonylatok abban az esetben alkalmazandók, amikor léteznek olyan honnan-hová párok, ahol egyidőben nagy igény mutatkozik (pl.: reptéri transzfer, helyközi autóbusz-állomás – iskola kapcsolat). Amennyiben az utasszámok jelentős emelkedése figyelhető meg, szintén az exkluzív hálózatkialakítás előnyös.

A közvetlen viszonylatok elnevezésüknek megfelelően közvetlen kapcsolatot biztosítanak honnan-hová párok között, azonban a sok közbenső megállás miatt az ilyen viszonylatokon a járművön töltött idő igen magas lehet. A közvetlen vonalak kevésbé alkalmasak a diszperz városok közlekedési hálózatát kiszolgálni, azonban amennyiben az

utazási igények jellemző iránya sugárirányú, a közvetlen viszonylatok megfelelő alternatívát nyújthatnak.

A csomóponti-elosztó és a feltáró-gerinc jellegű hálózatok az átszállási kapcsolatokra építenek. A csomóponti-elosztó hálózat inkább a centrikus városokban alkalmazandók, míg a feltáró-gerinc hálózatok a diszperz városokban érvényesülnek, tekintettel a kapacitások megfelelő allokációjára, a felesleges kapacitások mellőzésére. Amennyiben a városi decentrumok, alközpontok jelentősége növekszik, a feltáró-gerinc és a csomóponti-elosztó funkciók növelése is előnyös lehet. Fontos megjegyezni, hogy a városszerkezetből adódóan a város monocentrikussága és policentrikussága a vonallefedettségre erős befolyással lévő tényező [28].

3.2.3. BRT-rendszerek

Tekintettel arra, hogy BRT rendszerek a nagyvárosokban elsősorban a magas járatsűrűség és a gyors haladás révén válnak attraktívvá, a kis- és közepes városi közlekedésben e két szempont vizsgálata a BRT rendszerek jellemzőivel szükséges.

Az üzemeltető és a felhasználó számára is számos előnyt biztosító BRT rendszerek tekintettel a közúti megvalósításra a vasúti közlekedésfejlesztési beruházásoknál jóval kisebb költséggel és gyorsabban kivitelezhetők, miközben a nyújtott szolgáltatás hasonló elveken nyuszik és hasonló színvonalon történik [50], [51]. A BRT rendszerek leginkább az amerikai és ázsiai metropoliszokban (pl: Bogotá (7 743 955 fő) [52], Guangzhou (18 676 605 fő) [53], Curitiba (1 879 355 fő) [54]) terjedtek el, ezen városok lakossága és kiterjedése igen nagy [11].

A BRT rendszerek létrehozásainak, megvalósításának legfőbb indokaiként az elérhető nagy sebesség és kapacitás, valamint tekintettel arra, hogy a forgalomtól elválasztott infrastruktúrán a rendszert kevesebb külső tényező éri, mint egy hagyományos közúti megoldást, a BRT-rendszerek megbízhatósága igen magas [50]. A nagyvárosok szerkezetiből adódóan a központi területek forgalmi igénye magas, melyet hagyományos módon szervezett autóbusz-hálózattal nem lehet megfelelő kapacitással biztosítani. Mivel napjainkban cél a belvárosi területeket az egyéni gépjármű-közlekedés káros hatásai (pl: károsanyag-kibocsátás, zajterhelés, közúti torlódás) alól mentesíteni, így a belvárosi forgalmi igények nagykapacitású, attraktív és hatékony megoldással szolgálhatók ki [10].

A BRT-rendszerekben a magasabb utazási sebesség elérése érdekében számos, a hagyományostól eltérő megoldás foganatosított. Annak érdekében, hogy a megállóhelyi tartózkodás minimális időt vegyen igénybe, a BRT-hálózatokon gyakran a hagyományosnál (szóló autóbusz 2-3 ajtó, csuklós busz 3-4 ajtó) több ajtóval rendelkező

autóbuszok közlekednek. Az utascseraidőt csökkentheti továbbá az elektronikus jegyrendszerek alkalmazása [50]. Kihasználva a magas utazási sebesség adta előnyöket, az isztambuli Metrobüs hálózaton, valamint a Jakarta-i BRT-rendszerben csúcsidőben 59, csúcsidőn kívüli időszakban pedig 52 perces átlagos utazási idő-megtakarítás érhető el egyes relációkban a hagyományos közlekedéssel összehasonlítva [55]. A BRT-rendszerek használata által elérhető időmegtakarítást vizsgálva, a társadalmi szempontokat, szociális igényeket is figyelembe véve megállapítható, hogy a szegény jövedelmi kategóriába tartozó utasok időmegtakarítása nagyobb (18 perc utazásonként), mint a közepes jövedelmi osztályba tartozóké (10 perc/utazás) [56].

A megállóközi menetsebesség növelése érdekében a BRT-járművek rendszerint a közúti forgalomtól minél nagyobb elválasztással közlekednek, mely elválasztás megvalósulhat buszsávban, vagy úgynevezett buszúton, mely esetben a buszsávok az adott út közepén helyezkednek el, hasonlóan a legtöbb helyen a villamospálya vezetésre alkalmazott megoldáshoz. Szintén a menetsebesség növelése érdekében a BRT-viszonylatok megállói közötti távolságok jóval nagyobbak, mint a hagyományos városi autóbusz-viszonylatokéi, továbbá minden autóbusz azonos menetrend szerint, minden megállóban ugyanannyi ideig megállva közlekedik [50]. A BRT-rendszerek sajátosságait kihasználva a BRT-viszonylatok a hagyományos városi autóbuszos viszonylatokhoz képest akár 10 km/h-val is nagyobb átlagsebességgel tudnak közlekedni [57].

A BRT rendszerek a megnevezett előnyökre tekintettel attraktív alternatívaként szolgálhatnak az egyéni gépjárművel közlekedőknek, mindemellett az ilyen rendszerek számos környezeti, társadalmi és gazdasági hasznot eredményeznek, ugyanakkor ezen hasznok mértéke széles skálán változik földrajzi és hálózati jellemzőktől, a városi közlekedés sajátosságaitól (pl: közúti torlódás), valamint az adott BRT-hálózaton alkalmazott járművektől, és egyéb tényezőktől [50].

A fejezetben összefoglalt kutatási előzmények alátámasztják, hogy a közösségi közlekedési hálózatok járatsűrűséggel és megállóhelyi területi lefedettséggel, mint kiemelt szempontokkal történő vizsgálata releváns kérdés a közlekedési hálózatok tervezése, áttervezése során. A járatsűrűség bizonyos körülmények között a megállóhelyi területi lefedettség helyettesítője lehet, tekintettel a várakozási időszükséglet járatsűrűség-függésére. A helyváltoztatási lánc rá-, és elgyaloglási fázisait gyakran nem megfelelő prioritással kezelik, ugyanakkor ezek figyelembevétele kulcsfontosságú a hálózattervezés folyamán. A kutatási kérdés vizsgálatához a nagyvárosi szakirodalom, így a járatsűrűség és a gyorsaság tekintetében a BRT-rendszerek jellemzői is figyelembe veendők.

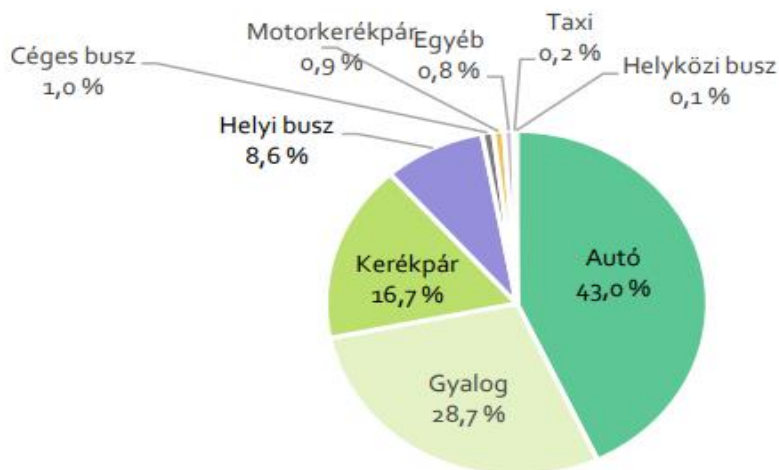
4. Helyzetelemzés

A kis- és közepes városok forgalmának összetétele, időbeni és térbeni megoszlása, és annak egyéb jellemzői (pl.: közösségi közlekedés viszonylatainak járatsűrűsége, térbeni lefedettsége; járdák és kerékpárutak sűrűsége) eltér a nagyvárosi környezettől, így számos ponton az utazási igények színvonalas kielégítése nehézségekbe ütközik. A hagyományos elvek követése gyakran kis hatékonyságú megoldásokhoz vezet, mely a városlakóknak elégtelen szolgáltatást, az üzemeltetőknek pedig nagy anyagi ráfordítást jelent (amely a fenntartónál jelentkező szubvencionálási igény formájában jelenik meg). A viszonylathálózat gyakran széttagolt, a viszonylatokon a járatok követési ideje nagy.

Mándoki feltevését, azaz, hogy a kertvárosi jellegű, kisebb sűrűségű települések, településrészek esetében a személygépjármű a legnagyobb arányban jelenlévő közlekedési eszköz [14], alátámasztják a hazai városok közlekedési munkamegosztás adatai (**1. táblázat**), továbbá a szombathelyi lakosság elsődleges közlekedési munkamegosztása (**1. ábra**).

1. táblázat: Foglalkoztatottak munkahelyre közlekedés módja szerinti megoszlása és népességszám-arányos súlyozott átlaga 100 ezer fő lakosnál kisebb városokban [%]
(források: [58]–[61];)

	Zalaegerszeg	Szombathely	Sopron	Nagykanizsa	Kaposvár	Veszprém	Ajkai járás	Átlag:
népesség (fő)	57403	78407	62671	46649	61441	59738	39154	
gyalog	24	16,1	26,9	27,3	28	17	29	23,4
kerékpár	6,9	23,7	10,1	11	5,7	6	3	10,4
autóbusz	23,9	13,1	14,3	19,8	19,9	22	25,5	19,1
vasút	0,3	0,9	2	0,4	0,7		0,4	0,7
egyéb jármű	0,5	0,9	0,4	0,8	1	nem ismert	0,3	0,7
motor-kerékpár	1,5	1,6	1,5	2	1,1		0,3	1,2
személygépjármű	42,9	43,7	44,8	38,7	43,6	55	41,5	44,6



1. ábra: Szombathely lakosságának elsődleges közlekedési módja 2021-ben
(forrás: Szombathely Fenntartható Városi Mobilitási Terve [62])

Azonosítottam és közlekedési módok szerint csoportosítottam a kis- - és középvárosokra jellemző körülményeket. Az azonosítást az irodalomkutatás eredményeire támaszkodva [1], [63], [64], illetve saját tapasztalatim alapján végeztem. A közlekedési módok összefoglalását a **2. táblázat** tartalmazza.

2. táblázat: Közlekedési módok jellemző tulajdonságai kis- és közepesvárosokban
(forrás: saját szerkesztés)

	közösségi közlekedés	egyéni személy- gépjármű- közlekedés	kerékpáros közlekedés	gyalogos közlekedés	megosztáson alapuló közlekedési módok
jellemző utazási távolság forrás: [65]	3-14 km	14-16 km	3-6 km	1-3 km	3-15 km
potenciális célcsoport	minden utazói csoport	jogosítvánnyal rendelkezők	aktív közlekedők	minden utazói csoport	aktív közlekedők, saját járművel nem rendelkezők
jellemző járműkapacitás	10-140 fő	1-10 fő	1 fő	nem értelmezett	1-10 fő
terület-használat	közepes	nagy	kicsi	igen kicsi	változó
környezeti terhelés	változó	nagy	kicsi	igen kicsi	változó
jellemző problémák	szűk kínálat, alacsony szolgáltatási színvonal	közüti torlódás, nagy környezeti terhelés	hiányos, összefüggéstelen infrastruktúra	nem megfelelő járda-állapotok	szabályozatlanság

A közösségi közlekedés nagyobb utasmennyiség elszállítására alkalmas, a személygépjárműnél kisebb környezeti terheléssel, ugyanakkor a térbeli-időbeli paraméterei kötöttebbek, mint valamely egyéni közlekedési mód választása esetén. Ebből kifolyólag a közösségi közlekedés használatához legtöbb esetben rágyaloglás és elgyaloglás, számos esetben átszállás is társul, mely az utazási komfortot csökkenti, az utazási időt növeli.

Jellemzően a kis- és közepes méretű városokban a csúcsidőn kívüli utazási kereslet jóval kisebb, mint a csúcsidei. A csúcsidőn kívüli utazások száma akár elenyésző is lehet a csúcsidei utazások számához képest, ezért a közösségi közlekedés járatai ezen időszakokban meglehetősen ritkán, vagy egyáltalán nem közlekednek. Annak ellenére, hogy az utóbbi időben több városban előremutató menetrendi fejlesztések történtek (pl.: Veszprém, Tatabánya, Siófok, Szombathely), számos városban (pl.: Sopron, Gödöllő) a különböző viszonylatok menetrendje nincs egymáshoz hangolva, így az átszállások sokszor nem valósíthatók meg, valamint a közös útvonalszakaszon a járatok gyakran nem egyenletesen szolgálják ki a megállókat.

Több városban a helyi viszonylatokkal párhuzamosan helyközi járatok is közlekednek, ezek azonban nem minden esetben vehetők igénybe helyi bérlettel. Helyenként a helyközi járatok egy része használható helyi célú utazásra (helyi díjszabással – Szombathely-Petőfitelep, Nagykanizsa R-es jelzésű viszonylatok, Sopron, Kecskemét), de ezen lehetőség kommunikációja gyakran nem megfelelő. További probléma, hogy ahol rendelkezésre áll vasút, a menetrend nincs minden esetben hangolva, de az utóbbi időben több esetben (pl.: Veszprém) történt jelentős előrelépés a menetrendi integráció terén.

A kis- és közepes városok autóbuszos járműállományának gerincét legtöbbször 100 fő körüli befogadóképességgel rendelkező szülő autóbuszok alkotják, amelyek csúcsidőn kívül jelentős felesleges kapacitást mozgatnak, ezért a helyi közösségi közlekedés működése gyakran nem méretgazdaságos, melyre a fenntartó önkormányzat leginkább a menetrendi kínálat szűkítésével, vagy a jegyárak emelésével reagál. A szülő autóbuszok továbbá méretükből adódóan nem tudják a közúthálózat összes elemét igénybe venni, a szűkebb utcákba nem hajthatnak be, illetve fordulásuk is csak bizonyos helyeken lehetséges.

A legtöbb helyen a tarifarendszer nem tesz különbséget csúcsidei és csúcsidőn kívüli utazás között, így a zsúfolt járművön utazó ugyanannyit fizet, mint amikor a járművön

egyedül ő utazik, ellenben a társadalom számára okozott költsége a két utazásnak különböző [27]. Mivel alapvetően a szolgáltatók járműparkja a csúcsidei utazásokra méretezett, továbbá a zsúfoltság is csúcsidőben a legjelentősebb, a kisforgalmú időszakokban a járművek nagy része a forgalmi decentrumban, vagy a telephelyen áll, az éppen közlekedők pedig nincsenek kihasználva. Csúcsidőn kívül alacsonyabb árazást bevezetve ösztönző hatás érhető el, így a csúcsidei utazások száma csökkenthető, ezzel együtt a csúcsidőn kívüli kihasználtság javítható. Az utóbbi időben egyes városokban bevezettek differenciálást a csúcsidei és csúcsidőn kívüli vonaljegyek ára között (pl.: Szombathely, Nyíregyháza), így a csúcsidőn kívüli utazás olcsóbb, mely intézkedés által a csúcsidei terhelés csökkenthető, a csúcsidőn kívüli völgyidőszak pedig jobban elosztható [66]. A díjazásra vonatkozóan megjegyzendő, hogy a legtöbb esetben egy, a város közigazgatási határán kívülről helyi átszállással utazónak két bérletet is szükséges vásárolnia (pl. Ajka [60]).

A legtöbb hazai kisvárosban a közösségi közlekedés viszonylathálózata nem, vagy csak igen korlátozottan fed le kisebb lakosságú, újjépítésű körzeteket. Egyes ilyen jellemzőkkel bíró területekre a járműméretből fakadóan hagyományos autóbusz be sem tud menni (pl. Veszprém-Csatárhegy felső része). Számos esetben a közlekedési infrastruktúra fejlődés csak követi a területi fejlesztést. Például egy új lakópark elkészülte után évekkel jelenik meg a közösségi közlekedés, legtöbbször akkor is csak részlegesen (pl. csúcsidőben), így az ott lakók többsége már gépjárművel közlekedik az új szolgáltatás elindulásának időpontjában, a közösségi közlekedésre történő „átültetésük” így már sokkal nehezebb.

A hagyományos közlekedési hálózatokon napjainkban is gyakori az ütemtelen időpontokban történő járatindítás, vagy a nehezen megjegyezhető 40-45-50 perces ütem alkalmazása. Számos esetben a járatsűrűség a viszonylat fordulóidejéből, vagy annak egész számú felosztásából adódik (pl. Szombathely menetrendjei 2021-ig). A járművezetőknek kiadott munkaközi szünetek, pihenőidők több esetben az ütemesen közlekedő viszonylatokon az ütemesség kárára valósulnak meg.

A hazai kis és középvárosok egy részében jelenleg is használatosak a különböző betűkkel megjelölt viszonylatok (pl.: A, B, C, E, H, M, U, Y), azonban a mai utazóközönség elvárásaival ezen viszonylatjelölések ritka esetben találkoznak, a legtöbb utas nem érti a betűk önálló jelentését, illetve a betűk nem minden városban, sőt egyes esetekben városon belül is eltérő jelentéstartalommal bírnak. Az „A” jelzés például Sopronban egyszerre jelent betétjáratot és útvonalváltozattal közlekedő járatot is. Szombathelyen az „A” jelzést bizonyos esetekben gyorsjárat, útvonalváltozattal

közlekedő, betétjáratí és a város nagykörútján közlekedő körjáratí viszonylatok egyik irányának megjelölésére is használják. Más városokban (pl. Zalaegerszeg) bár a jelzések kevésbé sokrétűek, számos lábjegyzetben megjelölt útvonalváltozat létezik, így adódhat, hogy két azonos viszonylatjelzéssel megjelölt járat különböző útvonalon közlekedik. Bár logikus megfontolások alapján elfogadható, hogy minden útvonalváltozat külön viszonylatjelzést kap, ugyanakkor ennek következményeképp állhat elő a például a korábbi Kisalföld Volán szolgáltatási területén tapasztalt állapot, hogy egy-egy viszonylatjelzés csak napi 1 járatinduláshoz tartozik (pl. Sopron: 3Y). Bécsben az autóbuszok viszonylatjelzésében alkalmazott betűjelzések (11A, 11B) a közlekedési szolgáltatóra utalnak, míg a magyar fővárosban a gyorsjáratok megjelölése nem mindenhol egyértelmű, közlekedhet E jelzéssel megjelölt viszonylat egyes szakaszokon gyorsjáratí jelleggel (pl. 8E viszonylat budai szakasza), ugyanakkor találkozhatunk olyan gyorsjáratíval, melynek jelzésében nincs a gyorsjáratí közlekedési jellegre utaló „E” betű (pl. 240 viszonylat). A viszonylathálózat időbeli lefedettsége is számos esetben lehet nehezen áttekinthető. Egyes viszonylatok csak csúcsidőszakban (akár csak az egyik csúcsidőszakban) más viszonylatok csak műszakváltásokhoz igazodva közlekednek.

A hazai kis- és közepesvárosok viszonylathálózatainak jellemzőit áttekintve látható, hogy ezekben a városokban a helyi közlekedés vonzerejét számos tényező (menetrendi, hálózati töredezettség, részleges térbeli és időbeli lefedettség, nehéz értelmezhetőség) csökkenti, ugyanakkor ezen hálózatok hatékonysága – részben az előbb felsorolt utasoldali jellemzők, részben az üzemeltetési szokások (pl. szőlőbuszok közlekedtetése, integrációs hiány, rugalmatlan menetrend) miatt – gyakran alacsony.

5. A szolgáltatástervezési értékelő módszer

A módszertannal diszkrét lehatárolt körzetekből kiinduló relációkra értelmezett szolgáltatási verziók értékelhetők, különös tekintettel a járatsűrűség, a várakozási idők és a megállóhelyi lefedettség – a megállóhely megközelíthetőségének távolságára. A módszer alkalmazhatósága a lehatárolt körzet kiterjedésétől független.

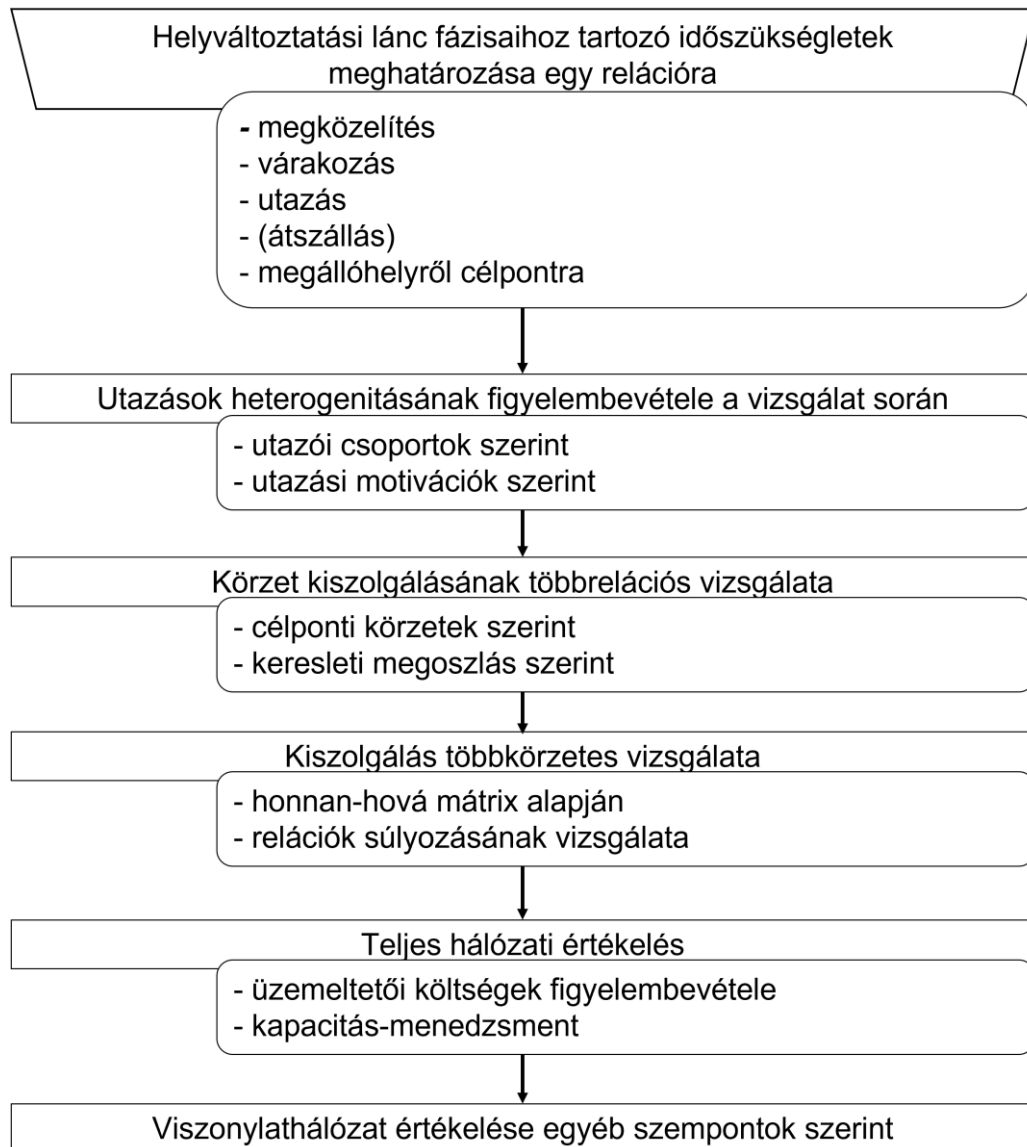
Míg 100 ezer főnél nagyobb lakosságú városokban a hálózattervezés fókuszja az egyes relációkat illetően leginkább a járatsűrűség, a megállóhelyi területi lefedettség állandó értéként történő kezelésében, addig a 100 ezer főnél kisebb lakosságú városokban a viszonylathálózat által biztosított megállóhelyi területi lefedettség és a járatsűrűség közötti helyettesíthetőség [36], [38] lényegesebb kérdés a méretgazdaságosság szempontjait figyelembe véve. A városméretből adódóan a 100 ezer főnél kisebb lakosságú városokban a jellemző járatsűrűség bizonyos határok között mozog, továbbá jellemzően a városi közösségi közlekedési hálózat ezekben a városokban egyféle közlekedési eszközre épül, így a közösségi közlekedési módok közötti kölcsönhatás elhagyható.

Egy adott terület (városrész, lakókörzet, település) kiszolgálása többféle megoldással elképzelhető, így a területre meghatározhatók különböző kiszolgálási variánsok. A szakirodalomban fellelhető modellek pl.: [6], [28], [49] leginkább négyféle általános hálózati struktúrát alkalmaznak – bővebben 3.2.2 fejezt, azonban a megállóhelyi lefedettség a legtöbb vizsgált modellben állandó, az utazási igényt a legtöbb modell a megállóhelyeken pontszerűen jelentkező igényként kezeli. Fielbaum és mtsai az optimális vonaltávolságot vizsgáló kutatásukban [28] arra az eredményre jutottak, hogy a járatsűrűség és a közvetlen kapcsolat bizonyos mértékig a megállóhelyi lefedettség helyettesítője lehet.

A terület kiszolgálásának vizsgálata a módszerrel, a felhasználói költségeket a helyváltoztatási lánc valós és érzékelt időszükségleteként, az üzemeltetési ráfordításokat az üzemeltetés állandó és futásteljesítmény-függő költségekkel figyelembe véve számítható. A lépéseket **2. ábra** mutatja be.

Első lépésben egy relációhoz tartozó helyváltoztatási lánc időszükségleteinek általános számszerűsítése szükséges, majd az utazói csoportokat és az utazási motivációkat megkülönböztetve figyelembe veendő az utazások eltérő jellege, az utazások heterogenitása. Ezt követően a kiszolgálás több relációra vonatkoztatva értékelendő a módszerrel, majd a kiszolgálás többkörzetes vizsgálatát alkalmazva településegységekre, illetve teljes településekre meghatározott viszonylati változatok

összevetése lehetséges. A viszonylathálózat számszerű paramétereinek értékelését követően az elemzés eredményei minőségi-, és teljesítménymutatók meghatározásával árnyalhatók.



2. ábra: A módszer lépései *(forrás: saját szerkesztés)*

A módszerben alkalmazott jelölések magyarázatát a **3. táblázat**, illetve a több kontextusban előforduló indexek jelöléseit és magyarázatát a **4. táblázat** tartalmazza. A csak egyszer előforduló indexek, és az összetett kifejezésekben szereplő futóindexek az egyes módszertani lépéseknél is részletes magyarázattal ellátva szerepelnek.

3. táblázat: A módszerben alkalmazott jelölések, (forrás: saját szerkesztés)

Jelölés	Definíció	Mérték-egység
VRC	az összes, a közösségi közlekedés üzemeltetése és igénybevétele során felhasznált erőforrás	[Ft]
C_o, C_u, C_c C_p	a közösségi közlekedési hálózat felhasználói és üzemeltetési költségei	[Ft]
Y	adott körzetben jelentkező utazási kereslet	[fő]
$t_a, t_w, t_v,$ t_r, t_e	a helyváltoztatási lánc fázisainak időszükséglete	[óra]
p_{r_1}	az átszállás fix (időfüggetlen) időérték-tényezője	[Ft / átszállás]
p_{r_2}	az átszállás időfüggő tényezője	[Ft/óra]
σ_{ai}	a megközelítési fázisban az egyes közlekedési módok aránya	[%]
σ_{ei}	a megállóhelyről a célpontra tartó fázisban az egyes közlekedési módok aránya	[%]
s_i	a megközelítési/megállóhelyről célpontra való megérkezésig tartó út hossza i közlekedési móddal	[m]
v_i	a megközelítés/ megállóhelyről célpontra való megérkezés során i közlekedési mód átlagsebessége	[m/s]
t_{s_i}	a megközelítés elindulásának többletidő-szükséglete (pl: lakatnyitás)	[óra]
t_{d_i}	a megközelítés megérkezésének többletidő-szükséglete (pl: lakatzárás)	[óra]
f_{o-d}	adott relációt kiszolgáló viszonylat(ok) követési ideje	[óra]
$t_{vm_{o-d}}$	a helyváltoztatás során a járművön töltött idő mozgással töltött része	[óra]
$t_{vw_{o-d}}$	a helyváltoztatás során a járművön töltött idő várakozással töltött része	[óra]
t_{vm_i}	i megállóközben mozgással eltöltött idő	[óra]
t_{vw_i}	i megállóközben várakozással eltöltött idő	[óra]
g_d, g_{o-d}	a célkörzet (célponti körzetek vizsgálatánál) és a reláció fontosságát jelző súlytényező	[-]
q_d	a célkörzet funkciója alapján meghatározott súlytényező	[-]
d_d	a célkörzet népsűrűsége alapján meghatározott súlytényező	[-]
ω	a területi funkció és a népsűrűség viszonyát meghatározó együttható	[-]
B_i	a flotta egyes járműveit jelző változó	
P	a hálózat futásteljesítménye időegység alatt	[járműkm / óra]
dir	a közvetlen viszonylattal kiszolgált honnan-hová párok aránya a teljes hálózaton	[-]
tdir	a közvetlen viszonylattal kiszolgált utazások aránya a teljes hálózaton	[-]
con	a gráfként reprezentált viszonylathálózat éleinek száma osztva a síkábrázolható gráf max. élszámával	[-]
div	egy relációt kiszolgáló viszonylatok számának reciproka	[-]

4. táblázat: A módszerben több kontextusban alkalmazott indexek, definícióik és előfordulásuk *(forrás: saját szerkesztés)*

Jelölés	Definíció
o	a szolgáltató költségeit jelző index
c	a járművek fenntartásából eredő állandó költségtényezőt jelző index
p	a járművek futásteljesítményéből eredő változó költségtényezőt jelölő index
u	a felhasználó költségeit jelző index
$o - d$	az adott relációt (honnan-hová pontpárt) jelző index
a	az időszükségletek és időértékek megközelítési fázisát jelölő index
w	az időszükségletek és időértékek megállóhelyi várakozási fázisát jelölő index
v	az időszükségletek és időértékek járművön töltött idő fázisát jelölő index
r	az időszükségletek és időértékek átszállási fázisát jelölő index
e	az időszükségletek és időértékek megállóhelyről célpontra való megérkezési fázisát jelölő index
m	az utazói motivációkat jelölő index
g	az egyes utazói csoportokat jelölő index
α	a tetszőleges kiinduló körzetből a városközpontba tartó helyváltoztatásokat jelölő index
β	a tetszőleges kiinduló körzetből a legközelebbi alközponti területre tartó helyváltoztatásokat jelölő index
γ	a tetszőleges kiinduló körzetből távolabbi alközponti, vagy perifériás területre tartó helyváltoztatásokat jelölő index
$o - \alpha,$ o $- \beta,$ $o - \gamma$	az adott relációt háromszintű topológiai felosztásos vizsgálat során jelző indexek
$o \rightarrow$	a körzetből kiinduló összes utazást jelölő index
$line$	egy viszonylatra vonatkozó index

5.1. Körzet kiszolgálásának vizsgálata

A városi közösségi közlekedési hálózatok működtetésének célja legtöbb esetben a társadalmi jólét maximalizálása [5], [27], [67], mely a szolgáltató (c_o) és a felhasználó (c_u) költségeinek minimalizálásával érhető el (1), ahol VRC az összes a közösségi közlekedés üzemeltetése és igénybevétele során felhasznált erőforrás.

$$(1) \quad \min(VRC) = \min(c_o + c_u)$$

A szolgáltató költségei (c_o) rendszerint a járműflotta fenntartására (beleértve a hálózat alapvető működtetéséből adódó költségeket) és közlekedésére fordított összeggel arányosak, míg az utas költségei (c_u) a viteldíjon felül a megállóhelyi és járművön töltött idővesztésekből, várakozásokból, valamint a felszálló megállóhely megközelítésének és a leszállás utáni elgyaloglás időszükségletéből származnak. További költségtényezőként veendő figyelembe az átszállás-okozta kényelmetlenség és

időveszteség [6]. Ennek formalizálására vezettem be a (2) egyenletet, ahol Y az adott körzetben jelentkező közösségi közlekedési kereslet [utas/óra]; t_a, t_w, t_v, t_r, t_e rendre az utazási lánc fázisainak (megközelítés, várakozás, utazás, átszállás, megállóhelyről a célpontra való megérkezés) aggregált időszükségei [óra], p_a, p_w, p_v, p_e rendre az utazási lánc fázisainak (megközelítés, várakozás, utazás, átszállás, megállóhelyről a célpontra való megérkezés) időszükségeihez tartozó időértékek, súlytényezők, melyek az érzékelt idők kifejezésére is szolgálnak [Ft/óra], továbbá R az átszállások száma az utazási láncban, p_{r_1} az átszállás fix (időfüggetlen) büntetése, p_{r_2} az átszállás időfüggő tényezője.

Tekintettel arra az egyszerűsítésre, hogy a viteldíj az utastól a szolgáltatóhoz történő transzferkifizetésként értelmezhető, jelen modell nem terjed ki a viteldíjak vizsgálatára. Az üzemeltetési költségek (c_o) a modell alkalmazása során paraméteresen megválaszthatók, azok a felhasználói költségtől függetlenek, a modellben komponensekre nem bontottak.

$$(2) \quad c_u = Y \cdot (p_a \cdot t_a + p_w \cdot t_w + p_v \cdot t_v + p_{r_1} \cdot R + p_{r_2} \cdot t_r + p_e \cdot t_e + p_o \cdot t_o)$$

A (2) egyenletet adott körzetből kiinduló reláció utazásaira felírva adódik a (3) egyenlet, ahol o a kezdőpont, d a célpont körzetét jelző index. A megállóhely megközelítésére és a megállóhelyi várakozásra vonatkozó idők meghatározásakor is szükséges a reláció ($o-d$ pontpár) megjelölése, hiszen ugyanazon körzetben közlekedő, ugyanakkor eltérő útvonalakat kiszolgáló viszonylatok vonalvezetése – így a viszonylat által biztosított megállóhelyi területi lefedettség – és járatsűrűsége egymástól eltérő lehet.

Átszállás során az átszállás körülményeiből adódóan a valós átszállási idő és az érzékelt átszállási idő egymástól eltérhet, ezt az átszállás időértéke (p_r) foglalja magában.

$$(3) \quad c_{u_{o-d}} = Y_{o-d} (p_a \cdot t_{a_{o-d}} + p_w \cdot t_{w_{o-d}} + p_v \cdot t_{v_{o-d}} + p_{r_1} \cdot R + p_{r_2} \cdot t_{r_{o-d}} + p_e \cdot t_{e_{o-d}})$$

A helyváltoztatási lánc időszükségeit a következő fázisok szerint vizsgáltam, megjelölve a fázis vizsgálatát leíró alfejezet számát is:

- Megállóhely megközelítésének időszüksége (5.1.1)
- Megállóhelyi várakozási idő (5.1.2)
- Járművön eltöltött idő (5.1.3)
- Átszállások időszüksége és vesztesége (5.1.4)
- Megállóhelyről a célpontra való megérkezés időszüksége (5.1.5)

5.1.1. Megállóhely megközelítésének időszükséglete

A megállóhely megközelítésének időszükségletét (t_w) a legtöbb esetben a megállóhelyre történő gyaloglásként értelmezendő (rágyaloglás), azonban napjainkban a mikromobilitási eszközök térhódításának, valamint a személygépjárműbirtoklás növekedésének köszönhetően egyes relációkban (jellemzően ott, ahol a közösségi közlekedési hálózat megállóhelyi területi lefedettsége alacsonyabb – ebből következően a rágyaloglás hossza nagyobb) a rágyaloglást felválthatja saját tulajdonú vagy megosztott eszközzel (pl.: roller, kerékpár, megosztott mikromobilitási eszközök, személygépjármű) megtett utazás.

A rágyaloglás kiválthatóságát számos tényező befolyásolja (pl.: kerékpárnál a csatlakozóponthoz megállóhelyeken kialakított tárolási lehetőségek, vagy azok hiánya, domborzati adottságok, megosztott szolgáltatások szolgáltatási területe). A megközelítési időszükségletet a különböző módok súlyozott összegzéseként számszerűsítettem (4), ahol σ_{ai} az egyes módok aránya (modal share) a megállóhely megközelítéséhez használt összes utazásban.

A legtöbb gyaloglást helyettesítő módnál az utazási idő mellett további elindulási (t_{s_i}) és megérkezési idők (t_{d_i}) is terhelik a megállóhely megközelítésének időszükségletét. Ilyen például a megosztott szolgáltatásoknál a jármű felvétele és leadása, vagy a saját tulajdonú kerékpároknál a kerékpár eloldozása a kiinduló, lezárása a megérkező ponton (5), ahol s_i a megközelítés alatt megtett út [km], v_i a megközelítés átlagos sebessége.

A megközelítés során a megközelítés körülményeiből adódóan a valós megközelítési idő és az érzékelt megközelítési idő egymástól eltérhet, ezt a megközelítési fázis időértéke (p_a) foglalja magában.

$$(4) \quad t_{a(o-d)} = \sum_{i=1}^n \sigma_{ai} \cdot t_{a(o-d)i}$$

$$(5) \quad t_{a(o-d)i} = \frac{s_i}{v_i} + t_{s_i} + t_{d_i}$$

A megállóhely gyalogos megközelítésének helyettesíthetőségét kizárja néhány peremfeltétel. Jelen esetben azzal az egyszerűsítéssel élek, hogy amennyiben egyes módokat kizáró peremfeltétel érvényesül, az adott mód részaránya a gyaloglás részarányához adódik hozzá:

- a megállóhely megközelítéséhez használt módok megoszlásában 0 minden olyan megosztott szolgáltatás aránya, amely az adott területen nem érhető el, ideértve

azokat az eseteket is, amikor a megosztott rendszer állomásbázisú, és a meghatározott körzetben nincsen állomás, illetve, ha a közösségi közlekedési átszállóponton nincsen állomás,

- bár az állomásbázisú kerékpármegosztó rendszerek esetében az elfogadott gyaloglás a kiindulási pont és a kerékpármegosztó, vagy mikromobilitási eszköz-megosztó állomás között 250 méter [68], [69], tekintettel arra, hogy jelen esetben a kerékpár vagy a mikromobilitási eszköz, mint rágyaloglást helyettesítő eszköz merül fel, a megosztott kerékpár használati aránya csökkentendő azzal a területtel, ahonnan az állomás(ok) közvetlen gyaloglással (max. 50 méter) nem elérhető(k),
- amennyiben a közösségi közlekedési átszállóponton, vagy annak közvetlen környezetében nincs lehetőség kerékpártárolásra, a saját tulajdonú kerékpár aránya 0,
- amennyiben a domborzati viszonyok (emelkedők, lejtők) a kerékpározást, vagy mikromobilitási eszközök használatát lehetetlenné teszik, ezen eszközök megállóhelyi megközelítésben figyelembe vett aránya 0,
- amennyiben a megállóhely megközelítésére használható útvonalakon nem áll rendelkezésre biztonságosan kerékpározható infrastruktúra, illetve nem áll rendelkezésre mikromobilitási eszközökkel igénybe vehető infrastruktúra (pl.: lépcsős útvonal), ezen módok megállóhelyi megközelítésben figyelembe vett aránya 0.

5.1.2. Megállóhelyi várakozási idő

Fan és Machemel kutatása alapján [38] a megállóhelyi várakozás ideje 11 percig inkább véletlen mintázat szerint történik, míg 11 perc felett lineárisan növekvő. A megállóhelyi várakozási idő a (6) egyenlet szerint számítható [38], ahol f_{o-d} az adott o-d-t kiszolgáló viszonylat(ok) követési ideje.

A megállóhelyi várakozás során a várakozás körülményeiből adódóan a valós megállóhelyi várakozási idő és az érzékelt megállóhelyi várakozási idő egymástól eltérhet, ezt a megállóhelyi várakozási fázis időértéke (p_w) foglalja magában.

$$(6) \quad t_{w_{o-d}} = \frac{f_{o-d}}{2}; \text{ ha } f_{o-d} \leq 11 \text{ perc}$$

$$t_{w_{o-d}} = 2,28 + 0,29 \cdot f_{o-d}; \text{ ha } f_{o-d} > 11 \text{ perc}$$

5.1.3. Járművön eltöltött idő

A járművön eltöltött idő alapesetben a viszonylat menetrendben meghatározott menetidejével azonos. Felbontható megállóhelyek közötti menetidőre („hasznos idő”) és a megállóhelyeken keletkező, az utascseréből adódó várakozással töltött időre („üres idő”) (7) . A modell szempontjából a két megállóhely közötti sebesség változása elhanyagolható, a megállóhelyek közti menetidő megadása elegendő [26], lásd (8) egyenlet, ahol i az útvonalon érintett megállóhelyek sorszáma ($i=1...n$). Az utascsere idővesztése függ a megállások számától és a megállóhelyi utascsere volumenétől [6], [18], lásd egyenlet (9), ahol i az útvonalon érintett megállóhelyek sorszáma.

Így a kisebb kapacitású, sűrűbben megálló viszonylatok esetében a megállóhelyek száma jelentősebb, a nagyobb kapacitású, gyorsabb viszonylatok esetében ugyanakkor az utascsere időtartama a domináns [18], [26].

A járművön eltöltött idő fázisának során az utazás körülményeiből adódóan a valós utazási idő és az érzékelt utazási egymástól eltérhet, ezt a járművön eltöltött idő időértéke (p_v) foglalja magában. Az érzékelt időre hatással van az adott járművön tapasztalható zsúfoltság, így a járművön eltöltött idő időértéke a zsúfoltságtól közvetlenül függ, tehát összefüggésben áll az adott reláció utazási keresletével, a relációt kiszolgáló viszonylatok járatsűrűségével, valamint a relációt kiszolgáló viszonylatokon alkalmazott befogadóképacitástól.

$$(7) \quad t_{v_{o-d}} = t_{vm_{o-d}} + t_{vw_{o-d}}$$

$$(8) \quad t_{vm(o-d)} = \sum_{i=1}^n t_{vm_i}$$

$$(9) \quad t_{vw(o-d)} = \sum_{i=1}^n t_{vw_i}$$

5.1.4. Átszállások időszükséglete és vesztesége

Az utazási komfortot alapvetően befolyásolja az átszállások száma és minősége, ezáltal az átszállások tervezése a viszonylathálózat kialakítása során kulcsfontosságú szempont [6].

Az átszállás történhet ugyanazon megállóhelyen („közös peronos”, „közös kocsállásos” átszállás), illetve előfordulhat, hogy egy-egy átszállási kapcsolat során a különböző viszonylatok megállói között gyaloglás (járművön szállítható mikromobilitási

eszköz esetén saját járművel megtett kiegészítő utazás) szükséges. Az átszállásra vonatkozó időszükségletet a vonatkozó időértékekkel együtt a (3) egyenletben formalizáltam.

5.1.5. Megállóhelyről a célpontra való megérkezés időszükséglete

A megállóhelyről a célpontra való megérkezés időszükségletét a legtöbb esetben a megállóhelyről történő gyaloglásként értelmezendő (elgyaloglás), azonban napjainkban az elgyaloglás kiváltható más eszközökkel, tekintettel az eszközök alkalmazhatóságának peremfeltételeire is. A megállóhelyről a célpontra való megérkezéshez azonban mind a megtett távolság, mind a gyaloglást felváltó módok jellemzően alacsonyabb értéket képviselnek a kezdő megállóhely megközelítése esetében vizsgált ugyanezen paraméterek tekintetében [37], [45]

A megállóhelyről a célpontra való megérkezés időszükséglete a különböző módok súlyozott összegzéseként megadható (10), ahol σ_{ei} az egyes módok aránya (modal share) a megállóhelyről a célpontra való megérkezéshez használt összes utazásban, figyelembe véve az egyes utazási módoknál az elindulási (t_{s_i}) és megérkezési idők (t_{d_i}) is értékeit is (11), ahol s_i a megközelítés alatt megtett út [km], v_i a megközelítés átlagos sebessége. A megállóhelyről a célpontra való megérkezés során a körülményekből adódóan a valós eljutási idő és az érzékelt eljutási idő egymástól eltérhet, ezt az elgyaloglási fázis időértéke (p_e) foglalja magában.

$$(10) \quad t_{e(o-d)} = \sum_{i=1}^n \sigma_{ei} \cdot t_{e(o-d)i}$$

$$(11) \quad t_{e(o-d)i} = \frac{S_i}{v_i} + t_{s_i} + t_{d_i}$$

5.2. Az utazások heterogenitásának figyelembevétele

Tekintettel arra, hogy a közösségi közlekedéssel megtett utazások nem tekinthetők homogénnek, az egyes utasok preferenciája eltérő, a módszerben az utazások heterogenitását is figyelembe vettem az utazási motivációk és az utazói csoportok meghatározásán keresztül. Az utazási motivációk az utazás időbeliségét is magukban foglalják, tekintettel arra, hogy az utazási motiváció befolyásoló ereje (pl.: munkakezdés) pontosabban meghatározható. Például a reggeli csúcsidőben bár domináns a hivatásforgalom jelenléte az utazási motivációk a csúcsidőszakon belül is eltérők lehetnek.

Az utazások heterogenitása, a preferenciák eltérése az időértékek differenciálásával érvényesíthető. Ily módon az egyes időértékek kiegészítése szükséges az utazási motivációk és utazói csoportokat reprezentáló indexekkel, ebből fakadóan az utazói kereslet is utazási motivációkra, utazói csoportokra bontva adtam meg (12), ahol m az adott utazási motivációt, g pedig az adott utazói csoportot jelölő index. A relációban utazó összes utas teljes időszükséglete az egyes csoportok összegzett időszükségletének összegzésével adható meg (13).

$$(12) \quad c_{u_{o-d} m_g} = Y_{o-d m_g} (p_{a m_g} \cdot t_{a_{o-d}} + p_{w m_g} \cdot t_{w_{o-d}} + p_{v m_g} \cdot t_{v_{o-d}} + p_{r_1 m_g} \cdot R + p_{r_2 m_g} \cdot t_{r_{o-d}} + p_{e m_g} \cdot t_{e_{o-d}})$$

$$(13) \quad c_{u_{o-d}} = \sum_{m=1}^4 \sum_{g=1}^6 c_{u_{o-d} m_g}$$

5.2.1. Utazói csoportok meghatározása

Az utazói csoportokat Mándoki disszertációja [14] alapján határoztam meg. Mivel vizsgálatom szempontjából hangsúlyos az adott utazás időbelisége és motivációja (csúcsidőben – hivatásforgalmi, csúcsidőn kívül – szabadidős), illetve kiemelt fontosságúak a módváltáshoz kapcsolódó jellemzők, az eredeti csoportosítást további két alcsoportra bontottam (munka-, és szabadidős célú utazási jellemzők), továbbá saját szempontokat is megfogalmaztam (dőlttel jelölve) a KTI Ajkai Járási Tanulmányának eredményeit is felhasználva [60]. Mándoki disszertációjában [14] az aktív korú utazói réteget a közösségi közlekedés használata szerint hivatásforgalmi és rendszeres-alkalmi használók alcsoportra bontja. Tekintettel arra, hogy az általam kidolgozott módszer elsődleges fókuszában nem a közösségi közlekedés áll, így az aktív korú utazókat hivatásforgalomban résztvevő és hivatásforgalomban nem résztvevő alcsoportokra bontottam. Utóbbiba tartoznak a kismamák, a (részben) otthonról dolgozók, vagy a munka jellegéből adódóan nem csúcsidőszakban utazók (mesteremberek, belvárosi tárgyalások közötti utazók). Az utazói csoportok utazásjellemzőit az **5. táblázat** tartalmazza. Megjegyzendő, hogy az utazási szokások az életkor előrehaladásával változnak.

5. táblázat: Az utazói csoportok (forrás: [14] alapján saját szerkesztés)

csoportok		jellemzők	utazás ideje	
g	megnevezés		csúcsidei	csúcsidőn kívüli
1	tanulók	költség	alacsony költség preferenciája	
		komfort	nem számottevő szempont	
		térbeli-időbeli paraméterek	<i>gyors eljutás igénye megjelenik</i>	<i>gyors eljutás igénye megjelenik</i>
		jellemző módválasztás	<i>közösségi közlekedés, egyéni gépjármű utasként, esetleg kerékpár</i>	<i>közösségi közlekedés, egyéni gépjármű utasként, esetleg kerékpár</i>
		egyéb	<i>a módválasztás gyakran nem önálló, szülők döntései alapján, a kisebbek nem egyedül utaznak</i>	
2	felsőoktatási hallgatók	költség	jelentős árérzékenység	
		komfort	megjelenő szempont	
		térbeli-időbeli paraméterek	gyors eljutás mérsékelt preferenciája	gyors eljutás mérsékelt preferenciája
		jellemző módválasztás	<i>ált. közösségi közlekedés, kerékpár</i>	<i>ált. közösségi közlekedés, kerékpár</i>
		egyéb	<i>a lakóhelyüktől eltérő régióban tanuló hallgatók hétvégén más relációban is számottevő keresletet alkotnak</i>	
3	aktív korú, hivatás-forgalomban résztvevő utasok	költség	a közösségi közlekedés használatáért a legnagyobb árat fizetik (de számos esetben a munkáltató téríti a közlekedési költségeket)	
		komfort	kiemelt szempont, minőségérzékenység	
		térbeli-időbeli paraméterek	kiemelt szempont	
		jellemző módválasztás	<i>közösségi közlekedés, kerékpár, egyéni gépjármű, esetleg megosztott autó</i>	<i>közösségi közlekedés, kerékpár, egyéni gépjármű, esetleg megosztott autó</i>
		egyéb	közösségi közlekedésben való arányuk növelhető	
4	aktív korú, hivatás-forgalomban nem résztvevő utasok	költség	hivatásforgalomban nem vesznek részt	<i>legtöbbször csúcsidei árat fizetnek</i>
		komfort		kiemelt szempont
		térbeli-időbeli paraméterek		fontos szempont
		jellemző módválasztás		közösségi közlekedés
		egyéb		
5	inaktív korúak	költség	a közösségi közlekedés Magyarországon számukra díjmentes	
		komfort	ergonomikus kialakítás, akadálymentesség, könnyű fel és leszállás, rendelkezésre álló ülőhely szempont, érzékenyek a zsúfoltságra	
		térbeli-időbeli paraméterek	nem fontos szempont, általában átlagos, vagy kisforgalmú időszakban utaznak	
		jellemző módválasztás	leginkább közösségi közlekedés, esetleg egyéni gépjármű, kerékpár	
		egyéb	modern technológiát (pl. okostelefon) nehezebben használják	
6	turisták	költség	kisebb érzékenység	
		komfort	nem kiemelt, de fontos szempont	
		térbeli-időbeli paraméterek	rendszeres használók szabadidős, turisztikai céllal	
		jellemző módválasztás	<i>közösségi közlekedés, megosztott autó, férőhelymegosztás, mikromobilitási eszközök</i>	
		egyéb	cél a közlekedési rendszer egyszerűsége, idegen nyelvű tájékoztatás is előnyös	

dőlt: saját kiegészítés

5.2.2. Utazási motivációk meghatározása

Az utazási motivációk a Hu és mtsai tanulmánya [29] alapján: hivatásforgalmi, baráti látogatások, szórakozás, bevásárlás és ügyintézés, valamint egyéb motiváció (pl: rokon szállítása), ugyanakkor a „baráti látogatásokat” és a „szórakozást” a szabadidő (i=2) motivációba összevontam.

hivatásforgalmi (m=1)

- aktív korú munkavállalók utazása munkahelyre, tanulók, hallgatók utazása oktatási intézménybe, utazásaik legtöbb esetben minden munkanapon kétszer megvalósulnak,
- a térbeli-időbeli paraméterek jelentős súllyal számítanak, a kötött munkakezdés, becsengetés miatt, valamint az utazás megvalósulása rendszeresen ugyanazon paraméterekkel (kezdő-, és célpont, időpont stb.) történik, így a kínálat megtervezése könnyebb.

szabadidő (m=2)

- sporttevékenység: tanulók, felsőoktatási hallgatók és aktív korúak többnyire délután vagy hétvégén, illetve kismértékben munkakezdés előtt (6:00-8:00-ig), inaktív korúak egész nap,
- kulturális tevékenység (színház, koncert): minden csoport, leginkább délután és este, illetve hétvégén,
- kirándulás, turisztikai tevékenység: minden csoport, leginkább hétvégén, illetve tanszünetben, nyáron (különösen a tanulók és a felsőoktatási hallgatók esetében),
- barátok és rokonok látogatása: jellemzően délután és este, hétvégén, ünnepekkor bevásárlás és ügyintézés (m=3)

- napközben inaktív korúak, délután és hétvégén aktív korúak,
- kerülendő az út során az átszállás a nagy csomagok miatt és a módváltás.

egyéb (m=4)

- minden, ami az 1-3 kategóriákba nem tartozik bele, pl.: kórházlátogatás, családtagok szállítása, egyházi programokon való részvétel, speciális utazások

Az Ajkai Járási Tanulmány szerint a hivatásforgalmi motiváció az utazások 57%-át tette ki, a vásárlási célú utazás 29%-os arányban szerepel, további 4% az ügyintézés, illetve 4% az egészségügyi intézmény felkeresése. A szabadidős utazási motiváció mindössze a válaszok 1%-át alkotta. Természetesen valamekkora diverzitás figyelhető meg, amennyiben az utazási motivációkat korosztályok szerint is vizsgáljuk [60].

Az egyes motivációkhoz tartozó módválasztás tekintetében a nagybevásárlások túlnyomórészt egyéni gépjárművel történnek, emellett Ajkán 18%-nyi aránnyal az autóbusz, illetve 7%-kal a nem motorizált módok (döntően gyaloglás, kis részben kerékpár) is részt vesznek a közlekedési munkamegosztásban. Az egészségügyi intézményt legtöbbször gyalog keresik fel, míg az ügyintézéshez használt közlekedési módok változatos képet mutatnak: a személygépjármű (46%), a gyaloglás (27%) és a közforgalmú autóbusz (23%) van jelen, mint számottevő közlekedési mód. Kismértékű eltérés mutatkozik a szabadidős utazásoknál. [60].

5.3. A körzet kiszolgálásának többrelációs vizsgálata

Egy városban, városrészben működő viszonylathálózat értékelése a relációs kiszolgálás vizsgálata mellett lehetséges többrelációs vizsgálattal is, tekintettel arra, hogy egy körzet utazási igényeinek célpontja egymástól eltérő lehet, az utazási keresletben jellemzően egyidejűleg van jelen városmérettől és városszerkezettől függően a városközpontba, a kiinduló körzethez legközelebbi alközpontba, illetve más alközpontba, vagy perifériás területre tartó utazás. A körzeten belüli utazásokat jelen fázisban nem vizsgálom, tekintettel arra, hogy jellemzően – körzetbeosztástól függően – a közösségi közlekedési hálózaton ezek aránya minimális a más körzetbe tartó utazásokhoz képest.

A többrelációs vizsgálatot elvégeztem célponti körzetek meghatározásával (5.3.1 fejezet), ebben az esetben a vizsgálat szintjeit a városközpontba, a legközelebbi alközponti és más alközponti vagy perifériás területre tartó utazások képzik. Az ilyen jellegű vizsgálatok hátránya a célponti körzetbesorolástól való erős függés.

Amennyiben teljes keresleti megoszlás meghatározásával történik (5.3.2. fejezet) a körzet kiszolgálásának többrelációs vizsgálata, a keresleti lehatárolás nincs kategóriákhoz rendelve, a kiválasztott célpontok-célkörzetek száma kötetlen.

5.3.1. Célponti körzetek meghatározásával

A többrelációs vizsgálatához szükséges meghatározni a körzetből kiinduló utazások célpontjait, illetve a körzetből kiinduló utazások célpont szerinti megoszlását.

A városi topológia legtöbb esetben alapvetően meghatározza az utazási igények fő áramlatait, azonban egyes esetekben (pl.: a központi területen kívül eső hipermarketek, egészségügyi vagy oktatási intézmények) a forgalmi irányok ezek mellett additív (többször), néhány helyen szubsztitutív (helyettesítő) módon is megjelenhetnek. A terület forgalmi viszonyait, és az utazások irányultságait befolyásolja, hogy egy városi terület a

településen belül hol helyezkedik el. Emellett egyfajta ellenállástényezőként is értelmezhető, hiszen távolabbi körzetből a centrumba vagy átellenes távoli körzetbe történő utazás magasabb monetáris, időbeli és egyéb ráfordításokat igényel. Egy kínai tanulmányban [29] Changting városát négyféleképpen osztják körzetekre, a 21 körzet négyféle besorolásnak megfelelően lehet központi, átmeneti, ipari, vagy szuburbánus terület.

Bálint és mtsai mobilitási szolgáltatások szükségességét vizsgáló kutatásukban [70] a településen belüli elhelyezkedés szerint a changtingi tanulmányt alapul véve megkülönböztetnek centrum, centrummal szomszédos, decentrum, centrumtól távolabb eső és városszéli, perifériás területeket.

Fielbaum és mtsai munkája alapján háromféle alapvető városi topológia különböztethető meg [6]:

- monocentrikus város
 - o egy központi terület és azt körülvevő lakóövezetek,
 - o a legtöbb utazási célpont (ügyintézés, munkahelyek, oktatási intézmények) a központi-belvárosi területen található,
 - o hazai példa: Sopron, Veszprém
- policentrikus város
 - o a belvárosi-központi terület mellett több alközponti terület, decentrum,
 - o az utazási célpontok (ügyintézés, munkahelyek, oktatási intézmények) a decentrumokban helyezkednek el,
 - o lakóövezetek a decentrumokat körülvevő helyezkednek el,
 - o hazai példa: Szeged, Miskolc
- diszperz város
 - o nem azonosítható egyértelmű központ,
 - o gyakori olyan esetekben, amikor a városban több, egymástól jelentősen eltérő funkció dominánsan van jelen, ugyanakkor a város kiterjedése nem nagy,
 - o hazai példa: Balatonfüred – a lakossági és turisztikai centrum súlypontjai nem esnek egybe, ugyanakkor a két terület egymástól nehezen elválasztható.

A városok szinte kivétel nélkül ötvözik a három topológia jellemvonásait, tisztán csak egy kategóriába sorolható városok igen ritkák. Az utazási modell megalkotásához az egyes körzetekből a központba, alközpontba és más nem központi területre irányuló

utazások aránya megadható. A jellemző utazási irányok meghatározásával a körzet szempontjából nézve a város topológiája indokolt esetben módosítható.

A különböző körzetbeosztások összefoglalása a **6. táblázat**ban található.

6. táblázat: A településen belüli elhelyezkedés kategóriái

Fielbaum et. al [6]	mobilitási szolgáltatások szükségessége [70]	Changting [29]
központ	centrum	központi
alközpont	centrumot körülvevő	átmeneti (iparterület is)
	városrész-központ, decentrum	
	centrumtól távolabb eső	-
periféria	városszéli, külterületi	szuburbánus

A körzetek kijelölésekor az összefüggő, a legtöbb jellemző tekintetében homogén területeket soroltam egy körzetbe (pl.: hasonló méretű épületek, hasonló területfelosztás). A centrumban a funkciók nagy sűrűsége miatt rendszerint kisebb a körzet mérete, míg a kertvárosi körzetek nagyobb területegységet is felölelnek. A terület jellege leginkább a funkciójától függ, de jellemzően különböző jellegű területeken különböző mennyiségű lakóhely található. A módszer kidolgozásakor a továbbiakban a Fielbaum féle (központ – alközpont – periféria) felosztást használok. A körzetkategóriák jellemzőit a **7. táblázat** tartalmazza

7. táblázat: A településen belüli elhelyezkedés kategóriái *(forrás: saját szerkesztés)*

Megnevezés	Jellemzők
központ	- többnyire a belvárosi terület - hivatali, önkormányzati, adminisztratív, esetleg turisztikai, vendéglátói funkciók
alközpont	- centrumi településrészszel szomszédos - a centrumnál kevesebb forgalomvonzó létesítmény - nagyobb városrész központja, - kisebb üzletek, alapvető szolgáltatás (bank, gyógyszertár, kormányhivatal)
periféria	- a városhatárhoz közeli terület, - kertvárosi jellemzőkkel, - jellemzően lakófunkció, - minimális szolgáltatás (élelmiszerüzlet)

Ennek megfelelően az adott körzetből városközpontba tartó helyváltoztatásokat α , az adott körzetből a legközelebbi („saját”) alközponti területére tartó helyváltoztatásokat β , az adott körzetből más („idegen”) alközponti, vagy perifériás körzetbe tartó (átlós) helyváltoztatásokat γ jelöli. A kiinduló körzet teljes utazási kereslet ezen 3 csoportba

besorolt célpontokba tartó utazások között oszlik meg ($Y_o = Y_{o-\alpha} + Y_{o-\beta} + Y_{o-\gamma}$). Tekintettel a módszer alkalmazási célterületére, a kiinduló körzetből az idegen alközponti és perifériás területekre tartó utazási kereslet bontása nem szükséges, az idegen alközponti és perifériás területeket jellemzően ugyanazon viszonylatok szolgálják ki, a különböző perifériás területeket összekötő harántirányú viszonylatok jelenléte ritka.

Amelyik városban a legtöbb körzetben α a legmagasabb, a város leginkább monocentrikus jellegű, hasonlóan β dominanciája policentrikus, míg γ legmagasabb értéke diszperz várost jellemez.

A körzetből kiinduló utazások csoportosíthatók célkörzet, illetve célreláció szerint is, ennek megfelelően a helyváltoztatási lánc időszükségletének meghatározása is kétféleképpen történhet. A körzetből kiinduló célkörzet szerinti időszükséglet vizsgálatakor az 5.2 fejezetben egyes o-d relációkra meghatározott időszükségletből előállítható a helyváltoztatás időszükséglete célkörzetek szerint a körzetből a városközpontba (14), a saját alközpontba (15), illetve az idegen alközpontba, vagy perifériás körzetbe (16) tartó utazások időszükséglete.

$$(14) \quad c_{u_{o-\alpha}} = Y_{o-\alpha}(p_a \cdot t_{a_{o-\alpha}} + p_w \cdot t_{w_{o-\alpha}} + p_v \cdot t_{v_{o-\alpha}} + p_{r_1} \cdot R + p_{r_2} \cdot t_{r_{o-\alpha}} + p_e \cdot t_{e_{o-\alpha}})$$

$$(15) \quad c_{u_{o-\beta}} = Y_{o-\beta}(p_a \cdot t_{a_{o-\beta}} + p_w \cdot t_{w_{o-\beta}} + p_v \cdot t_{v_{o-\beta}} + p_{r_1} \cdot R + p_{r_2} \cdot t_{r_{o-\beta}} + p_e \cdot t_{e_{o-\beta}})$$

$$(16) \quad c_{u_{o-\gamma}} = Y_{o-\gamma}(p_a \cdot t_{a_{o-\gamma}} + p_w \cdot t_{w_{o-\gamma}} + p_v \cdot t_{v_{o-\gamma}} + p_{r_1} \cdot R + p_{r_2} \cdot t_{r_{o-\gamma}} + p_e \cdot t_{e_{o-\gamma}})$$

Ennek megfelelően a kiinduló körzet teljes utazási keresletéből származó helyváltoztatási időszükséglet meghatározható a kiinduló körzetből a városközpontba, a saját alközpontba és idegen alközpontba tartó helyváltoztatások időszükségletének összegzésével (17).

$$(17) \quad c_{u_{o \rightarrow}} = c_{u_{o-\alpha}} + c_{u_{o-\beta}} + c_{u_{o-\gamma}}$$

A körzetből kiinduló utazások felhasználói költsége az egyes relációk összegeként adódik, így a viszonylathálózati kialakítások során a legkevesebb felhasználói költséget eredményező hálózat a legjobb – a felhasználói szempontokat figyelembe véve. Fontos megjegyezni, hogy a vizsgálat ezen fázisában az utazási kereslet meghatározása körültekintőbb felmérést igényel, mint a korábbi fázisokban, ugyanakkor éppen ebből

kifolyólag a többrelációs vizsgálat által szolgáltatott eredmény a valós körülményeket a relációnkénti vizsgálatoknál nagyobb pontossággal reprezentálja.

5.3.2. Keresleti megoszlás meghatározásával

A keresleti megoszlás meghatározásánál a körzetből kiinduló utazások mindegyikét konkrét célponttal, konkrét relációval szerepeltettem a vizsgálatban. Hasonlóan a célponti körzetmeghatározáshoz, a vizsgált körzetből kiinduló összes utazás aggregálása szükséges, azonban jelen esetben relációnként. Az egy kiválasztott relációhoz tartozó helyváltoztatási lánc időszükségletét a (3) egyenlet alapján összegezve a (18) egyenlet szerinti összefüggés adódik, ahol n a célkörzetek száma.

$$(18) \quad c_{u_{o \rightarrow}} = \sum_{d=1}^n c_{u_{o-d}}$$

A körzet kiszolgálásának vizsgálata keresleti megoszlás meghatározásával lehetővé teszi az egyes viszonylathálózati változatok vizsgálatát úgy, hogy a vizsgálat során a körzetbeosztás más tényezőktől független. A körzetméret így szabadon változtatható, ezáltal a körzetbeosztás finomítása a célponti körzetek kategóriákhoz képest, valamint a településen belüli körzetek felosztási heterogenitása alkalmazható.

5.3.3. A körzetek eltérő fontosságának figyelembevétele

A körzetméret és körzetbeosztás heterogenitása adott esetben súlyozás útján is érvényesíthető, így megkülönböztetve egymástól a körzeteket (pl: intézményi ellátottság, lakosságszám szempontok szerint) (19), ahol g_d az egyes körzetek súlyértéke.

$$(19) \quad c_{u_{o \rightarrow}} = \sum_{d=1}^n g_d \cdot c_{u_{o-d}}$$

A körzetek súlyozásának szempontjaiként az irodalomkutatás eredményeire támaszkodva a terület funkcióját és a népsűrűséget határoztam meg. Tekintettel arra, hogy a helyváltoztatási lánc vizsgálatakor a körzet vagy reláció kereslete számszerű módon szerepel az értékelésben, a népsűrűség hatása a körzet súlyértékére alacsony. A két szempont súlyozásban való szerepét a (20) egyenlet írja le, ahol ω a területi funkcionalitás és a népsűrűség viszonyát definiáló együttható, q_d a körzetre funkcionalitás szempontjából, míg d_d a körzetre népsűrűség szempontjából meghatározott súlytényező.

$$(20) \quad g_d = \omega \cdot q_d + (1 - \omega) \cdot d_d$$

A terület jellege leginkább a funkciójától függ, de jellemzően különböző jellegű területeken különböző mennyiségű lakóhely található. A területeket két részre osztottam, lakossági, illetve nem lakossági területre. A nem lakossági területen a népsűrűség, mint szempont legtöbbször nem értelmezett, ezesetben $\omega = 1$. Az egyes területek forgalmi viszonyait jelentősen befolyásolja, hogy az adott területen milyen funkció valósul meg.

A képzett kategóriákat a BKK egységes forgalmi modelljében alkalmazott területi felosztását alapul véve, saját kiegészítésekkel az **8. táblázatban** foglalom össze. A kiegészítések a következők:

- lakótelepek bontása méret szerint, tekintettel arra, hogy a különböző méretű lakótelepeken különböző mennyiségű utazási igény jelentkezik,
- közlekedési csomópontok, hiszen az eljutási láncban kulcsszerepet játszanak, a módváltás potenciális helyszínei,
- továbbá figyelembe véve, hogy az utazási igények megjelenése (időbeli – a héten, illetve napon belül) a lakossági, ipari és bevásárló területekhez képest eltér a következő területeken, megkülönböztettem: természeti, kórházi, oktatási, temetői és sportcélú területet.

8. táblázat: A területkategóriák jellemzői *(forrás: saját szerkesztés)*

Megnevezés	Jellemzők
lakossági területek	
nagy lakótelep	- 20-30 lakásos társasházak, - közepes mennyiségű zöldfelülettel (esetleg játszótér) - lakóépületi funkciók - közintézmények (melyek forgalomvonzása jelentős akár a település határain túlról is), - kisebb bevásárló egységek (élelmiszer, ruhaüzlet, ügyintézés)
közepes lakótelep / nagy lakópark	- 10-20 lakásos társasházak, - mérsékelt mennyiségű zöldfelület - leginkább lakóépületi funkció - néhány közintézmény
kis lakótelep / kis lakópark	- 5-10 lakásos társasházak - közepes mennyiségű zöldfelület - leginkább lakóépületi funkció
kertváros	- jellemzően 1-2 lakásos kertesházak - alacsonynagy laksűrűség - alapfokú közintézmények - sok zöldterület
belvárosi terület	- irodaházak, hivatali épületek - kulturális épületek (pl. múzeum)
nemlakossági területek	
iparterület	- gyártó, és egyéb üzemek - minimális lakó funkció, - esetenként bevásárlóközpontok
oktatási terület	- egyetemek és kollégiumaik - iskolák és óvodák
kórházi terület	- kórházi épületei
bevásárló-központok területe	- bevásárlási céllal létrehozott jól elkülönített terület (pl.: piac, vásárcsarnok) - több nagy üzletközpont (szupermarketek, hipermarketek)
természeti és turisztikai terület	- szabadtéri időtöltésre alkalmas területek - turistalátványosságok környezete - szabadidősport
közlekedési csomópont	- vasútállomások - autóautóbusz-állomások - intermodális közlekedési csomópontok - hajókikötők - repülőtér
temető	- temetők
sportcélú terület	- stadionok, sportpályák, uszodák, sportközpontok

5.4. Kiszolgálás többkörzetes vizsgálata

Az egyes körzetek keresleti megoszlás szerint vizsgált felhasználói költségeket több kiinduló körzetre meghatározva együttesen vizsgálható ezen körzetek kiszolgálása. Az 5.3.2 fejezetben leírtaknak megfelelően az egy körzetből kiinduló helyváltoztatási láncokra vonatkozó felhasználói költségösszeg kiinduló körzetek szerinti összegzésével számítottam a vizsgált körzetcsoporthoz teljes felhasználói költségösszegét (21), ahol m a

kiinduló körzetek száma, n a célkörzetek száma. Amennyiben minden körzet kiinduló és célkörzet is egyben, $m = n$. A vizsgálat ebben a fázisában teljes honnan-hová mátrixok behelyettesítése is lehetséges.

$$(21) \quad c_u = \sum_{o=1}^m \sum_{d=1}^n c_{u_{o-d}}$$

Az egyes relációk eltérő jellege a többkörzetes vizsgálat során is érvényesíthető az egyes relációkhoz rendelt súlyértékekkel (22), ahol g_{o-d} az adott reláció súlyértéke.

$$(22) \quad c_u = \sum_{o=1}^m \sum_{d=1}^n g_{o-d} \cdot c_{u_{o-d}}$$

A megfelelő körzetkijelölés, valamint a körzetek keresletének (honnan-hová igények), és az egyes változatokhoz tartozó helyváltoztatási időszükségletének meghatározásával az értékelés tetszőleges kiterjedésű és felosztású körzetre elvégezhető, egyszersmind teljes városi autóbuszközlekedési-hálózat értékelése is lehetséges.

A módszer végrehajtásának ezen pontján lehetőség nyílik a felhasználói költségek mellett az üzemeltetési költségek számbavételére is. Ekkor célszerűen az értékelendő terület megegyezik az adott üzem(egység) szolgáltatási területével.

Az üzemeltetési ráfordításokat a flottaméretből, valamint a járműméretből adódó állandó (pl. karbantartás, rendelkezésre állás biztosításának költsége) és változó (c_c) – a futásteljesítménnyel arányos költségek alkotják. (pl: üzemanyagfogyasztás egy kilométeren). Meghatározható az adott viszonylathálózati változat kiszolgálásához szükséges meddő-teljesítmény, melyet a járművek garázs menetben, utasok szállítása nélkül tesznek meg. Az üzemeltetési ráfordítások formalizálását a (23) egyenletben adtam meg, ahol B_i a flotta egyes járműveit jelző változó, P pedig a viszonylathálózati változat futásteljesítménye időegység alatt.

$$(23) \quad c_o = \sum_{i=1}^n B_i \cdot c_c + P \cdot c_p$$

A felhasználói költségeket és üzemeltetési ráfordításokat összegezve (24) megfogalmaztam a társadalmi erőforrások felhasználásának kiszámítási módját, melyet az (1) egyenletben kitűzött célfüggvénybe helyettesítve a felhasználói és üzemeltetési költségeket is tartalmazó értékelést határoztam meg.

Fontos megjegyezni, hogy a felhasználói költségek számszerűsítésénél alkalmazott Y időegység alatti utazási kereslet egy relációban és P időegység alatti hálózati

futásteljesítmény esetében az időegységek szinkronizációja elengedhetetlen. További peremfeltételként határozható meg, hogy a relációban jellemző járatra vetített kereslet az egy jármű befogadóképességét nem haladhatja meg (25), ahol $Y_{line-o-d}$ a viszonylat által szállított utasmennyiség $C_{B_{o-d}}$ a relációt kiszolgáló viszonylatok járműveinek kapacitása.

$$(24) \quad VRC = \sum_{o=1}^m \sum_{d=1}^n g_{o-d} \cdot c_{u_{o-d}} + \sum_{i=1}^n B_i \cdot c_c + P \cdot c_p$$

$$(25) \quad \frac{Y_{line-o-d}}{1/f_{o-d}} \leq C_{B_{line-o-d}}$$

5.5. A hálózatot jellemző további minősítő paraméterek

A viszonylathálózati változatok értékelésekor a helyváltoztatás időszükségleteiből adódó felhasználói költségtényezők mellett további értékelő paraméterek vehetők figyelembe az utazási lánc vizsgálata során, melyek az értékelési vizsgálat kiegészítéseként használható.

Az adott területet kiszolgáló viszonylathálózat az **9. táblázat**ban leírt mutatókkal értékelhető. Tekintettel arra, hogy ezen mutatók az értékelés kiegészítésül szolgálnak, a mutatók közötti összefüggést nem definiáltam, a mutatók leíró értékelésként vehetők figyelembe. Minden mutató 0 és 1 közötti értékeket vehet fel, további minden mutató esetében az 1 érték az ideális.

9. táblázat: A viszonylathálózatot leíró mutatók
(forrás: saját szerkesztés, felhasználva [6] eredményeit)

Mutatók	Leírás	Jel, értelmezési tartomány
honnan-hová-közvetlenség	a honnan-hová párok közül mekkora hányad teljesül közvetlen eljutás átszállás nélkül [6]	$0 \leq dir \leq 1$
közvetlenség	az utazások közül hány teljesül közvetlenül, átszállás nélkül (feltételezzük, hogy az utasok a legrövidebb/legolcsóbb eljutási lehetőséget választják) [6]	$0 \leq tdir \leq 1$
kapcsolódás	amennyiben a hálózatot egy gráfként reprezentáljuk (csúcs = megállóhely, él = viszonylat által kiszolgált megállóköz), a gráf éleinek száma osztva a viszonylathálózatot reprezentáló gráffal megegyező csúcsszámú síkábrázolható gráf maximális élszámával [6]	$0 \leq con \leq 1$
viszonylathálózati egyszerűség	adott relációt (honnan-hová párt) kiszolgáló viszonylatok számának reciproka	$0 \leq div \leq 1$

6. Alkalmazás

6.1. Az alkalmazás során általánosan alkalmazott értékek

A helyváltoztatási lánc fázisainak időszükségleteihez tartozó súlytényezők meghatározásakor az Európai Unió 2021-2027-es időszakra vonatkozó pénzügyi és közgazdasági elemzéséhez készült Vade Mecum kiadványát [71] és a közlekedési externáliák kézikönyvében [72] szereplő adatokat használtam kiindulási alapként. Egy óra utazási idő értéke a 2016-os Magyarországra vonatkozó érték a gazdasági környezet változásait (pl: GDP, infláció) figyelembe véve a 2022. decemberi EUR árfolyamra tekintettel körülbelül 3900 Ft.

$$p_a = p_e = p_w = p_{r_2} = 2 \cdot p_v$$

$$p_v = 3936 \left[\frac{\text{Ft}}{\text{óra}} \right]$$

$$p_{r_1} = 984 \left[\frac{\text{Ft}}{\text{átszállás}} \right]$$

A megállóhely megközelítéséhez igénybe vett közlekedési módot a német kisvárosokban végzett MiD (Mobilität in Deutschland) felmérés 0-0,4 km-es távolságra vonatkozó adataiból határozom meg (**10. táblázat**). Tekintettel arra, hogy az adatok 0-1 km-es utazási távolságra 200 méterenkénti bontásban csak a 2002-es felmérés adataiból állnak rendelkezésre, a 2002-es adatokat [65] a 2017-es jelentés [63] 2002-es adatokkal vett összehasonlításból meghatározott korrekcióval alkalmazom a megállóhely megközelítéséhez igénybe vett közlekedési módra, továbbá saját becslés alapján a mikromobilitási eszközök arányát is figyelembe veszem.

10. táblázat: Közlekedési módok jellemző megoszlása utazási távolság szerint
(forrás: [65] és [63] alapján saját szerkesztés)

utazási távolság [km]	gyalog	kerékpár	autó	mikromobilitási eszköz
0-0,2	93	4	1	2
0,2-0,4	81	9	5	5

A megközelítési és a megállóhelyről a célpontra való érkezéshez használt módok átlag-sebesség-értékei:

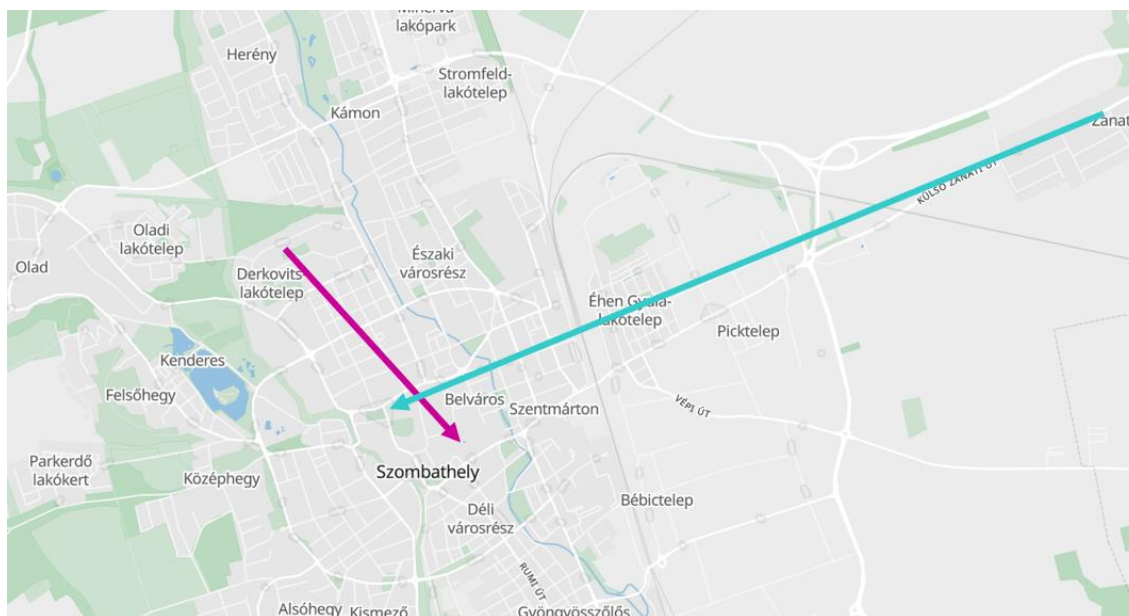
$$v_{gyaloglás} = 5 \frac{\text{km}}{\text{h}}; v_{kerékpár} = 15 \frac{\text{km}}{\text{h}}; v_{személygépjármű} = 15 \frac{\text{km}}{\text{h}};$$

$$v_{mikromobilitási\ eszköz} = 10 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Az alkalmazási esettanulmányok bemutatása Szombathely egyes területein keresztül történik. Szombathely Vas vármegye székhelye, Magyarország nyugati részén helyezkedik el, lakossága mintegy 80 ezer fő. Jelentős regionális oktatási, kulturális, egészségügyi és ipari központ, számos nagyfoglalkoztató működtet telephelyet, gyáregységet a városban. Az osztrák határ közelsége miatt jelentős a határon átgázók száma. A város monocentrikus jellegű, a városközpontot többnyire társasházakból álló lakótelepek, majd a korábban önálló településként létező városrészek egy kertvárosi gyűrűt alkotnak.

6.2. Relációs vizsgálat

A relációs vizsgálat során egy lakótelepről a belvárosba tartó, illetve egy városzéli övezetből a helyközi autóbuszállomásra tartó utazást értékelek, 2-2 hálózati kialakítással. A két reláció térképes megjelenítése a **3. ábra**.



3. ábra: A relációs vizsgálat során vizsgált relációk
(forrás: Savaria Utas utazástervező [74] alapján saját szerkesztés)

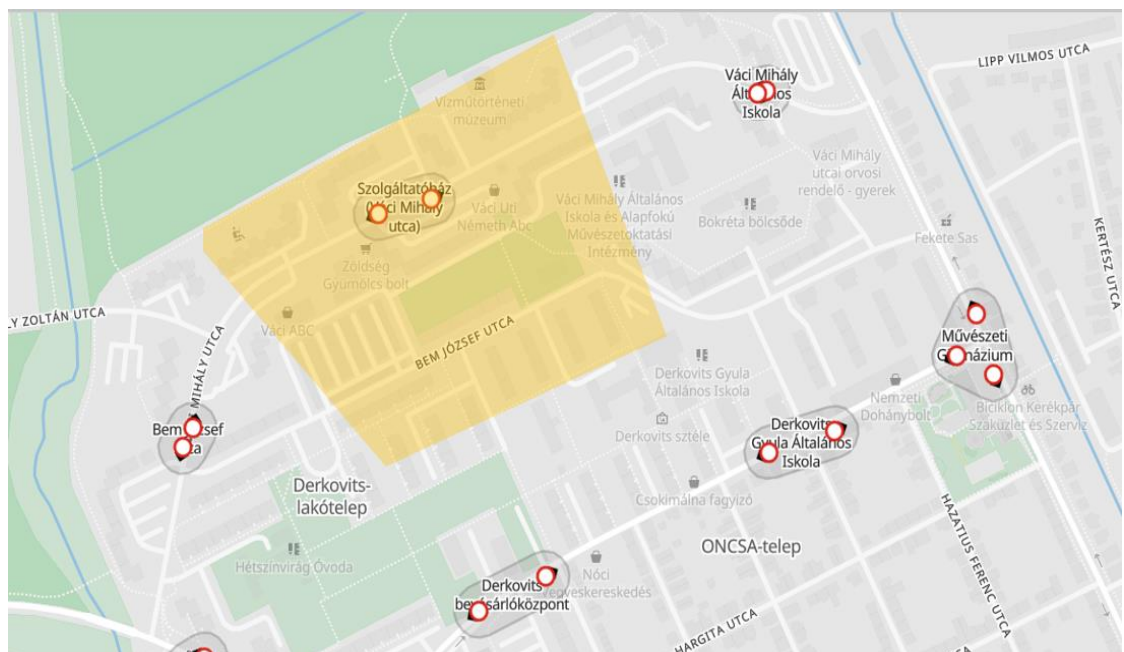
6.2.1. 1. reláció: Szombathely (Váci Mihály utca – Fő tér)

Szombathelyen a Derkovits lakótelep az egyik legnépesebb lakótelep, a város északnyugati részén helyezkedik el. A kiindulási pont a Szolgáltatóház (Váci Mihály utca) megállóhely vonzáskörzete (**4. ábra**), a célpont a belvárosban található Fő tér vonzáskörzete. Az utazási láncok jellemző értékeit a **11. táblázat** szemlélteti. Az alkalmazás során feltételezhető, hogy az utasok időminimumra törekednek, így a leggyorsabb utazási lehetőséget választják [73]. A megállóhelyről a célpontra való

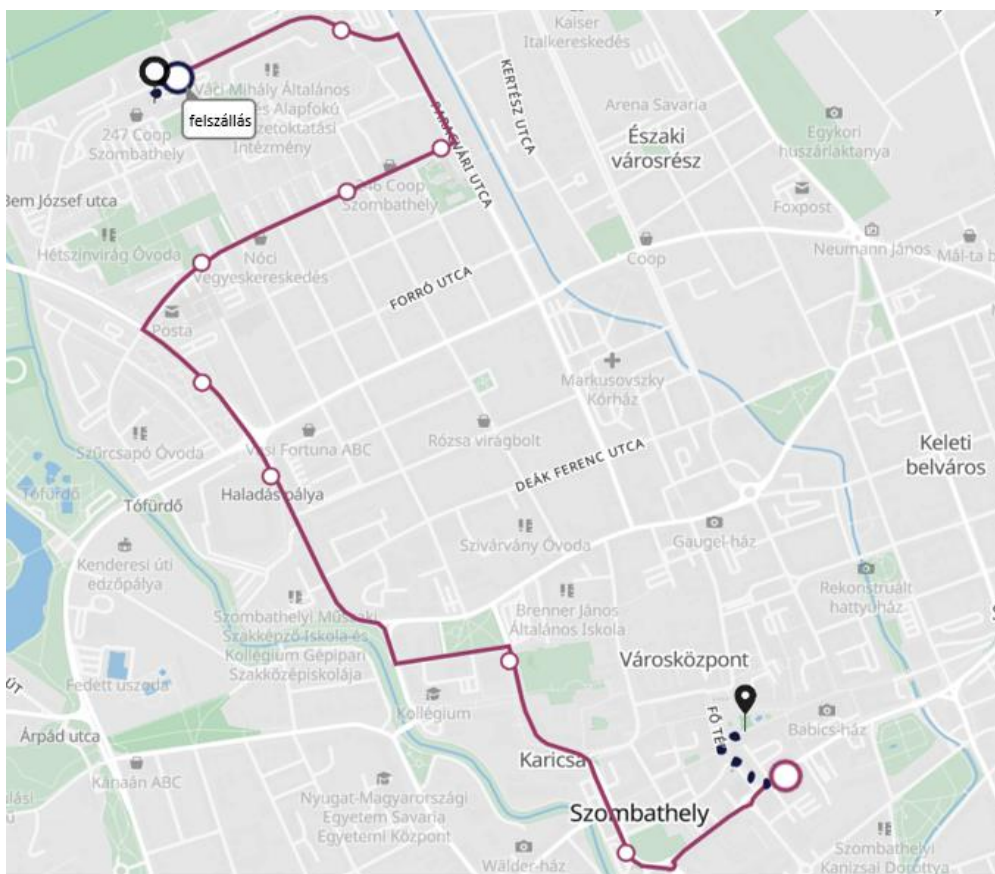
megérkezés esetében jelen alkalmazásban feltételezem, hogy a fázisban részt vevő módok kizárólag a gyalogos és a mikromobilitási módok. Az alkalmazásban feltételezem, hogy Szombathely belvárosában megosztott kerékpár és megosztott elektromos roller szolgáltatás elérhető.

A vázolt két viszonylathálózati struktúra csúcsidei változatokat képez:

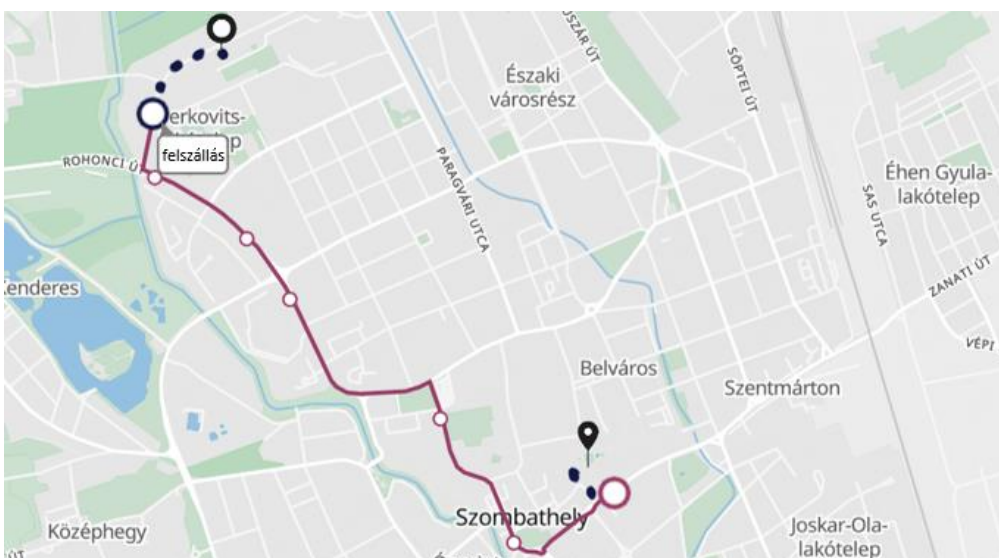
- 1) a Szolgáltatóház (Váci Mihály utca) megállóhelyről 15 percenként közlekedik autóbusz a belváros irányába, a leszállástól 250 m-en belül elérhető a Fő tér. Átszállás nem szükséges. Tekintettel arra, hogy a megállóhelyet kiszolgáló viszonylat a lakótelep egészét feltárja a menetideje a két megálló között 14 perc. **(5. ábra)**
- 2) a Szolgáltatóház (Váci Mihály utca) megállóhelyen nincs rendszeres viszonylat a belváros irányába, azonban a Bem József utca megállóhelyről 10 percenként közlekedik autóbusz a belváros irányába, a leszállástól 250 m-en belül elérhető a Fő tér. Átszállás nem szükséges. A viszonylat a Bem József utcától dél felé halad, így a Fő térhez legközelebb eső megállót 11 perc alatt éri el. **(6. ábra)**



4. ábra: Az 1. esettanulmányban bemutatott utazások kiinduló körzete – sárgával jelölt (forrás: Savaria Utas utazástervező [74] alapján saját szerkesztés)



5. ábra: Az 1. relációhoz tartozó 1. változat eljutásának térképes ábrázolása
(forrás: Savaria Utas utazástervező [74])



6. ábra: A 1. relációhoz tartozó 2. változat eljutásának térképes ábrázolása
(forrás: Savaria Utas utazástervező [74])

11. táblázat: A helyváltoztatások időszükségeinek, és ahhoz kapcsolódó paramétereinek összefoglalása *(forrás: saját szerkesztés)*

	1. reláció – 1. változat				1. reláció - 2. változat			
megközelítés átlagos távolsága [m]	100				400			
megközelítés módjai	gyalog	kerékpár	személy- gépjármű	mikro- mobilitási eszköz	gyalog	kerékpár	személy- gépjármű	mikro- mobilitási eszköz
módok aránya a megközelítésben [%]	93	4	1	2	81	9	5	5
elindulási időszükséglet [perc]	0	1	0,5	0,5	0	1	0,5	0,5
megérkezési időszükséglet [perc]	0	0,5	0,5	0	0	0,5	0,5	0
várakozási időszükséglet [perc]	6,63				5			
járművön töltött idő [perc]	14				11			
átszállások száma	0				0			
megállóhelyről a célpontig tartó távolság [m]	240				240			
megállóhelyről célpontra való utazás módjai*	gyalog	kerékpár	személy- gépjármű	mikro- mobilitási eszköz	gyalog	kerékpár	személy- gépjármű	mikro- mobilitási eszköz
módok aránya az „elgyaloglásban” [%]	92	-	-	8	92	-	-	8
elindulási időszükséglet [perc]	0	-	-	0,5	0	-	-	0,5
megérkezési időszükséglet [perc]	0	-	-	0	0	-	-	0
a helyváltoztatás átlagos valós időszüksége* [perc]	24,54				23,0			
összes egy utasra eső felhasználói költség [Ft]	2302				2296			

* a megközelítéshez és a megállóhelyről a célpontra való megérkezéshez igénybe vett módok arányának megfelelően. Az egyes fázisok időértékei, az érzékelt időket is magukban foglalva az egy utasra eső felhasználói költség tényezőben szerepelnek.

A két verzió megközelítőleg azonos értékeket ért el, annak ellenére, hogy jelentős szolgáltatási eltérés figyelhető meg mind a járatsűrűség, mind a megállóhelyi lefedettség terén. Bár a 2) változatban a megközelítési távolság négyszeresére nőtt, a sűrűbb viszonylati követés – ebből adódóan a megállóhelyi várakozás rövidebb időtartama és a gyorsabb menetidő teljes mértékben kompenzálta a megnövekedett megközelítésből

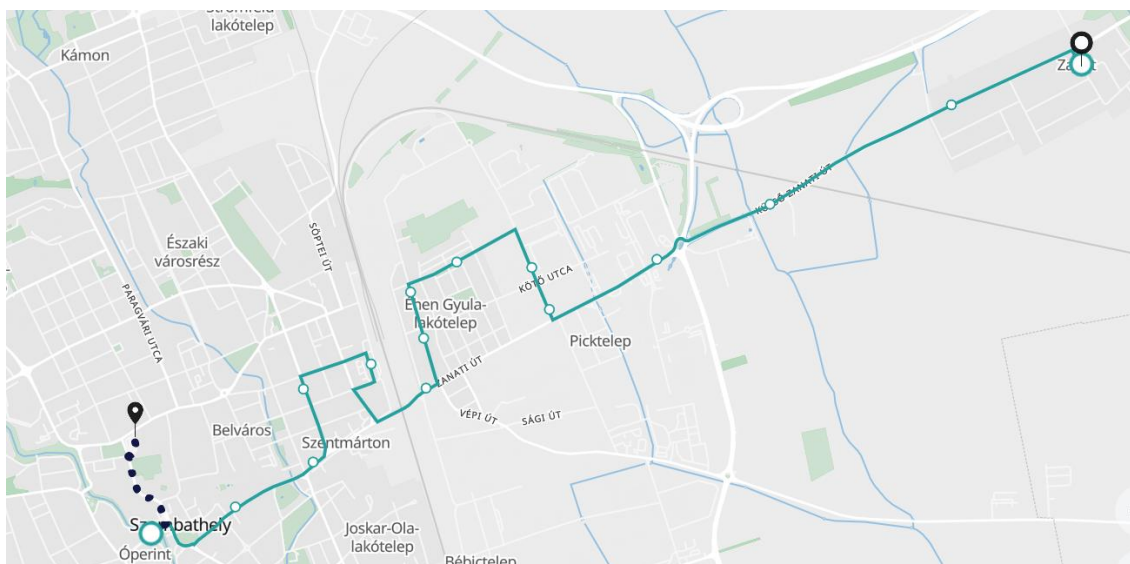
fakadó hátrányt. A változatok alkalmazásakor feltételezhető, hogy a két viszonylathálózati stratégia jármű és személyzetszükséglete megegyező, mely a 2022 augusztusában Szombathelyen bevezetett menetrend szerint helytálló feltételezés, tekintettel arra, hogy a Váci Mihály utca és a Bem József utca térségében csúcsidőben óránként 6 belváros-irányú indulás valósul meg.

6.2.2. 2. reláció: Zanat (keleti kertváros) – Helyközi autóbusz-állomás

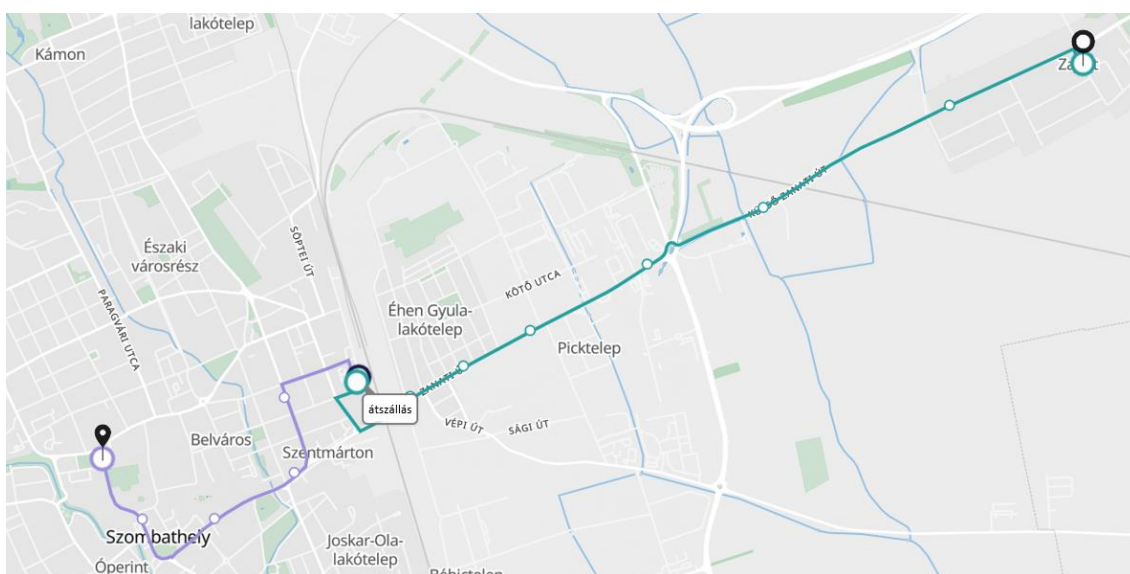
Zanat városrész Szombathely keleti részén található, a XX. század második feléig, Szombathelyhez csatolásáig önálló településként létezett, városszerkezetileg napjainkban sem egybeépült a megyeszékhellyel. A kiindulási pont a helyi járatok zanati autóbusz-fordulója, a célpont pedig a helyközi autóbusz-állomás. Az utazási láncok jellemző értékeit a **12. táblázat** szemlélteti. Az alkalmazás során feltételezhető, hogy az utasok időminimumra törekednek, így a leggyorsabb utazási lehetőséget választják [73].

A vázolt két viszonylathálózati struktúra értékelési szempontja, hogy milyen paraméterekkel (járatsűrűség, járművön eltöltött idő, várakozás) váltható ki egy átszállásmentes, ugyanakkor több gyaloglást tartalmazó, 60 percenként megvalósuló eljutási lehetőség (**7. ábra**) oly módon, hogy a helyi viszonylathálózat decentrumában, a Vasútállomáson átszállási kényszer keletkezik, ugyanakkor a gyaloglás lényegesen kevesebb, tekintettel arra, hogy a második viszonylatról a helyközi autóbusz-állomáson kell leszállni (ld: **8. ábra**). Ebből fakadóan a 6.2.2; 2. változatban a megállóhelyről a célpontra való megérkezést kizárólag gyalogos módon veszem figyelembe. Tekintettel arra, hogy az átszállás időértéke 15 perces konstans-komponense ennyivel növeli meg a helyváltoztatási lánc időértékét, a helyváltoztatási lánc további fázisainak összes csökkenése 15 perc kell legyen. Ez elérhető például az alábbi változatokat alkalmazva:

- az átszállásos eljutás 30 percenként megvalósul, a Vasútállomáson az átszállásra rendelkezésre álló idő 3 perc, továbbá a járművön töltött idő 3 perccel csökken (például gyorsabb vonalvezetéssel az egyes szakaszokon) (a **12. táblázat** ezen értékeket tartalmazza);
- az átszállásos eljutás 15 percenként megvalósul, a Vasútállomáson rendelkezésre álló idő 7 perc, továbbá a járművön töltött idő 3 perccel csökken (például gyorsabb vonalvezetéssel az egyes szakaszokon);
- a helyváltoztatási lánc időszükségletét tovább csökkentheti (más paraméterek növekedését ellensúlyozva), ha a megközelítési fázisban a kerékpározás az autó és a mikromobilitási eszközök használatának aránya növekszik.



7. ábra: A 2. relációhoz tartozó 1. változat eljutásának térképes ábrázolása
(forrás: Savaria Utas utazástervező [74])



8. ábra: A 2. relációhoz tartozó 2. változat eljutásának térképes ábrázolása
(forrás: Savaria Utas utazástervező [74])

12. táblázat: A helyváltoztatások időszükségleteinek, és ahhoz kapcsolódó paramétereinek összefoglalása *(forrás: saját szerkesztés)*

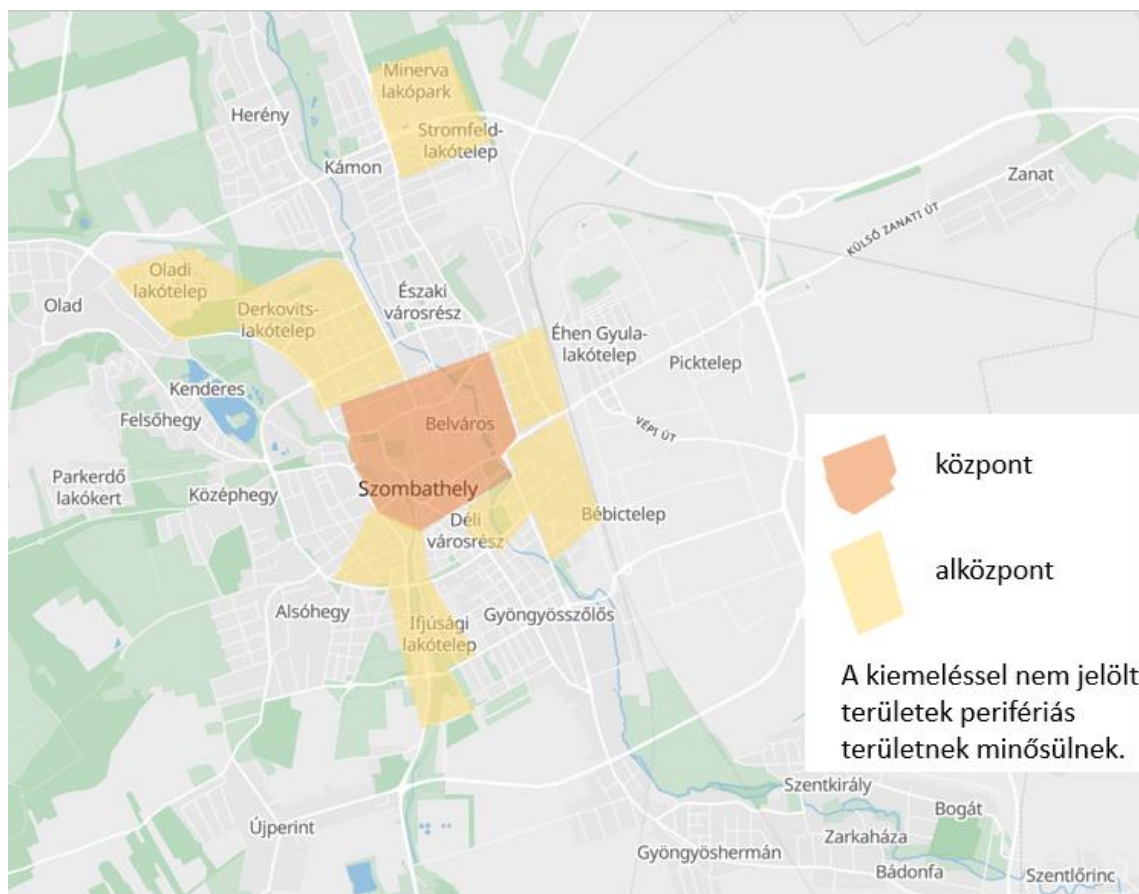
	2. reláció – 1. változat				2. reláció – 2. változat			
megközelítés átlagos távolsága [m]	200				200			
megközelítés módjai	gyalog	kerékpár	személy- gépjármű	mikro- mobilitási eszköz	gyalog	kerékpár	személy- gépjármű	mikro- mobilitási eszköz
módok aránya a megközelítésben [%]	81	9	5	5	81	9	5	5
elindulási időszükséglet [perc]	0	1	0,5	0,5	0	1	0,5	0,5
megérkezési időszükséglet [perc]	0	0,5	0,5	0	0	0,5	0,5	0
várakozási időszükséglet [perc]	19,68				10,98 (Zanaton); 3 (átszálláskor)			
járművön töltött idő [perc]	18				15			
átszállások száma	0				1			
megállóhelyről a célpontig tartó távolság [m]	650				50			
megállóhelyről célpontra való utazás módjai*	gyalog	kerékpár	személy- gépjármű	mikro- mobilitási eszköz	gyalog	kerékpár	személy- gépjármű	mikro- mobilitási eszköz
módok aránya az „elgyaloglásban” [%]	92	-	-	8	1	-	-	-
elindulási időszükséglet [perc]	0	-	-	0,5	0	-	-	-
megérkezési időszükséglet [perc]	0	-	-	0	0	-	-	-
a helyváltoztatás átlagos valós időszükséglete* [perc]	47,28				46,70			
összes egy utasra eső felhasználói költség [Ft]	3561				3588			

* a megközelítéshez és a megállóhelyről a célpontra való megérkezéshez igénybe vett módok arányának megfelelően. Az egyes fázisok időértékei, az érzékelt időket is magukban foglalva az egy utasra eső felhasználói költség tényezőben szerepelnek.

A helyváltoztatási láncban szereplő átszállási kényszer hatása jelentős, ez egybecseng Fielbaum és mtsai vizsgálatának megállapításaival [6]. Ugyanolyan szolgáltatási szint csak a járatsűrűség megduplázásával, rövid átszállási időkkal és a járművön töltött idő csökkentésével érhető el. Fontos megjegyezni, hogy a 3 perces átszállási idő egy kisebb késés esetén az átszállásos eljutás meghíúsulását, illetve jelentős menetidő-növekményt vonhat maga után, dinamikus forgalomirányítási megoldások használatával pedig továbbgyűrűző késést eredményezhet.

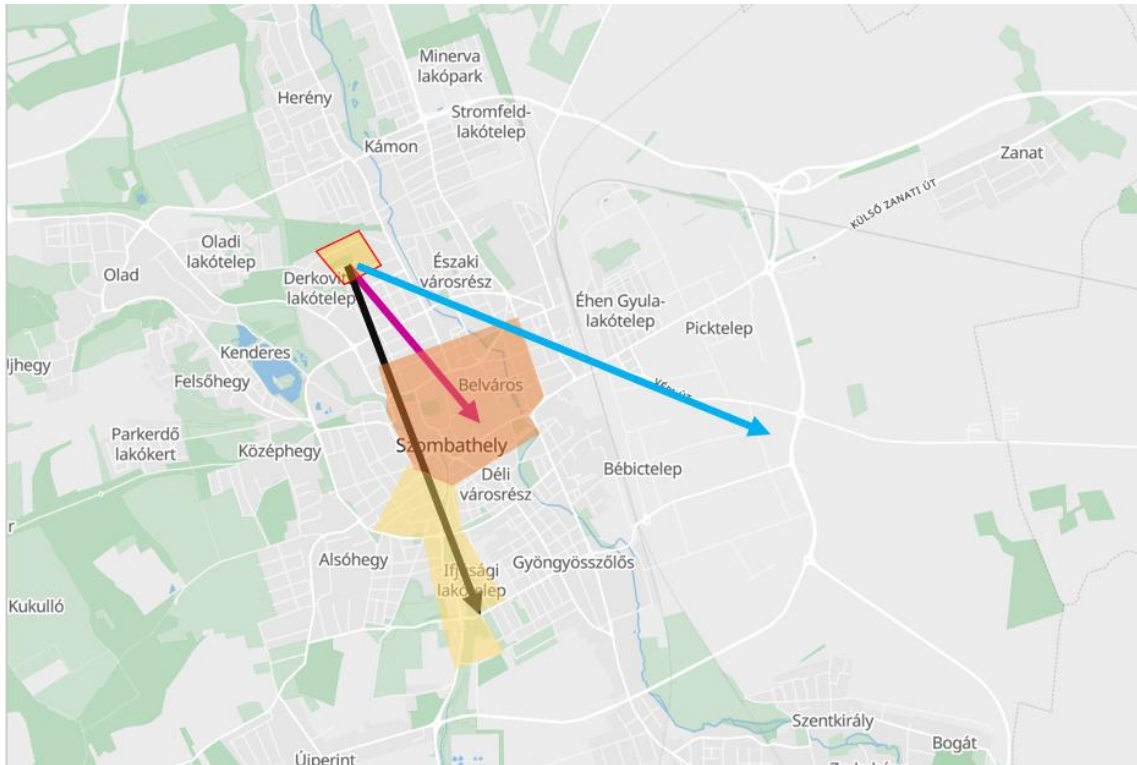
6.3. Hálózat értékelése célponti körzetek alapján

Szombathely topológiai felosztását a **9. ábra** szemlélteti. Látható a város monocentrikus jellege, azonban az elmúlt két évtizedben megépült a Minerva lakópark, és a vonzáskörzetében található szolgáltatási egységek, mely így a város diszperzitását növelik.



9. ábra: Szombathely topológiai felosztása *(forrás: saját szerkesztés)*

A kiindulási pont a Szolgáltatóház (Váci Mihály utca) megállóhely vonzáskörzete (**4. ábra**), a célkörzeteket a Fő tér (központi terület), az Ifjúság lakótelepen található Interspar áruház (idegen alközpont) és a város délkeleti részén található iVy Technology Kft. nagyfoglalkoztató (perifériás terület) reprezentálja. A relációkat térképen is megjelenítettem (**10. ábra**). A körzetek ilyen módon történő megválasztása egyszerűsítéseket alkalmaz a módszerben szerepeltetett körzetek közötti teljeskörű honnan-hová mátrix helyett.

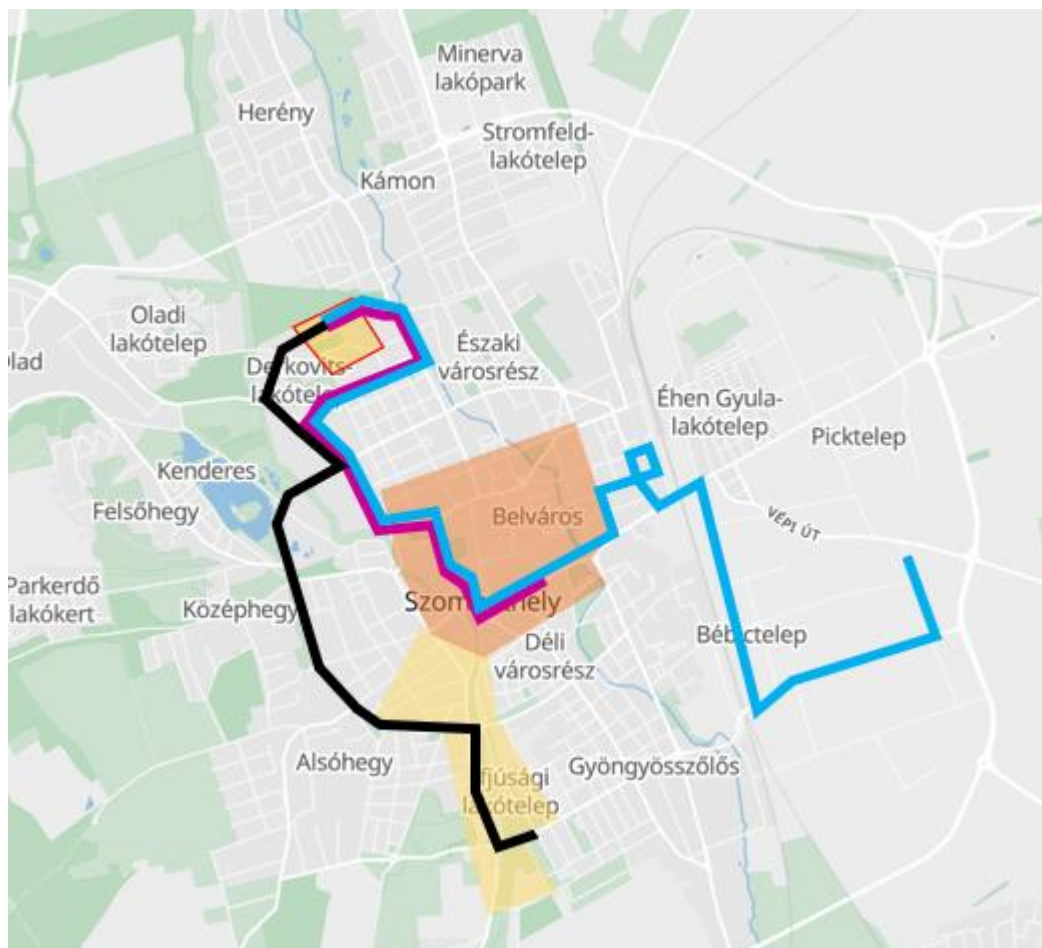


10. ábra: A célponti körzetek alapján történő értékelés relációi
(forrás: saját szerkesztés)

A két viszonylathálózati változat közül az 1. esetben ritkább, ugyanakkor közvetlen viszonylatok biztosítják a kívánt kapcsolatokat, míg a 2. esetben a Derkovits lakótelepet egy sűrűbb gerincvonal szolgálja ki, melyről a Városháza megállóhelyen átszállva, az 5 perces átszállással hangolt járatral érhető el, mind az Interspar, mind az iVy Technology Kft. telephelye. A vázolt két viszonylathálózati struktúra csúcsórai változatokat képez, melyeket térképeken a **11. ábra** és a **12. ábra** szemléltet.

6.3.1. 1. eset (közvetlen kapcsolatok)

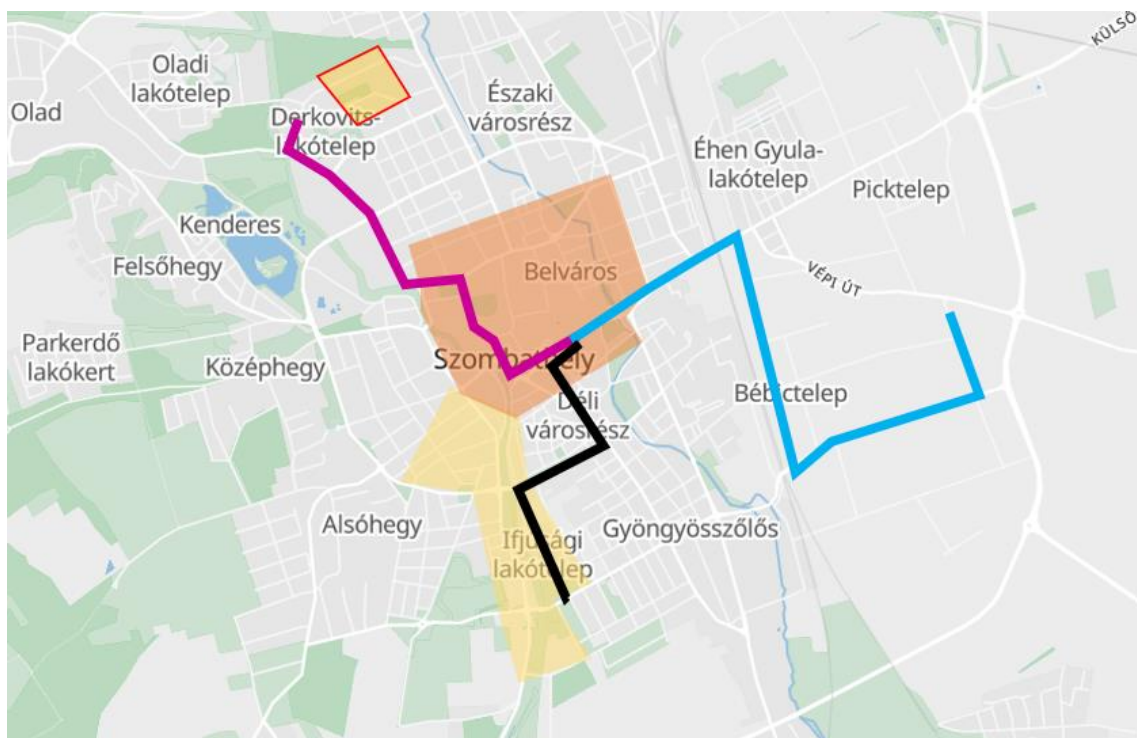
- **központ irányú utazási kapcsolat:** a Váci Mihály utcából 15 percnként közlekedik autóbusz a belváros irányába, a leszállástól 250 m-en belül elérhető a Fő tér. Átszállás nem szükséges. Tekintettel arra, hogy a megállóhelyet kiszolgáló viszonylat a lakótelep egészét feltárja a menetideje a két megálló között 14 perc
- **alközpont irányú utazási kapcsolat:** a Váci Mihály utcától az Interspar áruházhoz 30 percnként közlekedik autóbusz, a leszállástól 250 m-en belül elérhető az üzletközpont. Átszállás nem szükséges. A járat menetideje a két megálló között 14 perc
- **periféria irányú utazási kapcsolat:** a Váci Mihály utcától 60 percnként közlekedik autóbusz az iVy Technology Kft-hez. A leszállástól 250 m-en belül elérhető a telephely bejárata. Átszállás nem szükséges. A járat menetideje a két megálló között 31 perc.



11. ábra: A célponti körzetek vizsgálata esetében az 1. vonalhálózati eset
(forrás: saját szerkesztés)

6.3.2. 2. eset (nagyobb járatsűrűség, átszállásos kapcsolatok)

- **központ irányú utazási kapcsolat:** a Szolgáltatóház (Váci Mihály utca) megállóhelyen nincs rendszeres viszonylat a belváros irányába, azonban a Bem József utca megállóhelyről 7,5 percenként közlekedik autóbusz a belváros irányába, a leszállástól 250 m-en belül elérhető a Fő tér. Átszállás nem szükséges. A viszonylat a Bem József utcától dél felé halad, így a Fő térhez legközelebb eső megállót 11 perc alatt éri el. (6. ábra)
- **alközpont irányú utazási kapcsolat:** a Szolgáltatóház (Váci Mihály utca) megállóhelyen nincs rendszeres viszonylat az Interspar irányába, azonban a Bem József utca megállóhelyről 15 percenként átszállásos csatlakozással elérhető az üzletközpont. A belvárosig tartó menetidő 11 perc, az átszállás időtartama 5 perc, a további menetidő 6 perc.
- **periféria irányú utazási kapcsolat:** a Szolgáltatóház (Váci Mihály utca) megállóhelyen nincs rendszeres viszonylat az iVy Technology Kft. irányába, azonban a Bem József utca megállóhelyről 60 percenként átszállásos csatlakozással elérhető az Interspar. A belvárosig tartó menetidő 11 perc, az átszállás időtartama 5 perc, a további menetidő 12 perc.



12. ábra: A célponti körzetek vizsgálata esetében a 2. vonalhálózati eset
(forrás: saját szerkesztés)

A kiszolgálási változatokhoz tartozó megközelítési és megállóhelyről célpontra történő megérkezési fázisaihoz tartozó paraméterek összefoglalása a **13. táblázatban** és a **14. táblázatban** található, míg a megállóhelyi várakozás, járművön töltött idő és átszállás fázisokhoz tartozó paraméterek a **15. táblázatban** és a **16. táblázatban** láthatók. Az alkalmazás során feltételezhető, hogy az utasok időminimumra törekednek, így a leggyorsabb utazási lehetőséget választják [73]. A megállóhelyről a célpontra való megérkezés esetében jelen alkalmazásban feltételezem, hogy a fázisban részt vevő módok kizárólag a gyalogos és a mikromobilitási módok. Az alkalmazásban feltételezem, hogy a célponti körzetekben megosztott kerékpár és megosztott elektromos roller szolgáltatás elérhető.

13. táblázat: A megközelítés módjainak és időszükségleteinek összefoglalása a célponti körzetek vizsgálatánál (forrás: saját szerkesztés)

	1. eset				2. eset			
megközelítés átlagos távolsága [m]	100				400			
megközelítés módjai	gyalog	kerékpár	személy- gépjármű	mikro- mobilitási eszköz	gyalog	kerékpár	személy- gépjármű	mikro- mobilitási eszköz
módok aránya a megközelítésben [%]	93	4	1	2	81	9	5	5
elindulási időszükséglet [perc]	0	1	0,5	0,5	0	1	0,5	0,5
megérkezési időszükséglet [perc]	0	0,5	0,5	0	0	0,5	0,5	0

** a megközelítéshez és a megállóhelyről a célpontra való megérkezéshez igénybe vett módok arányának megfelelően. Az egyes fázisok időértékei, az érzékelt időket is magukban foglalva az egy utasra eső felhasználói költség tényezőben szerepelnek.*

14. táblázat: A megállóhelyről a célpontra történő megérkezés módjainak és időszükségletei a célponti körzetek vizsgálatánál (forrás: saját szerkesztés)

	1. eset				2. eset			
megállóhelyről a célpontig tartó távolság [m]	240				240			
megállóhelyről célpontra való utazás módjai*	gyalog	kerékpár	személy- gépjármű	mikro- mobilitási eszköz	gyalog	kerékpár	személy- gépjármű	mikro- mobilitási eszköz
módok aránya az „elgyaloglásban” [%]	92	-	-	8	92	-	-	8
elindulási időszükséglet [perc]	0	-	-	0,5	0	-	-	0,5
megérkezési időszükséglet [perc]	0	-	-	0	0	-	-	0

** a megközelítéshez és a megállóhelyről a célpontra való megérkezéshez igénybe vett módok arányának megfelelően. Az egyes fázisok időértékei, az érzékelt időket is magukban foglalva az egy utasra eső felhasználói költség tényezőben szerepelnek.*

15. táblázat: A többrelációs vizsgálat során az 1. esethez tartozó jellemző értékek
(forrás: saját szerkesztés)

Reláció	Váci Mihály utca – Belváros	Váci Mihály utca – Interspar	Váci Mihály utca – iVy Technology Kft.
járatsűrűség [perc]	15	30	60
megállóhelyi várakozás [perc]	6,63	10,98	19,68
járművön töltött idő [perc]	14	14	31
átszállások száma	0	0	0
a helyváltoztatás átlagos valós időszükséglete* [perc]	24,54	28,89	54,59
összes egy utasra eső felhasználói költség [Ft]	2302	2872	5129

16. táblázat: A többrelációs vizsgálat során a 2. esethez tartozó jellemző értékek
(forrás: saját szerkesztés)

Reláció	Váci Mihály utca – Belváros	Váci Mihály utca – Interspar	Váci Mihály utca – iVy Technology Kft.
járatsűrűség [perc]	7,5	15	60
megállóhelyi várakozás [perc]	3,5	6,63	19,68
járművön töltött idő [perc]	11	17	23
átszállások száma	0	1	1
átszállás időtartama [perc]	0	5	5
a helyváltoztatás átlagos valós időszükséglete [perc]	21,49	35,62	54,68
összes egy utasra eső felhasználói költség [Ft]	2099	2903	5009

A 2. esetben az egy utasra eső felhasználói költségek változása kismértékű, leginkább a Váci Mihály utca – Belváros relációban csökken, tekintettel a járatsűrűség kétszeresére növelésére. A másik két relációban az átszállás okozta kellemetlenség miatt megnövekedett időérték miatt az Intersparhoz tartó reláció esetében a járatsűrűség növelése, az iVy Technology Kft.-hez tartó reláció esetében a 8 perccel gyorsabb járművön töltött idő felhasználói költsége nem ellensúlyozta a helyváltoztatási lánc paramétereit olyan mértékben, hogy a felhasználói költségekben számottevő csökkenés bekövetkezzen.

A Váci Mihály utcából kiinduló három reláció forgalmát 2022. októberi reggeli csúcsóra alapján a **17. táblázat** szerint határoztam meg. A legerősebb a belvárosi irány, míg a reggeli csúcsórából fakadóan a városszéli nagyfoglalkoztatóknál dolgozó irodai munkavállalók utazása is megjelenik a felhasználók között.

17. táblázat: A Váci Mihály utca körzetből kiinduló utazások utasforgalmi aránya
(forrás: saját szerkesztés)

Reláció:	Utasforgalmi arány a felszállók számát tekintve [%]
Váci Mihály utca - Belváros	72
Váci Mihály utca – Interspar	12
Váci Mihály utca – iVy Technology Kft.	16

A relációk utasforgalmi arányát figyelembevéve, azokat egyfajta súlytényezőként meghatározható a körzet kiszolgálásának többrelációs vizsgálata a vázolt két viszonylathálózati kialakítással. Az értékek összefoglalása a **18. táblázat**ban látható. Az adatokból megállapítható, hogy a 2. esetben az összes felhasználói költség kevesebb, azonban ennek fő indoka a belvárosba tartó reláción bekövetkezett járatsűrűség-növelés. A másik két relációban a felhasználói költségekben nem tapasztalható jelentős változás. Mindezek arra engednek következtetni, hogy amennyiben a körzetből kiinduló fő utasáramlási irány járatsűrűsége jelentősen növekszik, a párhuzamosan a körzetből kiinduló, kisebb utasforgalmú irányok közvetlen kapcsolata átszállással helyettesíthető. Fontos azonban megjegyezni, hogy az átszállás okozta kényelmetlenség hatása jelentős.

18. táblázat: A többrelációs vizsgálat felhasználói költségeinek számszerűsítése az utasforgalom figyelembevételével (forrás: saját szerkesztés)

Reláció:	1. eset		2. eset	
	összes egy utasra eső felhasználói költség [Ft]	utasforgalmi adatokkal arányosított költség [Ft]	összes egy utasra eső felhasználói költség [Ft]	utasforgalmi adatokkal arányosított költség [Ft]
Váci Mihály utca - Belváros	2302	165 733	2099	151 0127
Váci Mihály utca – Interspar	2872	34 471	2903	34 840
Váci Mihály utca – iVy Technology Kft.	5129	82 072	5009	80 149
Összesen		282 276		266 116

6.4. Többkörzetes vizsgálat

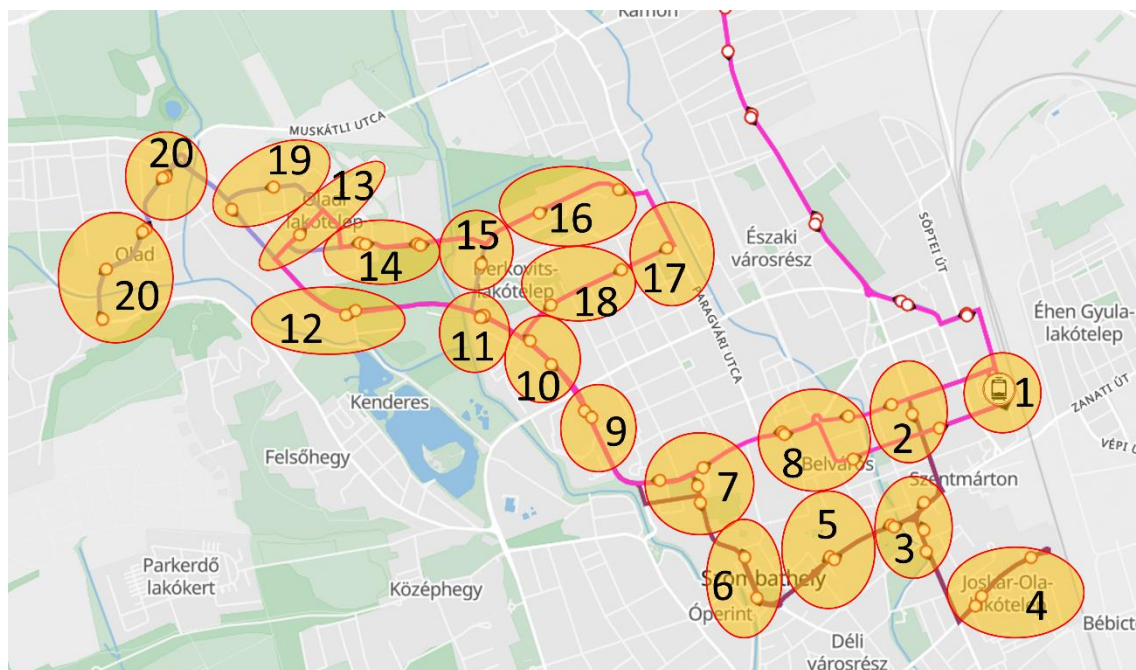
A többkörzetes vizsgálatot Szombathely egyik legfrekvenciáltabb útvonalán, a Vasútállomás – Joskar-Ola városrész – Belváros – Derkovits városrész – Oladi városrész – Olad útvonalon végeztem el. Az útvonal jelentőségét alátámasztja Szombathely Megyei Jogú Város Fenntartható Városi Mobilitási tervében szereplő átlagos munkanapi utasszámát szemléltető térkép (**13. ábra**).



13. ábra: Helyi közösségi közlekedés átlagos munkanapi utazásszáma *(forrás: [62])*

6.4.1. A vizsgálatához használt adatok

A körzeteket többnyire a megállóhelyenként – ideértve annak vonzáskörzetét – vettem fel, egyes esetekben (jellemzően egymástól 400 m-nél közelebb elhelyezkedő, kisebb forgalmú) két megállóhelyet összevontam, illetve az azonos csomópont eltérő ágában elhelyezkedő megállóhelyeket szintén egy körzetként azonosítottam, így a vizsgált útvonalon 21 körzet található. A megállóhelyeket és a körzeteket a **14. ábra** szemlélteti. Az ábrán a körök kiterjedésének nincs jelentősége, csak az együvé tartozó körzetek beosztását hivatott szemléltetni.



14. ábra: A többkörzetes vizsgálat körzetei és megállóhelyei
(forrás: saját szerkesztés, alaptérkép: Savaria Utas utazástervező [74])

Az útvonalat 2022 első félévében (egy-egy eseti – műszakváltáshoz igazodó járatindulást leszámítva) a 30Y és a 9-es jelzésű viszonylatok szolgálták ki, azonban így a megállópárok között számos esetben (pl: Joskar-Ola városrész – Oladi városrész) csak átszállással, vagy többletgyaloglással volt eljutási lehetőség. A 30Y viszonylaton csúcsidőszakban 15, csúcsidőn kívül 30 perces, míg a 9-es viszonylaton csúcsidőben 30 percenként, csúcsidőn kívül 60 percenként közlekedtek autóbuszok. A két viszonylat menetrendje egymáshoz hangolt volt, elsősorban a csúcsidőn kívüli időszakban. A Berzsényi Könyvtár és vonzáskörzetét a viszonylatcsoport nem érintette.

A 2022-es menetrendi felülvizsgálat alkalmával a 2021 végéig közlekedő 5-ös autóbust új útvonalon visszahozva a 30Y és 9 viszonylatok mellé jött létre a tengely főbb csomópontjai között (Vasútállomás, Órásház, Tesco supermarket, Oladi iskolák) csúcsidőben 10 perces követésű tengely. A viszonylatok egyenként 30 perces járatsűrűséget biztosítanak csúcsidőben, ugyanakkor a menetrendi hangolásnak köszönhetően a közös szakaszokon (melyek érintik a frekvenciált csomópontokat) 10 percenként követik egymást az autóbuszok.

Az útvonalon található relációk keresletét 2022. október 17-én, hétfőn a reggeli 7:00-8:00 időszak felszállószámai alapján becsléssel határoztam meg, ez összesen 428 utazást jelent ebben a csúcsórában. A forgalomszétosztást a felszállószámok arányaiban végeztem el (egy körzetből kiinduló forgalom olyan módon oszlik meg az érkező körzetek között, amekkora az adott érkező körzet felszállószámának aránya a teljes

útvonal felszállószámához képest, korrigálva a kiinduló körzet felszállószámával). Ezt írja le a (26) egyenlet, melyben i a kiinduló körzetet, j az érkező körzetet jelölő index, τ_{ij} az i - j körzetek közötti reláció forgalma, Q_i és Q_j a körzetek felszállószáma.

$$(26) \quad \tau_{ij} = Q_i \cdot \frac{Q_j}{\sum_{j=1}^{21} Q_j} \cdot \frac{1}{1 - \frac{Q_i}{\sum_{i=1}^{21} Q_i}}$$

A körzetek felszállószámait a **19. táblázat**, a honnan-hová mátrixot a **20. táblázat** tartalmazza.

19. táblázat: A többkörzetes vizsgálat felszállószámai *(forrás: saját szerkesztés)*

Körzetszám	Körzet	Felszálló- szám (10.17 7:00-8:00)	Megállóhelyek száma a körzetben
1	Vasútállomás	88	1
2	56-osok tere - Szelestey László utca 27.	1	2
3	Aluljáró - Piac	13	2
4	Joskar-Ola vr. autóbusz-ford. - Mari ABC	34	2
5	Városháza	14	1
6	Nyomda	13	1
7	Autóbusz-állomás	73	1
8	Berzsenyi Könyvtár (Kórház)	6	1
9	Haladás pálya	10	1
10	Órásház	48	1
11	Perint híd	13	1
12	Árkádia beáválóközpont	0	1
13	Tesco szupermarket	34	1
14	Nagy László utca - Oladi iskolák	11	2
15	Bem József utca	0	1
16	Szolgáltatóház (Váci Mihály u.) - Váci M. Ált. Isk.	18	2
17	Művészeti Gimnázium	8	1
18	Derkovits Gyula Ált. Isk. - Derkovits bev. közp.	1	2
19	Oladi vr., autóbusz-vt. - Dugovics Titusz utca	17	2
20	Olad, bejárati út	8	1
21	Olad, autóbusz-forduló - Ernuszt Kelemen utca 25.	20	3
	Összesen:	428	30

A két legnagyobb felszállószámmal rendelkező körzet a Vasútállomás és az Autóbusz-állomás, ennek oka, hogy Szombathely kiemelt regionális oktatási szerepkörrel

bír, és a vizsgált útvonalon számos oktatási intézmény (általános iskolák, gimnáziumok és szakközépiskolák – technikumok) található, így a reggeli csúcsórában az egyéb településekről érkező tanulók száma magas.

20. táblázat: A körzetek közötti forgalom *(forrás: saját szerkesztés)*

Körzetszám	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0	0	3	8	3	3	18	1	2	11	3	0	8	2	0	4	2	0	4	2	4
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	0	0	1	0	0	3	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
4	9	0	1	3	1	1	7	0	1	4	1	0	3	1	0	1	1	0	1	1	2
5	4	0	0	1	0	0	3	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
6	3	0	0	1	0	0	3	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
7	19	0	2	6	2	2	0	1	2	9	2	0	6	2	0	3	1	0	3	1	3
8	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	3	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
10	12	0	1	4	2	1	10	1	1	0	1	0	4	1	0	2	1	0	2	1	2
11	3	0	0	1	0	0	3	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	9	0	1	3	1	1	7	0	1	4	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	2
14	3	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	5	0	1	2	1	1	4	0	0	2	1	0	2	0	0	1	0	0	1	0	1
17	2	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	4	0	1	1	1	1	3	0	0	2	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
20	2	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
21	5	0	1	2	1	1	4	0	0	2	1	0	2	1	0	1	0	0	1	0	1

6.4.2. A helyváltoztatási lánc időszükségleteinek vizsgálata

A helyváltoztatási lánc fázisainak időszükségleti paramétereit az alábbi módon veszem figyelembe:

- megközelítés és megállóhelyről célpontra való megérkezés: tekintettel arra, hogy a két viszonylathálózati kialakítás megállóhelyi területi lefedettsége megegyezik, a két fázis időszükségletét alapvetően elhagyom, a fázisok időszükséglete csak abban az esetben jelenik meg a vizsgálat során, amikor az átszállásos eljutás irreálisan hosszabb időben, mint térben a közvetlen eljutáshoz képest (pl: 1,2 km 30 perc alatt). Az utóbbi eljutási lehetőségek azért jöhetnek létre, mert mindkét viszonylathálózati kialakítás esetén van egyirányú hurokjáratú közlekedés, így a hurok megállóhelyei között az autóbuszjáratokkal ellentétes irányú néhány megállóhelynyi utazás csak a városrész megkerülésével lehetséges.

- megállóhelyi várakozási időszükséglet és átszállás:
 - o az átszállásmentes eljutások esetén a megállóhelyi várakozási időszükségletet a (6) egyenletben leírt, járatsűrűség-függő képlet szerint határozom meg,
 - o átszállásos eljutási lehetőség esetén a megállóhelyi várakozási időszükséglet csak az első járműre történő várakozás helyén szerepel a vizsgálatban, az átszálláskor történő várakozás az átszállás időérték-tényezőjét megnövelve érvényesül,
- a járművön töltött időt a menetrendben meghatározott menetidő szerint veszem figyelembe.

Ennek megfelelően a helyváltoztatások időszükségleteinek és a relációk felszállószámából képzett utasperc értékei a 2022. első félévében érvényes viszonylathálózaton a **21. táblázatban**, a 2022. augusztus 1-től érvényes viszonylathálózaton a **22. táblázatban** láthatók.

21. táblázat: A 2022. első félévében érvényes viszonylathálózaton a vizsgált útvonal reggeli csúcsóra értékei [utasperc] *(forrás: saját szerkesztés)*

Körzetszám	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0	4	46	503	57	57	420	55	52	301	76	0	242	74	0	270	125	21	123	62	158
2	5	0	1	8	1	1	6	1	1	4	1	0	4	1	0	4	2	0	2	1	2
3	53	1	0	28	6	7	50	8	6	37	9	0	30	9	0	20	9	2	16	8	20
4	557	7	26	0	29	28	206	21	25	143	37	0	217	67	0	58	28	5	106	53	130
5	66	1	6	21	0	6	49	9	6	37	10	0	31	9	0	21	10	2	16	8	21
6	66	1	7	21	6	0	39	8	5	30	8	0	26	8	0	18	8	1	14	7	18
7	420	5	42	132	42	34	0	45	26	157	42	0	138	42	0	97	45	8	72	37	95
8	68	1	8	22	9	8	54	0	6	33	8	0	22	7	0	12	5	1	11	5	13
9	62	1	6	19	6	5	31	6	0	19	5	0	17	5	0	12	6	1	9	5	12
10	324	4	34	102	34	28	168	30	17	0	22	0	74	22	0	55	26	5	39	20	53
11	89	1	9	28	9	8	47	8	5	22	0	0	17	5	0	13	6	1	9	5	13
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	307	4	33	243	35	30	188	21	20	98	23	0	0	17	0	91	42	7	20	10	28
14	105	1	11	82	12	10	65	7	7	34	8	0	14	0	0	31	14	2	7	4	10
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	311	4	20	62	21	18	115	11	12	61	20	0	91	27	0	0	8	1	45	23	56
17	139	2	9	27	9	8	50	5	5	26	9	0	41	12	0	10	0	1	20	10	25
18	22	0	2	4	2	1	8	1	1	4	1	0	7	2	0	2	1	0	3	2	4
19	149	2	16	116	17	14	87	10	9	45	10	0	35	10	0	48	22	4	0	5	13
20	68	1	7	54	7	6	38	5	4	19	4	0	14	5	0	21	10	2	19	0	6
21	164	2	17	128	18	15	93	12	10	47	11	0	37	12	0	51	24	4	46	6	0

22. táblázat: A 2022. augusztus 1-től érvényes viszonylathálózaton a vizsgált útvonal reggeli csúcsóra értékei [utasperc] *(forrás: saját szerkesztés)*

Körzetszám	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0	3	46	210	57	65	415	31	45	265	69	0	218	71	0	146	69	12	155	79	199
2	4	0	1	3,1	1	1	6	0	1	3,9	1	0	3,2	1	0	2,2	1	0	2,3	1	3
3	53	1	0	26	6	8	57	6	6	37	10	0	30	10	0	19	8,9	2	20	10	26
4	244	3	24	63	31	29	213	23	26	147	38	0	114	38	0	66	31	5	104	52	127
5	74	1	6	32	0	6	49	6	6	37	10	0	31	10	0	25	12	2	21	11	27
6	73	1	7	31	6	0	39	6	5	30	8	0	26	9	0	21	10	2	18	9	24
7	321	4	34	192	42	34	0	23	26	157	42	0	138	45	0	116	55	10	98	51	129
8	39	0	6	24	7	6	27	0	3	18	5	0	15	5	0	8,4	4	1	5	2	15
9	56	1	6	27	6	5	31	3	0	19	5	0	17	6	0	11	5,3	1	12	6	16
10	296	4	32	142	34	28	168	17	17	0	22	0	74	25	0	49	24	4	56	29	75
11	85	1	9	51	12	10	63	6	7	32	0	0	17	6	0	12	5,9	1	14	7	19
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	296	4	33	129	31	26	160	16	16	77	24	0	0	13	0	27	14	2	33	17	45
14	96	1	11	41	12	10	63	5	7	33	9	0	15	0	0	7,6	3,9	1	11	6	16
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	157	2	16	63	22	19	119	8	9	44	13	0	25	10	0	11	5,6	1	48	24	58
17	68	1	7	28	10	8	52	3	4	18	6	0	13	5	0	10	0	0	21	11	26
18	11	0	1	4,5	2	1	8	1	1	2,7	1	0	2,4	1	0	1,6	0,5	0	3,4	2	4,2
19	191	2	21	111	23	19	124	8	13	67	16	0	33	11	0	46	21	4	15	8	21
20	83	1	9	54	10	8	52	6	5	27	7	0	18	6	0	21	9,7	2	8,2	0	9,6
21	203	3	22	125	24	20	128	14	14	69	16	0	45	15	0	50	23	4	21	9	21

A 2022. első félévében érvényes változatban az összes relációt figyelembe véve az eljutás aggregált módon 13352 utasperc, míg a 2022. augusztus 1-től érvényes változatban ugyanezen érték 12209 utasperc, tehát több, mint 1100 utasperc felhasználói megtakarítás keletkezett a viszonylathálózat újraszervezésének eredményeként egy napi reggeli csúcsórát figyelembe véve. Mindez a felhasználói költségek szintjén a korábbi viszonylathálózaton 875 863 Ft-nak megfelelő érték, míg az új viszonylathálózaton 800 906 Ft-nak megfelelő érték, tehát megközelítőleg 76 000 Ft (körülbelül 9%-os) felhasználó-oldali költségmegtakarítás keletkezett. Fontos megjegyezni, hogy az itt szereplő viszonylathálózatra vonatkozó utasperc- és felhasználói költségértékek nem tartalmazzák a megállóhely megközelítésének és a megállóhelyről a célpontra való megérkezés időszükségletéből adódó költségeket, azonban a két viszonylathálózati változat közötti különbséget ez nem befolyásolja.

6.4.3. Üzemeltetési költségek figyelembevétele

A vizsgált útvonalhoz tartozó üzemeltetési költségeket a 2021. évi személyszállítási közszolgáltatási pályázatban meghatározott 625 Ft/km ráfordítást figyelembe véve [75], a futásteljesítménnyel arányos módon számszerűsíttem.

A vizsgált útvonalat kiszolgáló viszonylatok futásteljesítményei a **23. táblázat**ban és a **24. táblázat**ban láthatók. Fontos megjegyezni, hogy a 30Y és az 5-ös viszonylatok hosszabb útvonalon, Minerva lakópark végállomásig közlekednek, azonban tekintettel arra, hogy a vizsgálat a Vasútállomás – Oladi városrész tengelyre koncentrálódott, a futásteljesítményeket is a tengelyre határoztam meg. Az adatokból látható, hogy a menetrend-módosítással a futásteljesítmény kismértékben nőtt. A személyszállítási közszolgáltatási pályázatban meghatározott 625 Ft/km értékkel számolva a 2022. első félévében működtetett hálózat ráfordításai 44 375 Ft-ot, míg a 2022. augusztus 1-től érvényes menetrend működtetése 47 250 Ft-ot igényelt (6,5 %-os növekedés). Mindezeket összesítve megállapítható, hogy az augusztus 1-i menetrendmódosítással a 7:00-8:00 csúcsóra korábbi hálózat felhasználói és üzemeltetési összköltsége 920 238 Ft a vizsgált forgalmi tengelyen, míg az újabb hálózattal ez az érték 848 156 Ft.

Megállapítást nyert, hogy a menetrendmódosítással az üzemeltetési költségek kismértékű emelkedése mellett a felhasználói időszükségletek csökkenése okán vonzóbb hálózat jött létre, közel azonos férőhelykm-kapacitással. Fontos megemlíteni, hogy a férőhelykm értékek függenek a járművezényléstől. A társadalmi hasznosság szempontjából a menetrend-módosítás pozitívan értékelhető, tekintettel arra, hogy a vizsgált csúcsóra társadalmi összköltsége több, mint 70 000 Ft-tal csökkent (összesen 8 %-os csökkenés).

23. táblázat: A Vasútállomás – Oladi városrész tengelyt kiszolgáló viszonylatok futásteljesítménye 2022. első félévében *(forrás: saját szerkesztés)*

Viszonylat	Kiinduló végállomás	Érkező végállomás	Indulás [db]	Vonalhossz [km]	Ebből csuklós	Férőhely-km	Teljesítmény
9	Joskar-Ola városrész	Szolgáltatóház (Váci Mihály utca)	2	4,5	0	810	9
9	Szolgáltatóház (Váci Mihály utca)	Joskar-Ola városrész	2	5	0	900	10
30Y	Vasútállomás	Oladi, autóbusz-forduló	4	7	3	4641	28
30Y	Oladi, autóbusz-forduló	Vasútállomás	4	6	3	3438	24
összesen:			12			9789	71

24. táblázat: A Vasútállomás – Oladi városrész tengelyt kiszolgáló viszonylatok futásteljesítménye 2022. augusztus 1-től *(forrás: saját szerkesztés)*

Viszonylat	Kiinduló végállomás	Érkező végállomás	Indulás [db]	Vonalhossz [km]	Ebből csuklós	Férőhely-km	Teljesítmény
5	Vasútállomás	Órásház	2	2,7	1	677,7	5,4
5	Órásház	Vasútállomás	2	6,9	0	1242	13,8
9	Vasútállomás	Órásház	2	5,7	0	1026	11,4
9	Órásház	Vasútállomás	2	9,5	1	2384,5	19
30Y	Vasútállomás	Oladi, autóbusz-forduló	2	7	2	2254	14
30Y	Oladi, autóbusz-forduló	Vasútállomás	2	6	2	1932	12
összesen:			12			9516,2	75,6

Az 5.5 fejezetben meghatározott leíró paraméterek szerint a vizsgált két változat értékelése a **25. táblázat**ban olvasható. A költségparaméterek, és a közvetlenséget leíró mutatók összhangban állnak egymással, a 2022. augusztus 1-től érvényes hálózaton az utazások és a honnan-hová eljutási lehetőségek döntő többsége közvetlenül megvalósul. A kapcsolódás, tekintettel arra, hogy egy tengelyt kiszolgáló viszonylatok értékelése történt, jelen alkalmazásban nem értelmezhető. Mivel az új viszonylathálózaton a korábbi 2 viszonylat helyett 3 áll rendelkezésre, ezért a viszonylathálózati diverzitás értéke kevésbé jó az új hálózat esetében. Megfelelő utastájékoztatási elemekkel a viszonylathálózati diverzitás értékei ellensúlyozhatók.

25. táblázat: A Vasútállomás – Oladi városrész tengelyt kiszolgáló viszonylathálózatok leíró értékelése *(forrás: saját szerkesztés)*

Mutatók	2022. július 31-ig érvényes hálózat	2022. augusztus 1-től érvényes hálózat
honnan-hová-közvetlenség	0,73	0,94
közvetlenség	0,84	0,95
kapcsolódás	nem értelmezhető	nem értelmezhető
viszonylathálózati egyszerűség	0,5	0,33

7. Konklúzió

Dolgozatomban egy, a 100 ezer főnél alacsonyabb népességű városokban alkalmazható, autóbusz-hálózatot értékelő módszert fejlesztettem. A módszer értékelési alapja a felhasználói költség, mely a helyváltoztatás időszükségletével arányos, ugyanakkor az eltérő fázisok (megközelítés, várakozás, járművön töltött idő, átszállás(ok), megállóhelyről a célpontra való megérkezés) súlya a helyváltoztatási láncban eltérő. A módszer alkalmazásával különböző viszonylathálózati stratégiák, változatok értékelhetők egyrelációs, többrelációs, illetve többkörzetes, akár települési szintű vonatkozásban is, különös tekintettel a járatsűrűsége és a megállóhelyi lefedettségre.

A módszert Szombathelyen két kiválasztott relációra, egy körzet szempontjából 3 relációra, mint többrelációs, illetve a legfontosabb utasforgalmi tengelyre, mint többkörzetes elemzést alkalmaztam.

A kapott eredményekből megállapítottam, hogy a relációs vizsgálat vonatkozásában óránként 2 többletindulással és gyorsabb menetidővel akár 300 m-es rágyaloglási távolság-növekedéssel is ugyanolyan szolgáltatási szint biztosítható, tehát a járatsűrűség, mint a megállóhelyi területi lefedettség helyettesítője feltételezés helytálló volt. Ugyanakkor az eredmények alátámasztják az átszállás okozta kényelmetlenség jelentős hatását is.

A többrelációs vizsgálat eredményei alapján amennyiben egy körzet fő utasáramlási irányán a járatsűrűség jelentősen növekszik, a kisebb forgalmú irányok átszállással is helyettesíthetők.

A többkörzetes vizsgálatból megállapítottam, hogy a 2022. augusztusában Szombathely fő utasáramlási tengelyén bevezetett menetrendmódosítás társadalmi szinten pozitív, tekintettel a bővülő közvetlen kapcsolatokra és a növekvő járatsűrűsége.

A módszer célterülete olyan városméret, melyre a fellelhető szakirodalomban igen kevés utalás található, a szakirodalmak túlnyomó többsége 100 ezer főnél nagyobb városok közlekedési hálózataival foglalkozik. A helyváltoztatási láncban a megközelítés és a megállóhelyről célpontra való megérkezés fázisaiban a gyaloglás mellett más, alternatív módok alkalmazhatósága is szerepel, kiegészítve ezzel a korábban csak a gyaloglással, és annak időszükségletével számoló modelleket. A modellben a megállóhelyi várakozás időszükséglete a járatsűrűség függvényeként szerepel, továbbá a viszonylathálózat lefedettsége az általános parametrikus városi hálózat-kialakítás helyett konkrét relációkra tartalmazza a helyváltoztatási lánc időszükségleteit.

A módszer igen érzékeny a helyváltoztatás fázisainak időszükségleteihez rendelt időértékek megválasztására, továbbá a viteldíj, mint keresletbefolyásoló tényező a módszerben nem képezi részét az elemzésnek. Főként a többrelációs és a többkörzetes vizsgálatok adatigénye viszonylag nagy, tekintettel a körzetek és relációk keresletének meghatározására.

A későbbi kutatások során célom a módszer alkalmassá tétele parametrikus optimalizációra is, illetve célom a vizsgálat kiegészítése a járműkapacitás és a zsúfoltság paramétereire vonatkozó összefüggésekkel.

Mindezen eredmények révén a kutatás a közlekedés- és mobilitástervezési gyakorlatban (megrendelő önkormányzatok, közlekedési központok, valamint közlekedési szolgáltatók számára is) közvetlenül hasznosítható a kis- és közepes városok közösségi közlekedési szolgáltatási paramétereinek meghatározására, a napirenden lévő hálózati és menetrendi javaslatok értékelésére.

8. Felhasznált irodalom

Doktori disszertáció

- [14] Mándoki P., „Személyközlekedési rendszerek értékelési lehetőségei a városi és térségi közlekedésben”, Budapest, 2005. Elérhető: <https://repozitorium.omikk.bme.hu/bitstream/handle/10890/409/ertekezes.pdf?sequence=1>

Folyóirat

- [5] J. pp. Jansson, „A Simple Bus Line Model for Optimisation of Service Frequency and Bus Size”, *J. Transp. Econ. Policy*, Vol. 14, no. 1, pp. 53–80, 1980.
- [6] A. Fielbaum, S. Jara-Díaz, és A. Gschwender, „Optimal public transport networks for a general urban structure”, *Transp. Res. Part B Methodol.*, Vol. 94, pp. 298–313, dec. 2016, doi: 10.1016/j.trb.2016.10.003.
- [8] S. I. Chien * és Z. Qin, „Optimization of bus stop locations for improving transit accessibility”, *Transp. Plan. Technol.*, Vol. 27, no. 3, pp. 211–227, jún. 2004, doi: 10.1080/0308106042000226899.
- [9] D. Földes és Cs. Dr. Csiszár, „Útvonal értékelő eljárás személyre szabott utastájékoztatáshoz”, *Közlekedéstudományi Szle.*, Vol. Közlekedésszervezés, no. 04, pp. 42–57, aug. 2016.
- [10] H. Levinson, S. Zimmerman, J. Clinger, és G. Rutherford, „Bus Rapid Transit: An Overview”, *J. Public Transp.*, Vol. 5, no. 2, pp. 1–30, jún. 2002, doi: 10.5038/2375-0901.5.2.1.
- [11] O. Heddebaut, B. Finn, S. Rabuel, és F. Rambaud, „The European Bus with a High Level of Service (BHLS): Concept and Practice”, *Built Environ.*, Vol. 36, no. 3, pp. 307–316, okt. 2010, doi: 10.2148/benv.36.3.307.
- [13] S. Hietanen, „“Mobility as a Service” - The new transport model?”, *Eurotransport*, Vol. 12, no. 2, Art. no. 2, 2014.
- [17] D. Hörcher és D. J. Graham, „MaaS economics: Should we fight car ownership with subscriptions to alternative modes?”, *Econ. Transp.*, Vol. 22, pp. 100167, jún. 2020, doi: 10.1016/j.ecotra.2020.100167.
- [18] M. Börjesson, C. Man Fung, S. Proost, és Z. Yan, „Do Small Cities Need More Public Transport Subsidies Than Big Cities?”, *J. Transp. Econ. Policy*, Vol. 53, pp. 24, 2019.
- [19] G. Bresson, J. Dargay, J.-L. Madre, és A. Pirotte, „Economic and structural determinants of the demand for public transport: an analysis on a panel of French urban areas using shrinkage estimators”, *Transp. Res. Part Policy Pract.*, Vol. 38, no. 4, pp. 269–285, máj. 2004, doi: 10.1016/j.tra.2003.11.002.
- [20] D. Toro-González, V. Cantillo, és V. Cantillo-García, „Factors influencing demand for public transport in Colombia”, *Res. Transp. Bus. Manag.*, Vol. 36, pp. 100514, szept. 2020, doi: 10.1016/j.rtbm.2020.100514.
- [21] „From the Single Line Model to the Spatial Structure of Transit Services: Corridors or Direct?”, *J. Transp. Econ. Policy*, Vol. 37, pp. 17.
- [22] A. Fielbaum, S. Jara-Díaz, és A. Gschwender, „Beyond the Mohring effect: Scale economies induced by transit lines structures design”, *Econ. Transp.*, Vol. 22, pp. 100163, jún. 2020, doi: 10.1016/j.ecotra.2020.100163.
- [23] A. Schöbel, „Line planning in public transportation: models and methods”, *Spectr.*, Vol. 34, no. 3, pp. 491–510, júl. 2012, doi: 10.1007/s00291-011-0251-6.
- [24] S. Jara-Díaz, A. Tirachini, és C. E. Cortés, „Modeling public transport corridors with aggregate and disaggregate demand”, *J. Transp. Geogr.*, Vol. 16, no. 6, pp. 430–435, nov. 2008, doi: 10.1016/j.jtrangeo.2008.06.006.
- [25] G. Kocur és C. Hendrickson, „Design of Local Bus Service with Demand Equilibration”, *Transp. Sci.*, Vol. 16, no. 2, pp. 149–170, máj. 1982, doi: 10.1287/trsc.16.2.149.

- [26] S. Jara-Díaz, A. Fielbaum, és A. Gschwender, „Optimal fleet size, frequencies and vehicle capacities considering peak and off-peak periods in public transport”, *Transp. Res. Part Policy Pract.*, Vol. 106, pp. 65–74, dec. 2017, doi: 10.1016/j.tra.2017.09.005.
- [27] S. R. Jara-Díaz és A. Gschwender, „The effect of financial constraints on the optimal design of public transport services”, *Transportation*, Vol. 36, no. 1, pp. 65–75, jan. 2009, doi: 10.1007/s11116-008-9182-8.
- [28] A. Fielbaum, S. Jara-Díaz, és A. Gschwender, „Lines spacing and scale economies in the strategic design of transit systems in a parametric city.”, *Res. Transp. Econ.*, Vol. 90, pp. 100991, dec. 2021, doi: 10.1016/j.retrec.2020.100991.
- [29] H. Hu, J. Xu, Q. Shen, F. Shi, és Y. Chen, „Travel mode choices in small cities of China: A case study of Changting”, *Transp. Res. Part Transp. Environ.*, Vol. 59, pp. 361–374, márc. 2018, doi: 10.1016/j.trd.2018.01.013.
- [30] P. Næss és pp. B. Jensen, „Urban structure matters, even in a small town”, *J. Environ. Plan. Manag.*, Vol. 47, no. 1, pp. 35–57, jan. 2004, doi: 10.1080/0964056042000189790.
- [31] Y. pp. Susilo és K. Maat, „The influence of built environment to the trends in commuting journeys in the Netherlands”, *Transportation*, Vol. 34, no. 5, pp. 589–609, aug. 2007, doi: 10.1007/s11116-007-9129-5.
- [32] S. Jain, N. Ronald, R. Thompson, és S. Winter, „Predicting susceptibility to use demand responsive transport using demographic and trip characteristics of the population”, *Travel Behav. Soc.*, Vol. 6, pp. 44–56, jan. 2017, doi: 10.1016/j.tbs.2016.06.001.
- [33] M. Vredin Johansson, T. Heldt, és P. Johansson, „The effects of attitudes and personality traits on mode choice”, *Transp. Res. Part Policy Pract.*, Vol. 40, no. 6, pp. 507–525, júl. 2006, doi: 10.1016/j.tra.2005.09.001.
- [34] M. Advani, „Bicycle – As a feeder mode for bus service”, pp. 9. VELO MONDIAL Conference, Cape Town, 2006.
- [35] A. (Avi) Ceder, M. Butcher, és L. Wang, „Optimization of bus stop placement for routes on uneven topography”, *Transp. Res. Part B Methodol.*, Vol. 74, pp. 40–61, ápr. 2015, doi: 10.1016/j.trb.2015.01.006.
- [36] C. Mulley, C. Ho, L. Ho, D. Hensher, és J. Rose, „Will bus travellers walk further for a more frequent service? An international study using a stated preference approach”, *Transp. Policy*, Vol. 69, pp. 88–97, okt. 2018, doi: 10.1016/j.tranpol.2018.06.002.
- [37] U. Lachapelle és R. B. Noland, „Does the commute mode affect the frequency of walking behavior? The public transit link”, *Transp. Policy*, Vol. 21, pp. 26–36, máj. 2012, doi: 10.1016/j.tranpol.2012.01.008.
- [38] W. (David) Fan és R. B. Machemehl, „Do Transit Users Just Wait for Buses or Wait with Strategies?: Some Numerical Results That Transit Planners Should See”, *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board*, Vol. 2111, no. 1, pp. 169–176, jan. 2009, doi: 10.3141/2111-19.
- [39] J. K. Jolliffe és T. P. Hutchinson, „A Behavioural Explanation of the Association Between Bus and Passenger Arrivals at a Bus Stop”, *Transp. Sci.*, Vol. 9, no. 3, pp. 248–282, aug. 1975, doi: 10.1287/trsc.9.3.248.
- [40] R. Mishalani, M. McCord, és J. Wirtz, „Passenger Wait Time Perceptions at Bus Stops: Empirical Results and Impact on Evaluating Real - Time Bus Arrival Information”, *J. Public Transp.*, Vol. 9, no. 2, pp. 89–106, máj. 2006, doi: 10.5038/2375-0901.9.2.5.
- [41] N. Ohmori, „Passengers’ waiting behavior at bus stop”, *Traffic Transp. ...*, jan. 2004, Elérés: 2022. október 16. [Online]. Elérhető: https://www.academia.edu/1790420/Passengers_waiting_behavior_at_bus_stop
- [42] S. Kale és P. D. Gupta, „Planning for Demand Responsive Bus Service for limited area using Simulation”, pp. 30, ápr. 2020.
- [43] P. Franco, R. Johnston, és E. McCormick, „Demand responsive transport: Generation of activity patterns from mobile phone network data to support the operation of new mobility services”, *Transp. Res. Part Policy Pract.*, Vol. 131, pp. 244–266, jan. 2020, doi: 10.1016/j.tra.2019.09.038.
- [44] K. Baek, H. Lee, J.-H. Chung, és J. Kim, „Electric scooter sharing: How do people value it as a last-mile transportation mode?”, *Transp. Res. Part Transp. Environ.*, Vol. 90, pp. 102642, jan. 2021, doi: 10.1016/j.trd.2020.102642.

- [45] K. Martens, „The bicycle as a feeding mode: experiences from three European countries”, *Transp. Res. Part Transp. Environ.*, Vol. 9, no. 4, pp. 281–294, júl. 2004, doi: 10.1016/j.trd.2004.02.005.
- [46] „What travel modes do shared e-scooters displace? A review of recent research findings”, *Transp. Rev.*, márc. 2022, doi: 10.1080/01441647.2021.2015639.
- [48] P. Jittrapirom, V. Marchau, R. van der Heijden, és H. Meurs, „Dynamic adaptive policymaking for implementing Mobility-as-a Service (MaaS)”, *Res. Transp. Bus. Manag.*, Vol. 27, pp. 46–55, jún. 2018, doi: 10.1016/j.rtbm.2018.07.001.
- [49] A. Fielbaum, S. Jara-Díaz, és A. Gschwender, „Transit Line Structures in a General Parametric City: The Role of Heuristics”, *Transp. Sci.*, Vol. 52, no. 5, pp. 1092–1105, okt. 2018, doi: 10.1287/trsc.2018.0833.
- [50] S. C. Wirasinghe, L. Kattan, M. M. Rahman, J. Hubbell, R. Thilakaratne, és S. Anowar, „Bus rapid transit – a review”, *Int. J. Urban Sci.*, Vol. 17, no. 1, pp. 1–31, márc. 2013, doi: 10.1080/12265934.2013.777514.
- [51] R. Ishaq és pp. Cats, „Designing bus rapid transit systems: Lessons on service reliability and operations”, *Case Stud. Transp. Policy*, Vol. 8, no. 3, pp. 946–953, szept. 2020, doi: 10.1016/j.cstp.2020.05.001.
- [52] „Proyecciones de población”. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion> (elérés 2022. október 31.).
- [53] „China has just built the world’s longest elevated cycle path”, *World Economic Forum*. <https://www.weforum.org/agenda/2017/07/china-has-just-built-the-world-s-longest-elevated-cycle-path/> (elérés 2022. február 16.).
- [55] C. Venter, G. Jennings, D. Hidalgo, és A. F. Valderrama Pineda, „The equity impacts of bus rapid transit: A review of the evidence and implications for sustainable transport”, *Int. J. Sustain. Transp.*, Vol. 12, no. 2, pp. 140–152, febr. 2018, doi: 10.1080/15568318.2017.1340528.
- [56] D. Hidalgo, T. Yepes, és H. Street, „Are Bus Rapid Transit Systems Effective in Poverty Reduction? Experience of Bogotá’s TransMilenio and Lessons For Other Cities”, pp. 16, 2005.
- [57] A. Carrigan és mtsai., „Social, Environmental and Economic Impacts of BRT systems: Bus Rapid Transit Case Studies from Around the World.”, pp. 151, 2014.
- [64] E. Eren és V. E. Uz, „A review on bike-sharing: The factors affecting bike-sharing demand”, *Sustain. Cities Soc.*, Vol. 54, pp. 101882, márc. 2020, doi: 10.1016/j.scs.2019.101882.
- [65] J. Scheiner, „Interrelations between travel mode choice and trip distance: trends in Germany 1976–2002”, *J. Transp. Geogr.*, Vol. 18, no. 1, pp. 75–84, jan. 2010, doi: 10.1016/j.jtrangeo.2009.01.001.
- [66] J. Fu és E. Jenelius, „Transport efficiency of off-peak urban goods deliveries: A Stockholm pilot study”, *Case Stud. Transp. Policy*, Vol. 6, no. 1, pp. 156–166, márc. 2018, doi: 10.1016/j.cstp.2018.01.001.
- [67] H. Mohring, „Optimization and Scale Economies in Urban Bus Transportation”, *Am. Econ. Rev.*, Vol. 62, no. 4, pp. 591–604, 1972.
- [68] J. Molina-García, I. Castillo, A. Queral, és J. F. Sallis, „Bicycling to university: evaluation of a bicycle-sharing program in Spain”, *Health Promot. Int.*, Vol. 30, no. 2, pp. 350–358, jún. 2015, doi: 10.1093/heapro/dat045.
- [69] S. W. Ham, J.-H. Cho, S. Park, és D.-K. Kim, „Spatiotemporal Demand Prediction Model for E-Scooter Sharing Services with Latent Feature and Deep Learning”, *Transp. Res. Rec.*, Vol. 2675, no. 11, pp. 34–43, nov. 2021, doi: 10.1177/03611981211003896.
- [70] M. Bálint, D. Földes, és A. Munkácsy, „Mobilitási szolgáltatások szükségessége”, *XI Nk. Közlekedéstudományi Konf. Győr 2021*, pp. 375–387, 2021.
- [72] CE Delft és mtsai., *Handbook on the external costs of transport: version 2019 – 1.1*. LU: Publications Office of the European Union, 2020. Elérés: 2022. október 31. [Online]. Elérhető: <https://data.europa.eu/doi/10.2832/51388>
- [74] „Bi-Level Mathematical Programming Model for Locating Bus Stops and Optimizing Frequencies”, *Transp. Res. Rec.*, pp. 9, 1971.

Kormányzati és egyéb igazgatási szervek

- [71] „Economic Appraisal Vademecum 2021-2027 - General Principles and Sector Applications”.
https://ec.europa.eu/regional_policy/en/information/publications/guides/2021/economic-appraisal-vademecum-2021-2027-general-principles-and-sector-applications (elérés 2022. október 31.).
- [75] Szombathely MJV Önkormányzata, „ELŐTERJESZTÉS Szombathely Megyei Jogú Város Közgyűlésének 2021. október 28-i ülésére Javaslat a helyi közösségi közlekedéssel kapcsolatos döntések meghozatalára”. 2021. október. [Online]. Elérhető: <https://www.szombathely.hu/kozgyules/e-kozgyules/download.91161/> (elérés: 2022. december 1.)

Kutatói jelentések

- [1] UITP, „Report - Mobility as a Service”. International Association of Public Transport, 2019. április. [Online]. Elérhető: https://www.uitp.org/sites/default/files/cck-focus-papers-files/Report_MaaS_final.pdf (elérés: 2022. április 23.)

Elektronikus dokumentumok

- [4] Budapesti Közlekedési Központ, „Üzletszabályzat”. 2022. szeptember 1. Elérés: 2022. október 23. [Online]. Elérhető: https://bkk.hu/downloads/4/q4RVviifds3tyt2cwO-_3A==
- [12] International Transport Forum, „Safe Micromobility”, pp. 98, 2020. (elérés: 2022. október 13.)
- [16] U. Haefeli és D. Matti, „Evaluation Car-Sharing”. Bundesamt für Energie, 2006. szeptember. [Online]. Elérhető: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/evaluationen.exturl.html/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWRTaW4uY2gvZGUvcHVibGljYX/Rpb24vZG93bmVvYWQvMTk2MA==.html> (elérés: 2019. december 15)

Előadás

- [15] D. Hörcher, „Vasúti menedzsment”, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem 2019.

Egyéb források

- [2] „2022. november 1-től módosul a V-Busz díjszabása | V-BUSZ KFT - Veszprém”, 2022. szeptember 30. <https://vbusz.hu/2022/09/30/2022-november-1-tol-modosul-a-v-busz-dijszabasa/> (elérés 2022. október 23.).
- [3] „Sopron – október 22-étől változás a helyi közlekedésben”, *Volánbusz*. <https://www.volanbusz.hu/hu/hirek/hir/39585-sopron-oktober-22-etol-valtozas-a-helyi-kozlekedesben> (elérés 2022. október 23.).
- [7] Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft., „Sopron Megyei Jogú Város helyi közösségi közlekedési rendszere racionalizálási tervének kidolgozása”. 2012. május (elérés 2022. október 7.).
- [47] „E-scooters replacing more walking and cycling trips than car journeys”, *ITV News*, 2021. július 31. <https://www.itv.com/news/westcountry/2021-07-31/e-scooters-replacing-more-walking-and-cycling-trips-than-car-journeys> (elérés 2022. október 31.).

- [54] „IBGE | Portal do IBGE | IBGE”. <https://www.ibge.gov.br/en/home-eng.html> (elérés 2022. október 31.).
- [58] „Zalaegerszeg fenntartható városi mobilitási terve”, 2016. http://zalaegerszeg.hu/cikk/25025/Zalaegerszeg_fenntarthato_varosi_mobilitasi_terve (elérés 2021. március 18.).
- [59] Terra Stúdió, „Veszprém Megyei Jogú Város fenntartható városi mobilitási terve”. 2017. március 11. [Online]. Elérhető: <https://www.veszprem.hu/onkormanyzat/strategiak-programok-koncepcioik/5931-fenntarthato-varosi-mobilitasi-terv-sump> (elérés: 2019. szeptember 3.)
- [60] Közlekedéstudományi Intézet, „Járási Közlekedési Tanulmány”. 2019. (elérés: 2019. október 4.)
- [61] „Központi Statisztikai Hivatal”. https://www.ksh.hu/nepszamlalas/tablak_ingazas (elérés 2022. december 9.).
- [62] Trenecon Kft., „Szombathely Fenntartható Városi Mobilitási Terve (SUMP)”. 2022. május.
- [63] „Mobilität in Deutschland - MiD Zeitreihenbericht 2002-2008-2017”. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2019. december. [Online]. Elérhető: http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Zeitreibenbericht_2002_2008_2017.pdf (elérés: 2022. október 2.)
- [73] „Savaria Utas - Utazástervező”. <https://szombathely.utas.hu/> (elérés 2022. november 6.).

9. Ábrajegyzék

1. ábra: Szombathely lakosságának elsődleges közlekedési módja 2021-ben <i>(forrás: Szombathely Fenntartható Városi Mobilitási Terve [62])</i>	18
2. ábra: A módszer lépései <i>(forrás: saját szerkesztés)</i>	23
3. ábra: A relációs vizsgálat során vizsgált relációk <i>(forrás: Savaria Utas utazástervező [74] alapján saját szerkesztés)</i>	44
4. ábra: Az 1. esettanulmányban bemutatott utazások kiinduló körzete – sárgával jelölt <i>(forrás: Savaria Utas utazástervező [74] alapján saját szerkesztés)</i>	45
5. ábra: Az 1. relációhoz tartozó 1. változat eljutásának térképes ábrázolása <i>(forrás: Savaria Utas utazástervező [74])</i>	46
6. ábra: A 1. relációhoz tartozó 2. változat eljutásának térképes ábrázolása <i>(forrás: Savaria Utas utazástervező [74])</i>	46
7. ábra: A 2. relációhoz tartozó 1. változat eljutásának térképes ábrázolása <i>(forrás: Savaria Utas utazástervező [74])</i>	49
8. ábra: A 2. relációhoz tartozó 2. változat eljutásának térképes ábrázolása <i>(forrás: Savaria Utas utazástervező [74])</i>	49
9. ábra: Szombathely topológiai felosztása <i>(forrás: saját szerkesztés)</i>	51
10. ábra: A célponti körzetek alapján történő értékelés relációi <i>(forrás: saját szerkesztés)</i>	52
11. ábra: A célponti körzetek vizsgálata esetében az 1. vonalhálózati eset <i>(forrás: saját szerkesztés)</i>	53
12. ábra: A célponti körzetek vizsgálata esetében a 2. vonalhálózati eset <i>(forrás: saját szerkesztés)</i>	54
13. ábra: Helyi közösségi közlekedés átlagos munkanapi utazásszáma <i>(forrás: [62])</i>	58
14. ábra: A többkörzetes vizsgálat körzetei és megállóhelyei <i>(forrás: saját szerkesztés, alaptérkép: Savaria Utas utazástervező [74])</i>	59

10. Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: Foglalkoztatottak munkahelyre közlekedés módja szerinti megoszlása és népességszám-arányos súlyozott átlaga 100 ezer fő lakosnál kisebb városokban [%] <i>(források: [58]–[61];)</i>	17
2. táblázat: Közlekedési módok jellemző tulajdonságai kis- és közepesvárosokban <i>(forrás: saját szerkesztés)</i>	18
3. táblázat: A módszerben alkalmazott jelölések, <i>(forrás: saját szerkesztés)</i>	24
4. táblázat: A módszerben több kontextusban alkalmazott indexek, definícióik és előfordulásuk <i>(forrás: saját szerkesztés)</i>	25
5. táblázat: Az utazói csoportok <i>(forrás: [14] alapján saját szerkesztés)</i>	32
6. táblázat: A településen belüli elhelyezkedés kategóriái.....	36
7. táblázat: A településen belüli elhelyezkedés kategóriái <i>(forrás: saját szerkesztés)</i>	36
8. táblázat: A területkategóriák jellemzői <i>(forrás: saját szerkesztés)</i>	40
9. táblázat: A viszonylathálózatot leíró mutatók <i>(forrás: saját szerkesztés, felhasználva [6] eredményeit)</i>	42
10. táblázat: Közlekedési módok jellemző megoszlása utazási távolság szerint <i>(forrás: [65] és [63] alapján saját szerkesztés)</i>	43
11. táblázat: A helyváltoztatások időszükségleteinek, és ahhoz kapcsolódó paramétereinek összefoglalása <i>(forrás: saját szerkesztés)</i>	47
12. táblázat: A helyváltoztatások időszükségleteinek, és ahhoz kapcsolódó paramétereinek összefoglalása <i>(forrás: saját szerkesztés)</i>	50
13. táblázat: A megközelítés módjainak és időszükségleteinek összefoglalása a célponti körzetek vizsgálatánál <i>(forrás: saját szerkesztés)</i>	55
14. táblázat: A megállóhelyről a célpontra történő megérkezés módjainak és időszükségletei a célponti körzetek vizsgálatánál <i>(forrás: saját szerkesztés)</i>	55
15. táblázat: A többrelációs vizsgálat során az 1. esethez tartozó jellemző értékek <i>(forrás: saját szerkesztés)</i>	56
16. táblázat: A többrelációs vizsgálat során a 2. esethez tartozó jellemző értékek <i>(forrás: saját szerkesztés)</i>	56
17. táblázat: A Váci Mihály utca körzetből kiinduló utazások utasforgalmi aránya <i>(forrás: saját szerkesztés)</i>	57
18. táblázat: A többrelációs vizsgálat felhasználói költségeinek számszerűsítése az utasforgalom figyelembevételével <i>(forrás: saját szerkesztés)</i>	57
19. táblázat: A többkörzetes vizsgálat felszállószámai <i>(forrás: saját szerkesztés)</i>	60
20. táblázat: A körzetek közötti forgalom <i>(forrás: saját szerkesztés)</i>	61
21. táblázat: A 2022. első félévében érvényes viszonylathálózaton a vizsgált útvonal reggeli csúcsóra értékei [utasperc] <i>(forrás: saját szerkesztés)</i>	62

22. táblázat: A 2022. augusztus 1-től érvényes viszonylathálózaton a vizsgált útvonal reggeli csúcsóra értékei [utasperc] <i>(forrás: saját szerkesztés)</i>	63
23. táblázat: A Vasútállomás – Oladi városrész tengelyt kiszolgáló viszonylatok futásteljesítménye 2022. első félévében <i>(forrás: saját szerkesztés)</i>	64
24. táblázat: A Vasútállomás – Oladi városrész tengelyt kiszolgáló viszonylatok futásteljesítménye 2022. augusztus 1-től <i>(forrás: saját szerkesztés)</i>	65
25. táblázat: A Vasútállomás – Oladi városrész tengelyt kiszolgáló viszonylathálózatok leíró értékelése <i>(forrás: saját szerkesztés)</i>	65