



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar  
**Közlekedéstechnológiai és Közlekedésgazdasági Tanszék**

## **TDK-DOLGOZAT**

# **Sűrűbb követés vagy jobb feltárás? Autóbusz-hálózatot értékelő módszer kidolgozása kis- és közepes városokra**

Készítette:

**Bálint-Szedmák Mátyás**

**2022**

# Tartalom

1.	Bevezetés .....	3
2.	A téma aktualitása, lehatárolások.....	4
3.	Irodalomkutatás.....	6
3.1.	Fogalommeghatározás.....	6
3.2.	Trendek, általános jellemzők .....	7
4.	Helyzetelemzés .....	13
5.	A szolgáltatástervezési értékelő módszer.....	17
5.1.	A módszerben alkalmazott jelölések magyarázata.....	17
5.2.	Körzet kiszolgálásának vizsgálata.....	18
5.2.1.	Megállóhely megközelítésének időszükséglete .....	19
5.2.2.	Megállóhelyi várakozási idő .....	20
5.2.3.	Járművön eltöltött idő .....	21
5.2.4.	Átszállások időszükséglete és vesztesége .....	21
5.2.5.	Megállóhelyről a célpontra való megérkezés időszükséglete .....	22
6.	Alkalmazás – esettanulmányok.....	23
6.1.	Az alkalmazás során általánosan alkalmazott értékek .....	23
6.2.	Esettanulmányok .....	24
6.2.1.	1. eset: Szombathely (Váci Mihály utca – Fő tér).....	24
6.2.2.	2. reláció: Zanat (keleti kertváros) – Helyközi autóbusz-állomás.....	27
7.	Konklúzió.....	30
8.	Ábrajegyzék .....	31
9.	Táblázatok jegyzéke.....	32
10.	Irodalomjegyzék.....	33

## **Köszönetnyilvánítás**

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

Segítő munkájukért szeretnék köszönetet 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, perifériás 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 növekedése és a gépjárműforgalom növekedése jellemzi a hasonló helyzetű városok mindennapi közlekedését.

Az autóbusz-hálózat fejlesztésére vonatkozó lakossági igények ugyanakkor egyre szerteágazóbbak, tekintettel a kertvárosi lakóövezetek növekedésére és a településszerkezet átalakulására. Ennek eredményeképp gyakori a viszonylathálózat töredezettsége is, az azonos viszonylatjelzéssel 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, egy lehatárolt körzetből kiinduló reláció esetén. A kutatás során vizsgált a rá- és elgyaloglást esetenként helyettesítő módok (pl.: kerékpár, roller, személygépjármű) alkalmazhatósága. Az üzemeltetői költségek a módszerben paraméteresen megválasztott értéként szerepelnek. Tekintettel arra, hogy a vonatkozó szakirodalom túlnyomó része a nagyvárosok közlekedésének kérdéseivel foglalkozik, a módszer kidolgozása során a nagyvárosi kutatási előzményeket is felhasználtam.

A módszer alkalmazása Szombathelyen két relációra történik, eltérő feltételek mellett. Az eredmények alapján megállapítást nyert, hogy a járatsűrűség bizonyos mértékig a megállóhelyi területi lefedettség helyettesítésére alkalmas, illetve, hogy az átszállás hatása a helyváltoztatási láncon belül jelentős, az átszállás okozta kényelmetlenség csak más paraméterek jelentős javításával (pl. 60 helyett 30 perces járatsűrűség, útvonalgyorsítás) érhető el.

A módszer alkalmazása támogathatja a célterületen történő koncepcionális közlekedési szolgáltatástervezést, a potenciális 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 célkitűzései 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, így 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 rendszereket. 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 paraméteresen megválasztott teljesítményszint mellett több, kínálati scenárió 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 jegykínálat 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 kutatás során alkalmazott lehatárolások:

1. A kutatás célterülete olyan 100 ezer főnél kisebb lakosságú kis- és közepesvárosok, melyekben
  - a. jelenleg 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 is 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 percnként kiszolgál.
2. 100 ezer főnél nagyobb lakosságú városokra is alkalmazható a módszer, de az alkalmazási feltételek a kis- és közepesvárosi viszonyokra fókuszálnak.
3. 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.
4. A közösségi közlekedési szolgáltatók üzemeltetési költségei a járműméret [4], vagy a futásteljesítmény [5] lineáris függvényeként reprezentálhatók, mely értékek a módszerben paraméteresen megválaszthatók. A vizsgálat fókusza jelen kutatásban a felhasználói költség elemzése, azaz, hogy adott teljesítményszinten az egyes hálózati struktúrák milyen felhasználói költségeket vonnak maguk után. A felhasználói költség az utazási idővel arányos, az utazási időértékekkel, az érzékelt idővel korrigálva. A tarifarendszer a kutatás jelenlegi fázisában nem része az értékelő módszernek.
5. Az utasok heterogenitása szempontjából a módszerben szereplő utasok általános utasok, az utasok demográfiai jellemzőire (életkor, nem, jövedelem) a jelen kutatás hatóköre nem terjed ki.
6. Az utazások heterogenitása szempontjából az utazások általános célúak, általános (a vizsgált szcenárió alapján meghatározott) időszakban, a módszer az utazások motivációjára, időbeni kötöttségére nem terjed ki.
7. Az értékelő módszer az autóbusz-flotta járműveinek mérete és az ezzel összefüggésben az egyes időszakokban potenciálisan előforduló utasterhelési szint (zsúfoltság) állandó értéknek tekinthető feltételezve azt, hogy a módszer alkalmazási célterületén a zsúfoltság elhanyagolható mértékben van jelen.

Dolgozatom 3. fejezetében a szakkifejezések meghatározását és a vonatkozó szakirodalom áttekintését részletezem. A 4. fejezetben a jelenlegi magyarországi jellemzőket foglalom össze. Az 5. fejezetben ismertetem a kidolgozott módszert, majd a 6. fejezetben bemutatom a módszer alkalmazhatóságát egy-egy példaterületen. 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.

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.

#### 3.1. 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 [6]. **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. [6]. A városi autóbusz-hálózat egyik legmeghatározóbb jellemzője az autóbusz-vonalak által biztosított **járatsűrűség**, tehát a viszonylaton adott irányban időegység alatt leközlekedő járatok száma [7]. A **viszonylathálózat** a viszonylatok összessége egy adott területen [8]. A viszonylathálózat által biztosított **körös megállóhelyi területi lefedettség** a viszonylathálózat megállóitól légvonalban meghatározott távolságon belül elhelyezkedő területek a teljes település területéhez viszonyított aránya [9], míg a viszonylathálózat által biztosított **valós megállóhelyi területi lefedettség** a körös megállóhelyi területi lefedettség megállóhelyek megközelítésének gyaloglási távolságával korrigált értéke [10].

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 [11].

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 [12].

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)-koncepció [13].

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 [14].

### ***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 elszórtan elhelyezkedő, a kevesebb utas igényeihez mérten is elégtelen térbeli-időbeli paraméterekkel kapcsolódó nagykapacitású közösségi közlekedés gyenge hatékonyságából adódóan a gépjárműhasználat nélkülözhetetlen. Ezeken 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 [15]. 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.

#### **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 [16]. 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. [17]. A gépjármű-tulajdonlás az egyik legfontosabb tényező, ami a mobilitási szokásokat, így az utazások mennyiségét és a módválasztást befolyásolja [1], [17]. Ugyanakkor a közúti torlódás nem megfeleltethető a gépjármű-tulajdonlás mértékével, így a gépjármű-tulajdonlás csökkentése önmagában nem lehet érvényes vezérelv. [18]

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 [19]. A közösségi közlekedés tervezésekor, illetve a hálózati paraméterek optimalizálása során a szolgáltató és utazók költségeit (ideértve a megközelítés, a várakozás és az utazás időszükségletéből fakadó költségeket-veszteségeket) együttesen kell figyelembe venni [20], ebből fakadóan a járatsűrűség meghatározása kulcsfontosságú lépés [21]. A közösségi közlekedés paramétereinek optimális meghatározása, vagy beavatkozást végezni a már működő hálózaton a keresletből kiindulva célszerű [22], növekvő méretgazdaságosság érhető el, ha a vonalhálózat bővítése-módosítása az utaskereslet bővüléséből fakad [23]. A kis költséggel tervezett hálózatok nem képesek számos utasigényt kielégíteni, ugyanakkor minden utasigény legattraktívabb kiszolgálása az optimálisnál nagyobb üzemeltetési költségeket von maga után [24]. 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 [15].

Az optimális járatsűrűség egy viszonylat különböző pontjain eltérő, ugyanakkor legtöbbször a csúcskeresztszemen az átutazók és a fel/leszállók száma is maximális, ebben az esetben a fel- és leszállás időszükséglete az átutazóknál is veszteségként jelentkezik [25]. A töredezett vonalhálózat a sok átszállási kényszerből adódóan nem optimális, hiszen átszálláskor gyaloglási és várakozási idők keletkeznek [26].

Hálózati beavatkozás során a flottanagyság kialakítása a Mohring-féle négyzetgyökszabály alkalmazásával határozható meg, mely szabály kimondja, hogy az optimális járatsűrűség az utasszám négyzetgyökével arányos [22]. Az utazói időveszteségek minimalizálása esetén a járatsűrűség növelése és az egyes járművek befogadó-kapacitásának csökkentése az optimum irányába változtatja a rendszert [25], [27]. 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 [28]. 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 jelentkezik. [27]. Az optimális járatsűrűséget meghatározó modellek legtöbb esetben a rágyaloglást és elgyaloglást csak gyaloglásként veszik figyelembe, továbbá a megállóhelyi várakozás időszükséglete gyakran véletleneloszlás szerint jelenik meg a modellekben [8], [27], [29].

A rágyaloglás és elgyaloglás a közlekedési lánc gyakran nem megfelelő prioritással kezelt szakasza, mely ugyanakkor a közlekedési rendszer attraktivitását alapvetően meghatározza [30]. A megállóhelyek kijelölése újonnan épülő lakóterületek esetén a tervezési fázisban szükséges [31]. A járatsűrűség és a közvetlenség bizonyos fokig a megállóhelyi területi lefedettség helyettesítőjeként működhet [29]. 10 perccel gyakrabban közlekedő autóbuszokért 200-475 méter többletet hajlandók gyalogni egyes ausztrál, egyesült királyság-beli és egyesült államok-beli felmérések résztvevői [32]. 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 [33].

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 [34]. 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 [35]. Az érzékelt várakozási idő körülményektől függően egy 5 perces várakozás esetén akár 1 perccel hosszabb is lehet, mint a tényleges várakozási idő [36], így a megállóhelyi várakozás időtartama alatt a várakozók nagyságrendileg fele más tevékenységet folytat várakozás közben [37]. A valós idejű applikációk használata akár 2-4 perccel is csökkentheti a tényleges várakozási időt, az applikációk használatával az átlagos várakozási idő járatsűrűségtől függetlenül kb. 4 perc [24].

A megállóhely megközelítéséhez és a megállóhelyről a célpontra való megérkezéshez a gyaloglás mellett kerékpár és más alternatív eszközök is használhatók [38]. A kerékpározást, mint megközelítési módot figyelembe véve ugyanazon városi autóbushálózat nagyobb területi lefedettséget biztosít, mint csak a gyaloglást figyelembe véve [30]. 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 [39]. Mindemellett a mikromobilitásban jelenleg nagy arányban elterjedő elektromos rollerek az Egyesült Államokban leginkább autós utazásokat váltanak ki [40]. 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 [41].

### Városi és viszonylathálózati topológiák

Fielbaum és mtsai munkája alapján háromféle alapvető városi topológia különböztethető meg [8]:

- 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 körülvevően 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 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 (többlet), néhány helyen szubsztitútív (helyettesítő) módon is megjelenhetnek. 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.

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

- közvetlen viszonylatok,
- exkluzív viszonylatok,
- csomóponti elosztó és
- feltáró-gerinc jellegű viszonylatokat [8], [42].

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 hálózat kialakítás 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.

### **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 [43], [44].

A BRT rendszerek leginkább az amerikai és ázsiai metropoliszokban (pl: Bogotá (7 743 955 fő) [45], Guangzhou (18 676 605 fő) [46] , Curitiba (1 879 355 fő) [47]) terjedtek el, ezen városok lakossága és kiterjedése igen nagy [13].

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 [43]. 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 egy nagykapacitású, attraktív és hatékony megoldással szolgálhatók ki [12].

A BRT-rendszerekben a magasabb utazási sebesség elérése érdekében számos, a hagyományostól eltérő megoldás fogantatózott. 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 utascseredőt csökkentheti továbbá az elektronikus jegyrendszerek alkalmazása [43]. Kihhasználva 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 [48]. 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) [49].

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 [43]. A BRT-rendszerek sajátosságait kihasználva a BRT-viszonylatok a hagyományos városi autóbuszos viszonylatokhoz képest akár 10 km/h-val is nagyobb átlagsebességgel tudnak közlekedni [50].

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 [43].

A fejezetben felvonultatott 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 veendőek.

## 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 [15], alátámasztják a hazai városok közlekedési munkamegosztás adatai (4-1. táblázat).

**4-1. táblázat:** Foglalkoztatottak munkahelyre közlekedés módja szerinti megoszlása és népességszám-arányos súlyozott átlaga 100 ezer fő lakosnál kisebb városokban [%]

*források: Zalaegerszeg város fenntartható mobilitási terve (2016), zalaegerszeg.hu; Veszprém város fenntartható mobilitási terve (2017), veszprem.hu; [51]; Központi Statisztikai Hivatal, 2019)*

	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

Azonosítottam és közlekedési módok szerint csoportosítottam a kis- - és középvárosokra jellemző körülményeket. Az azonosítást az irodalomkutatás eredményeire támaszkodva [1], [52], [53], illetve saját tapasztalatom alapján végeztem. A közlekedési módok összefoglalását a

**4-2. táblázat** tartalmazza.

**4-2. táblázat:** Közlekedési módok jellemző tulajdonságai kis- és közepesvárosokban

	<b>közösségi közlekedés</b>	<b>egyéni személygépjármű-közlekedés</b>	<b>kerékpáros közlekedés</b>	<b>gyalogos közlekedés</b>	<b>megosztáson alapuló közlekedési módok</b>
<b>jellemző utazási távolság</b> <i>forrás:</i> [54]	3-14 km	14-16 km	3-6 km	1-3 km	3-15 km
<b>potenciális célcsoport</b>	minden utazói csoport	jogosítvánnyal rendelkezők	aktív közlekedők	minden utazói csoport	aktív közlekedők, saját járművel nem rendelkezők
<b>jellemző járműkapacitás</b>	10-140 fő	1-10 fő	1 fő	nem értelmezett	1-10 fő
<b>terület-használat</b>	közepes	nagy	kicsi	igen kicsi	változó
<b>környezeti terhelés</b>	változó	nagy	kicsi	igen kicsi	változó
<b>jellemző problémák</b>	nem megfelelő kínálat, alacsony szolgáltatási színvonal	közúti 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 szóló 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 szóló 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 [28]. 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 [55]. A díjazásra vonatkozóan megjegyzendő, hogy a legtöbb esetben egy, a város közigazgatási határán kívülről helyi átszállással utazónak két bérletet is szükséges vásárolnia (pl. Ajka [51]).

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 találkozhatnak, a legtöbb utas nem érti a betűk önálló jelentését, illetve a betűk nem minden városban, sőt egyes esetekben városon belül is eltérő jelentést tartalommal bírnak. Az „A” jelzés például Sopronban egyszerre jelent betétjáratit és útvonalváltozattal közlekedő járatot is. Szombathelyen az „A” jelzést bizonyos esetekben gyorsjáratit, útvonalváltozattal közlekedő, betétjáratit és a város nagykörútján közlekedő körjáratit 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 viszonylatjelölésében 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 gyorsjáratit jelleggel (pl. 8E viszonylat budai szakasza), ugyanakkor találkozhatunk olyan gyorsjáratit, melynek jelzésében nincs a gyorsjáratit 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 fókusza 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 [32], [34] 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.

### 5.1. A módszerben alkalmazott jelölések magyarázata

- VRC: az összes, a közösségi közlekedés üzemeltetése és igénybevétele során felhasznált erőforrás [Ft],
- $c_o$ : a közösségi közlekedési hálózat üzemeltetési költsége [Ft],
- $c_u$ : a közösségi közlekedés felhasználóinak költsége [Ft],
- $Y$ : adott körzetben jelentkező utazási kereslet [fő]
- $t_a, t_w, t_v, t_r, t_e$ : a helyváltoztatási lánc fázisainak időszükséglete [óra]
  - o  $a$ : megközelítés
  - o  $w$ : megállóhelyi várakozás
  - o  $v$ : járművön töltött idő
  - o  $r$ : átszállás
  - o  $e$ : megállóhelyről a célpontra való megérkezés,
- $p_a, p_w, p_v, p_e$  : a helyváltoztatási lánc fázisainak időszükségleteihez tartozó időértékek, súlytényezők [Ft/óra]
  - o  $a$ : megközelítés
  - o  $w$ : megállóhelyi várakozás
  - o  $v$ : járművön töltött idő
  - o  $e$ : megállóhelyről a célpontra való megérkezés,
- $p_{r_1}$  az átszállás fix (időfüggetlen) büntetése [Ft/átszállás],
- $p_{r_2}$  az átszállás időfüggő tényezője [Ft/óra]
- $o - d$  index: az adott relációt (o-d pontpárt) jelző index [-]
- $\alpha_{ai}$ : a megközelítési fázisban az egyes közlekedési módok aránya [%],
- $s_i$ : a megközelítési út hossza  $i$  közlekedési móddal [m]
- $v_i$ : a megközelítés 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]

## 5.2. Körzet kiszolgálásának vizsgálata

A körzetre meghatározhatók különböző kiszolgálási variánsok. A körzet kiszolgálása többféle megoldással elképzelhető. A szakirodalomban fellelhető modellek pl.: [8], [29], [42] leginkább négyféle általános hálózati struktúrát alkalmaznak (bővebben: 3.2 fejezet), 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 [29] arra az eredményre jutottak, hogy a járatsűrűség és a közvetlen kapcsolat bizonyos mértékig a megállóhelyi lefedettség helyettesítője lehet.

A városi közösségi közlekedési hálózatok működtetésének célja legtöbb esetben a társadalmi jólét maximalizálása [4], [7], [28], 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.

A szolgáltató költségei ( $c_o$ ) rendszerint a járműflotta fenntartására 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 költségtenyezőként veendő figyelembe az átszállás-okozta kényelmetlenség és idővesztés [8]. Ennek formalizálása a (2) egyenlet, 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 időszükségletei [óra],  $p_a, p_w, p_v, p_e$  rendre az utazási lánc fázisainak (megközelítés, várakozás, utazás, átszállás, megállóhelyről a célpontra való megérkezés) időszükségleteihez 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 transzferkifizetesként értelmezhető, jelen modell nem terjed ki a viteldíjakra. Az üzemeltetési költségek ( $c_o$ ) a modell alkalmazása során paraméteresen megválaszthatók, azok a felhasználói költségtől függetlenek, a modellben komponensekre nem bontottak.

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

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

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.

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

A helyváltoztatási lánc időszükségletei alfejezetenként, a következő fázisok szerint vizsgálhatók:

- Megállóhely megközelítésének időszükséglete (5.2.1)
- Megállóhelyi várakozási idő (5.2.2)
- Járművön eltöltött idő (5.2.3)
- Átszállások időszükséglete és vesztesége (5.2.4)
- Megállóhelyről a célpontra való megérkezés időszükséglete (5.2.5)

### 5.2.1. 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 csatlakozópontra megállóhelyeken kialakított tárolási lehetőségek, vagy azok hiánya, domborzati adottságok, megosztott szolgáltatások szolgáltatási területe). A megközelítési időszükséglet a különböző módok súlyozott összegzéseként megadható (4), ahol  $\alpha_{ai}$  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.

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

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

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 [56], [57], 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.

### 5.2.2. Megállóhelyi várakozási idő

Fan és Machemel kutatása alapján [34] 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 [34], 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.

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

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

### 5.2.3. 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 [27], 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 [8], [19], 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 [19], [27].

Az utazás 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.

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

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

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

### 5.2.4. Átszállások időszükséglete és vesztesége

Az utazási komfortot alapvetően befolyásolja az átszállások száma és minősége, ezáltal az átszállások tervezése a viszonylathálózat kialakítása során kulcsfontosságú szempont [8].

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 időszükséglet a vonatkozó időértékekkel együttesen a (3) egyenletben szerepel.

### 5.2.5. 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 0. fejezetben leírtaknak megfelelően 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 [33], [39]

A megállóhelyről a célpontra való megérkezés időszükséglete a különböző módok súlyozott összegzéseként megadható (10), ahol  $\alpha_{ei}$  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.

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

$$(11) \quad t_{e(o-d)i} = \frac{s_i}{\bar{v}_i} + t_{s_i} + t_{d_i}$$

## 6. Alkalmazás

### 6.1. Az alkalmazás során általánosan alkalmazott értékek

A helyváltoztatási lánc fázisainak idősükségeihez tartozó súlytényezők meghatározásakor az Európai Unió 2021-2027-es időszakra vonatkozó pénzügyi és közgazdasági elemzéséhez készült Vade Mecum kiadványa [58] és a közlekedési externáliák kézikönyvében [59] szereplő adatok szolgálnak kiindulási alapként. Egy óra utazási idő értéke a 2016-os Magyarországra vonatkozó érték évi 1,5%-os növekedésével számolva a 2022. októberi 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. 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 [54] a 2017-es jelentés [52] 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.

**6-1. táblázat:** Közlekedési módok jellemző megoszlása utazási távolság szerint

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 átlagsebesség-értékei:

$$v_{\text{gyaloglás}} = 5 \frac{\text{km}}{\text{h}}; \quad v_{\text{kerékpár}} = 15 \frac{\text{km}}{\text{h}}; \quad v_{\text{személygépjármű}} = 15 \frac{\text{km}}{\text{h}};$$
$$v_{\text{mikromobilitási eszköz}} = 10 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$



## 6.2. Esettanulmányok

Az alkalmazást Szombathely városában egy lakótelepről a belvárosba tartó, illetve egy városszéli kertvárosi övezetről a helyközi autóbuszállomásra tartó relációra végzem el, különböző viszonylathálózati scenáriókkal. 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 átingázók száma.

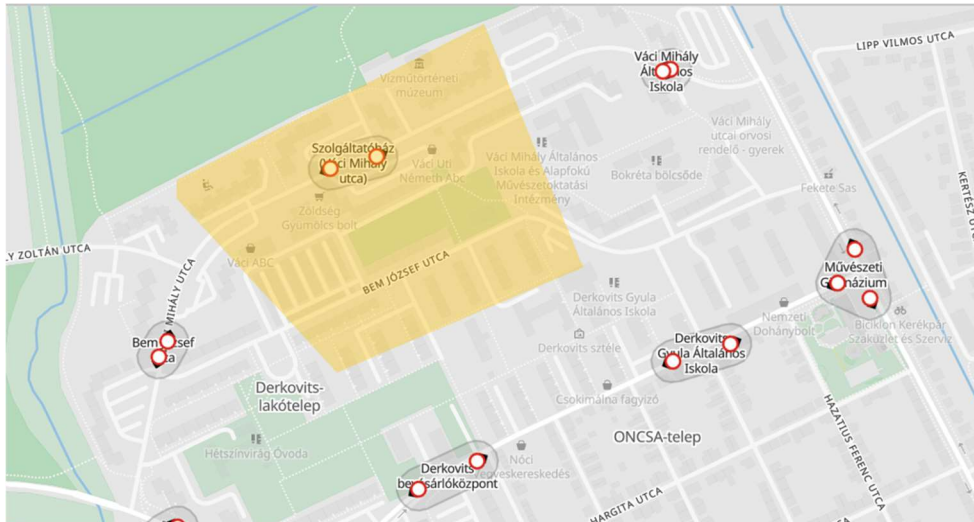
A város monocentrikus jellegű, a városközpontot többnyire társasházakból álló lakótelepek, majd a korábban önálló településként létező városrészek egy kertvárosi gyűrűt alkotnak.

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

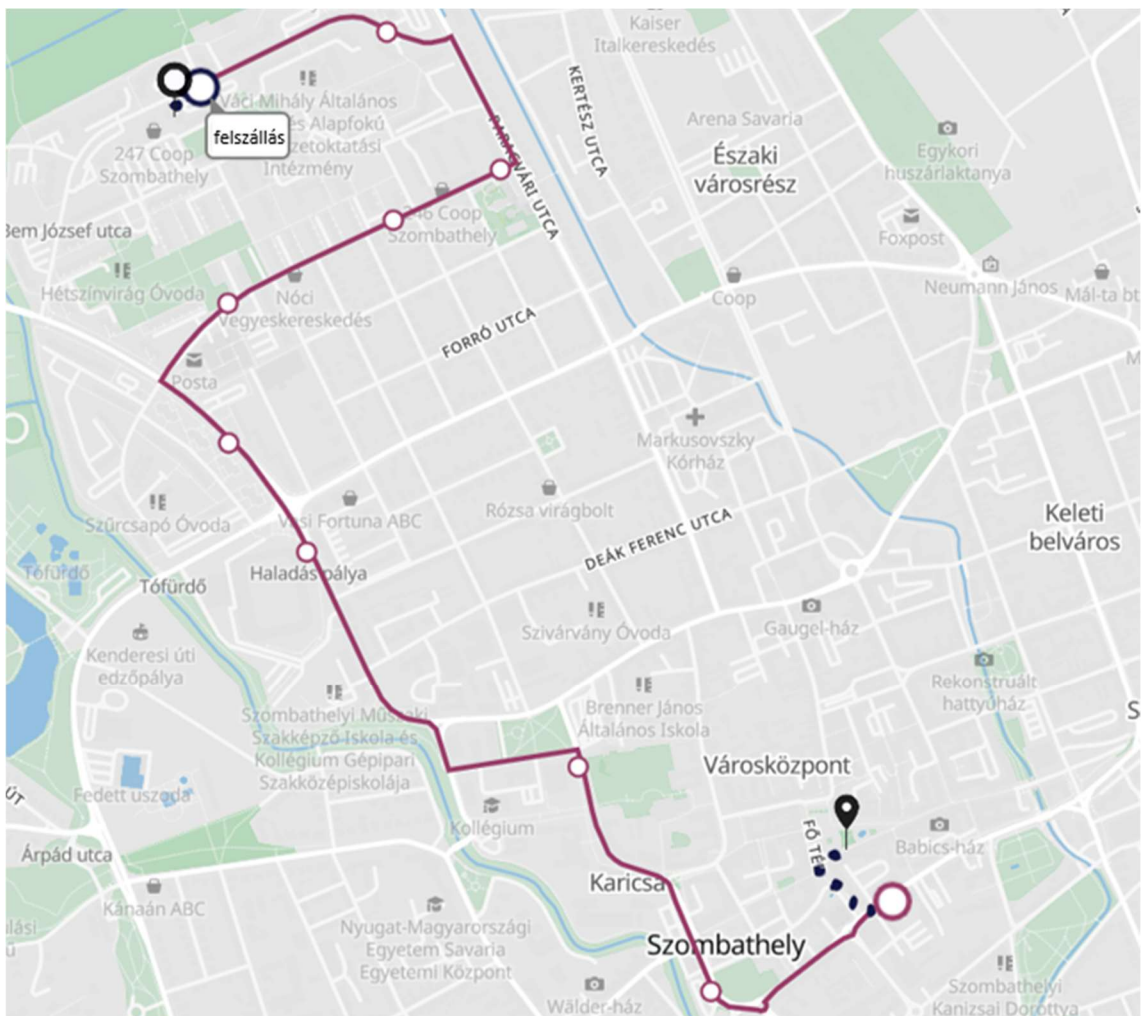
Szombathelyen a Derkovits lakótelep az egyik legnépesebb lakótelep, a város északnyugati részén helyezkedik el. A kiindulási pont a Szolgáltatóház (Váci Mihály utca) megállóhely vonzaskörzete (ld: 1. ábra), a célpont a belvárosban található Fő tér vonzaskörzete. Az utazási láncok jellemző értékeit a **6-2. táblázat** szemlélteti. Az alkalmazás során feltételezhető, hogy az utasok időminimumra törekednek, így a leggyorsabb utazási lehetőséget választják [60]. 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:

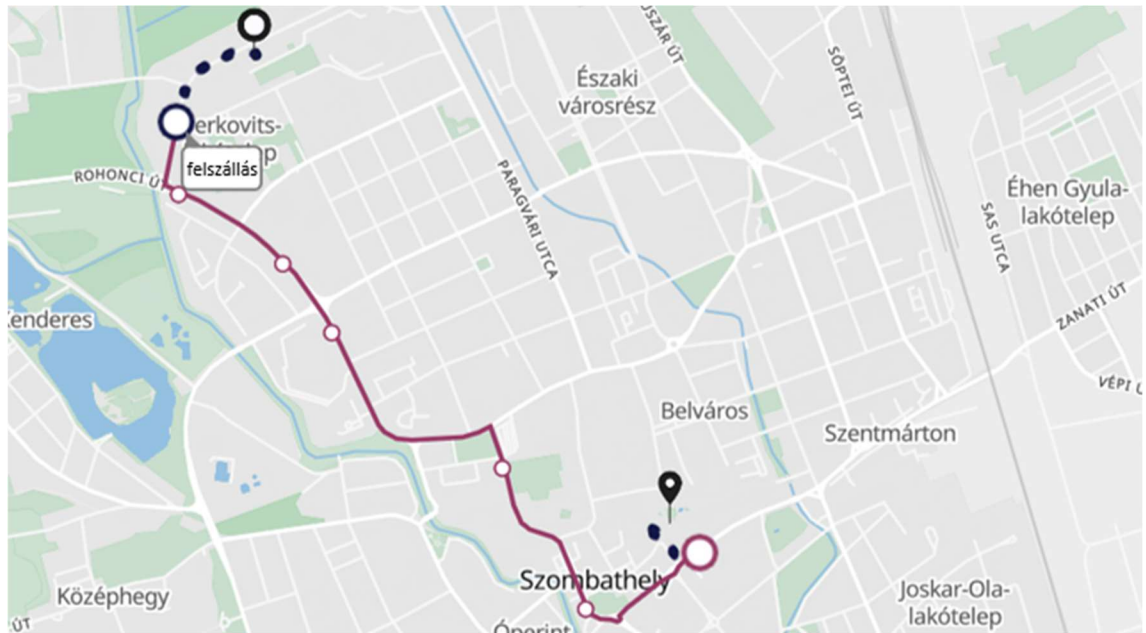
- 1) a Szolgáltatóház (Váci Mihály utca) megállóhelyről 15 percnként közlekedik autóbusz a belváros irányába, a leszállástól 250 m-en belül elérhető a Fő tér. Átszállás nem szükséges. Tekintettel arra, hogy a megállóhelyet kiszolgáló viszonylat a lakótelep egészét feltárja a menetideje a két megálló között 14 perc. (ld: 2. ábra)
- 2) a Szolgáltatóház (Váci Mihály utca) megállóhelyen nincs rendszeres viszonylat a belváros irányába, azonban a Bem József utca megállóhelyről 10 percnként 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. (ld: 3. ábra)



1. ábra: Az 1. esettanulmányban bemutatott utazások kiinduló körzete – sárgával jelölt (forrás: Savaria Utas utazástervező [61] alapján saját szerkesztés)



2. ábra: A 6.2.1; 1) változat eljutásának térképes ábrázolása (forrás: Savaria Utas utazástervező [61])



3. ábra: A 6.2.1; 2) változat eljutásának térképes ábrázolása (forrás: Savaria Utas utazástervező [61])

**6-2. táblázat: A helyváltoztatások összefoglalása (saját szerkesztés)**

megközelítés átlagos távolsága [m]	6.2.1; 1) változat				6.2.1; 2) változat			
	100				400			
megközelítés módjai	gyalog	kerékpár	személygépjármű	mikromobilitási eszköz	gyalog	kerékpár	személygépjármű	mikromobilitási 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	személygépjármű	mikromobilitási eszköz	gyalog	kerékpár	személygépjármű	mikromobilitási 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]	2069				1967			

\* 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.

Mint látható, 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 helyálló feltételezés, tekintettel arra, hogy a Váci Mihály utca és a Bem József utca térségében csúcsidőben óránként 6 belváros-irányú indulás valósul meg.

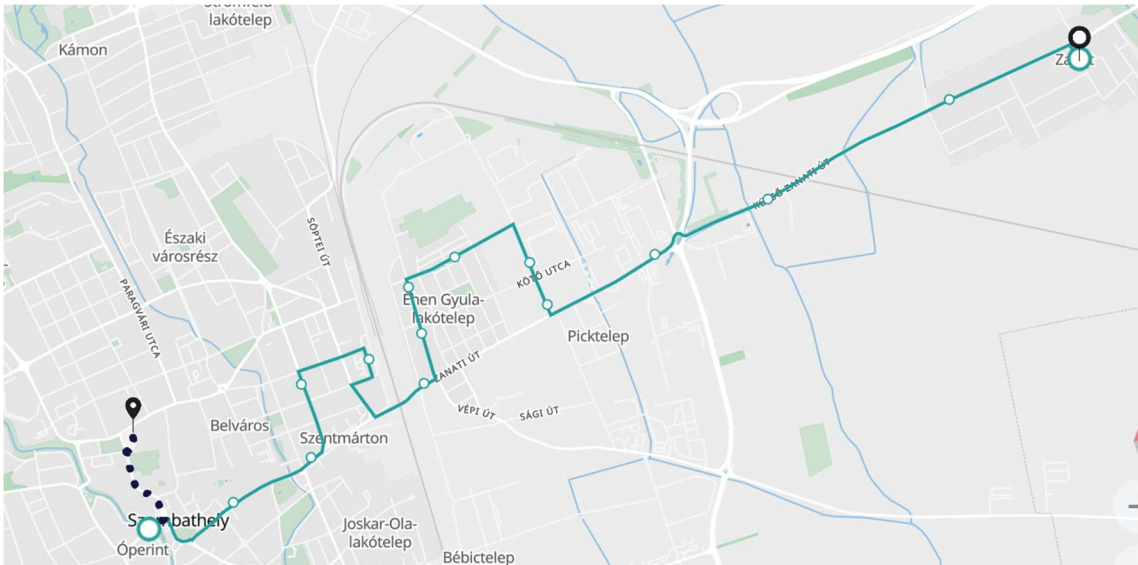
### 6.2.2. 2. reláció: Zanat (keleti kertváros) – Helyközi autóbusz-állomás

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 autóbuszfordulója, a célpont pedig a helyközi autóbusz-állomás. Az utazási láncok jellemző értékeit a **6-3. táblázat** szemlélteti. Az alkalmazás során feltételezhető, hogy az utasok időminimumra törekednek, így a leggyorsabb utazási lehetőséget választják [60].

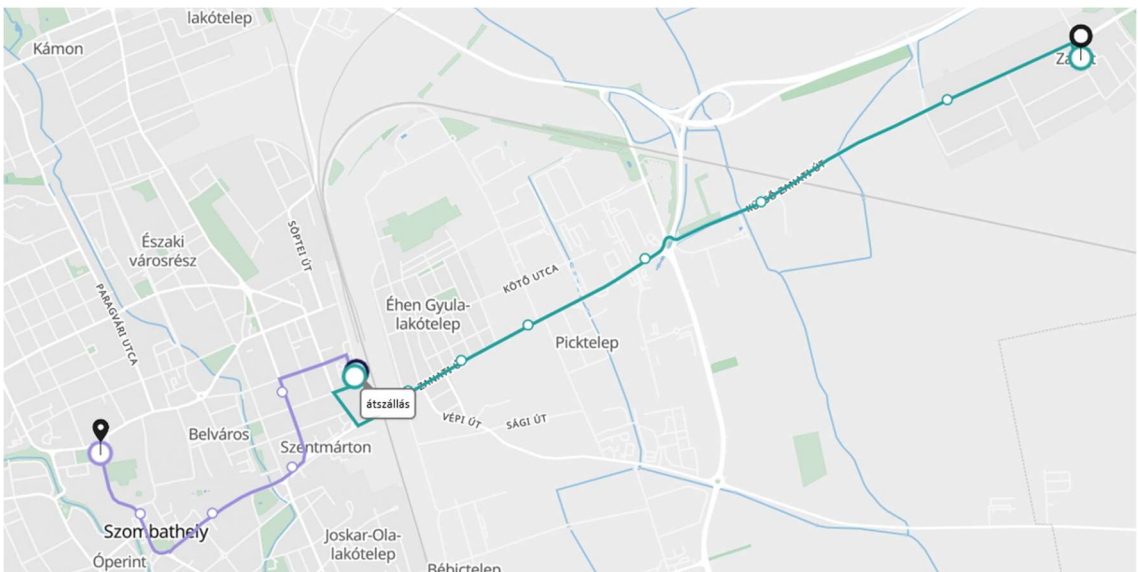
A vázolt két viszonylathálózati struktúra értékelési szempontja, hogy milyen paraméterekkel (járatsűrűség, járművön eltöltött idő, várakozás) váltható ki egy átszállásmentes, ugyanakkor több gyaloglást tartalmazó, 60 percenként megvalósuló eljutási lehetőség (6.2.2; 1) változat - 4. ábra) oly módon, 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: 5. 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 szcenáriókat 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 **6-3. 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.



4. ábra: A 6.2.2; 1) változat eljutásának térképes ábrázolása (forrás: Savaria Utas utazástervező [61])



5. ábra: A 6.2.2; 2) változat eljutásának térképes ábrázolása (forrás: Savaria Utas utazástervező [61])

**6-3. táblázat: A helyváltoztatások összefoglalása (saját szerkesztés)**

	6.2.2; 1) változat				6.2.2; 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.

Mint látható, a helyváltoztatási láncban szereplő átszállási kényszer hatása jelentős, ez egybecseng Fielbaum és mtsai vizsgálatának megállapításaival [8]. Ugyanolyan szolgáltatási szint csak a járatsűrűség megduplázásával, rövid átszállási időekkel és a járművön töltött idő csökkentésével érhető el. Fontos megjegyezni, hogy a 3 perces átszállási idő egy kisebb késés esetén az átszállásos eljutás megghiúsulását, illetve jelentős menetidő-növekményt vonhat maga után.

## 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 idősükségletével 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, különös tekintettel a járatsűrűsége és a megállóhelyi lefedettségre.

A módszert Szombathelyen két kiválasztott relációra alkalmaztam. A kapott eredményekből megállapítható, hogy 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 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 idősükségletével számoló modelleket. A modellben a megállóhelyi várakozás idősükséglete a járatsűrűség függvényeként szerepel, továbbá a viszonylathálózat lefedettsége az általános parametrikus városi hálózat-kialakítás helyett konkrét relációkra tartalmazza a helyváltoztatási lánc idősükségeit.

Fontos megjegyezni, hogy a módszer az utasok és a reláción belüli utazások heterogenitását (pl.: motiváció, időbeliség) figyelmen kívül hagyja, továbbá a módszer igen érzékeny a helyváltoztatás fázisainak idősükségeihez rendelt időértékek megválasztására. A módszerben az üzemeltetői költségek, így annak előidéző tényezőiként a flottaméret és a flotta járműveinek kapacitása állandó értéként szerepelnek, továbbá a viteldíj, mint keresletbefolyásoló tényező a módszerben nem kapott helyet.

A későbbi kutatások során célom a módszer alkalmazhatósági területének bővítése, a helyváltoztatási lánc további jellemzőinek (pl.: időbeliség, utazói jellemzők) a módszerbe foglalása. Tekintettel arra, hogy az üzemeltetői költségek függése a flotta jellemzőitől jelentős, a kibocsátott teljesítmény pontosabb számbavétele, továbbá a díjszabás hatásának vizsgálata is célom a módszer finomhangolása érdekében.

Mindezek 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. Ábrajegyzék

1. ábra: Az 1. esettanulmányban bemutatott utazások kiinduló körzete – sárgával jelölt (forrás: Savaria Utas utazástervező [61] alapján saját szerkesztés).....	25
2. ábra: A 6.2.1; 1) változat eljutásának térképes ábrázolása (forrás: Savaria Utas utazástervező [61]).....	25
3. ábra: A 6.2.1; 2) változat eljutásának térképes ábrázolása (forrás: Savaria Utas utazástervező [61]).....	26
4. ábra: A 6.2.2; 1) változat eljutásának térképes ábrázolása (forrás: Savaria Utas utazástervező [61]).....	28
5. ábra: A 6.2.2; 2) változat eljutásának térképes ábrázolása (forrás: Savaria Utas utazástervező [61]).....	28



## 9. Táblázatok jegyzéke

<b>4-1. táblázat:</b> Foglalkoztatottak munkahelyre közlekedés módja szerinti megoszlása és népességszám-arányos súlyozott átlaga 100 ezer fő lakosnál kisebb városokban [%] .....	13
<b>4-2. táblázat:</b> Közlekedési módok jellemző tulajdonságai kis- és közepesvárosokban.....	14
<b>6-1. táblázat:</b> Közlekedési módok jellemző megoszlása utazási távolság szerint .....	23
<b>6-2. táblázat:</b> A helyváltogatások összefoglalása (saját szerkesztés).....	26
<b>6-3. táblázat:</b> A helyváltogatások összefoglalása (saját szerkesztés).....	29

## 10. Irodalomjegyzék

- [1] UITP, 'Report - Mobility as a Service'. International Association of Public Transport, Apr. 2019. [Online]. Available: [https://www.uitp.org/sites/default/files/ckk-focus-papers-files/Report\\_MaaS\\_final.pdf](https://www.uitp.org/sites/default/files/ckk-focus-papers-files/Report_MaaS_final.pdf)
- [2] '2022. november 1-től módosul a V-Busz díjszabása | V-BUSZ KFT - Veszprém', Sep. 30, 2022. <https://vbusz.hu/2022/09/30/2022-november-1-tol-modosul-a-v-busz-dijszabasa/> (accessed Oct. 23, 2022).
- [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> (accessed Oct. 23, 2022).
- [4] H. Mohring, 'Optimization and Scale Economies in Urban Bus Transportation', *Am. Econ. Rev.*, vol. 62, no. 4, pp. 591–604, 1972.
- [5] R. H. Oldfield and P. H. Bly, 'An analytic investigation of optimal bus size', *Transp. Res. Part B Methodol.*, vol. 22, no. 5, pp. 319–337, Oct. 1988, doi: 10.1016/0191-2615(88)90038-0.
- [6] Budapesti Közlekedési Központ, 'Üzletszabályzat'. Sep. 01, 2022. Accessed: Oct. 23, 2022. [Online]. Available: [https://bkk.hu/downloads/4/q4RVviifds3tyt2cwO-\\_3A==](https://bkk.hu/downloads/4/q4RVviifds3tyt2cwO-_3A==)
- [7] J. O. 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.
- [8] A. Fielbaum, S. Jara-Diaz, and 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.
- [9] Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft., 'Sopron Megyei Jogú Város helyi közösségi közlekedési rendszere racionalizálási tervének kidolgozása'. May 2012.
- [10] S. I. Chien \* and Z. Qin, 'Optimization of bus stop locations for improving transit accessibility', *Transp. Plan. Technol.*, vol. 27, no. 3, pp. 211–227, Jun. 2004, doi: 10.1080/0308106042000226899.
- [11] D. Földes and C. Dr. Csiszár, 'Útvonal értékelő eljárás személyre szabott utastájékoztatóhoz', *Közlekedéstudományi Szle.*, vol. Közlekedésszervezés, no. 04, pp. 42–57, Aug. 2016.
- [12] H. Levinson, S. Zimmerman, J. Clinger, and G. Rutherford, 'Bus Rapid Transit: An Overview', *J. Public Transp.*, vol. 5, no. 2, pp. 1–30, Jun. 2002, doi: 10.5038/2375-0901.5.2.1.
- [13] O. Heddebaut, B. Finn, S. Rabuel, and F. Rambaud, 'The European Bus with a High Level of Service (BHLS): Concept and Practice', *Built Environ.*, vol. 36, no. 3, pp. 307–316, Oct. 2010, doi: 10.2148/benv.36.3.307.
- [14] International Transport Forum, 'Safe Micromobility', p. 98, 2020.
- [15] Mándoki P., 'Személyközlekedési rendszerek értékelési lehetőségei a városi és térségi közlekedésben', Budapest, 2005. [Online]. Available: <https://repozitorium.omikk.bme.hu/bitstream/handle/10890/409/ertekezes.pdf?sequence=1>
- [16] D. Hörcher, 'Vasúti menedzsment', 2019.
- [17] U. Haefeli and D. Matti, 'Evaluation Car-Sharing'. Bundesamt für Energie, Sep. 2006. [Online]. Available: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/evaluationen.exturl.html/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWWRtaW4uY2gvZGUvcHVibGljYX/Rpb24vZG93bmxvYWQvMTk2MA==.html>
- [18] D. Hörcher and D. J. Graham, 'MaaS economics: Should we fight car ownership with subscriptions to alternative modes?', *Econ. Transp.*, vol. 22, p. 100167, Jun. 2020, doi: 10.1016/j.ecotra.2020.100167.
- [19] M. Börjesson, C. Man Fung, S. Proost, and Z. Yan, 'Do Small Cities Need More Public Transport Subsidies Than Big Cities?', *J. Transp. Econ. Policy*, vol. 53, p. 24, 2019.
- [20] G. Bresson, J. Dargay, J.-L. Madre, and 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, May 2004, doi: 10.1016/j.tra.2003.11.002.
- [21] D. Toro-González, V. Cantillo, and V. Cantillo-García, ‘Factors influencing demand for public transport in Colombia’, *Res. Transp. Bus. Manag.*, vol. 36, p. 100514, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.rtbm.2020.100514.
- [22] ‘From the Single Line Model to the Spatial Structure of Transit Services: Corridors or Direct?’, *J. Transp. Econ. Policy*, vol. 37, p. 17.
- [23] A. Fielbaum, S. Jara-Díaz, and A. Gschwender, ‘Beyond the Mohring effect: Scale economies induced by transit lines structures design’, *Econ. Transp.*, vol. 22, p. 100163, Jun. 2020, doi: 10.1016/j.ecotra.2020.100163.
- [24] A. Schöbel, ‘Line planning in public transportation: models and methods’, *Spectr.*, vol. 34, no. 3, pp. 491–510, Jul. 2012, doi: 10.1007/s00291-011-0251-6.
- [25] S. Jara-Díaz, A. Tirachini, and 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.
- [26] G. Kocur and C. Hendrickson, ‘Design of Local Bus Service with Demand Equilibration’, *Transp. Sci.*, vol. 16, no. 2, pp. 149–170, May 1982, doi: 10.1287/trsc.16.2.149.
- [27] S. Jara-Díaz, A. Fielbaum, and 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.
- [28] S. R. Jara-Díaz and 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.
- [29] A. Fielbaum, S. Jara-Díaz, and A. Gschwender, ‘Lines spacing and scale economies in the strategic design of transit systems in a parametric city.’, *Res. Transp. Econ.*, vol. 90, p. 100991, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.retrec.2020.100991.
- [30] M. Advani, ‘Bicycle – As a feeder mode for bus service’, p. 9.
- [31] A. (Avi) Ceder, M. Butcher, and L. Wang, ‘Optimization of bus stop placement for routes on uneven topography’, *Transp. Res. Part B Methodol.*, vol. 74, pp. 40–61, Apr. 2015, doi: 10.1016/j.trb.2015.01.006.
- [32] C. Mulley, C. Ho, L. Ho, D. Hensher, and 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, Oct. 2018, doi: 10.1016/j.tranpol.2018.06.002.
- [33] U. Lachapelle and R. B. Noland, ‘Does the commute mode affect the frequency of walking behavior? The public transit link’, *Transp. Policy*, vol. 21, pp. 26–36, May 2012, doi: 10.1016/j.tranpol.2012.01.008.
- [34] W. (David) Fan and 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.
- [35] J. K. Jolliffe and 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.
- [36] R. Mishalani, M. McCord, and 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, May 2006, doi: 10.5038/2375-0901.9.2.5.
- [37] N. Ohmori, ‘Passengers’ waiting behavior at bus stop’, *Traffic Transp. ...*, Jan. 2004, Accessed: Oct. 16, 2022. [Online]. Available: [https://www.academia.edu/1790420/Passengers\\_waiting\\_behavior\\_at\\_bus\\_stop](https://www.academia.edu/1790420/Passengers_waiting_behavior_at_bus_stop)
- [38] K. Baek, H. Lee, J.-H. Chung, and J. Kim, ‘Electric scooter sharing: How do people value it as a last-mile transportation mode?’, *Transp. Res. Part Transp. Environ.*, vol. 90, p. 102642, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.trd.2020.102642.
- [39] 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, Jul. 2004, doi: 10.1016/j.trd.2004.02.005.

- [40] ‘What travel modes do shared e-scooters displace? A review of recent research findings’, *Transp. Rev.*, Mar. 2022, doi: 10.1080/01441647.2021.2015639.
- [41] ‘E-scooters replacing more walking and cycling trips than car journeys’, *ITV News*, Jul. 31, 2021. <https://www.itv.com/news/westcountry/2021-07-31/e-scooters-replacing-more-walking-and-cycling-trips-than-car-journeys> (accessed Oct. 31, 2022).
- [42] A. Fielbaum, S. Jara-Díaz, and A. Gschwender, ‘Transit Line Structures in a General Parametric City: The Role of Heuristics’, *Transp. Sci.*, vol. 52, no. 5, pp. 1092–1105, Oct. 2018, doi: 10.1287/trsc.2018.0833.
- [43] S. C. Wirasinghe, L. Kattan, M. M. Rahman, J. Hubbell, R. Thilakarathne, and S. Anowar, ‘Bus rapid transit – a review’, *Int. J. Urban Sci.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–31, Mar. 2013, doi: 10.1080/12265934.2013.777514.
- [44] R. Ishaq and O. Cats, ‘Designing bus rapid transit systems: Lessons on service reliability and operations’, *Case Stud. Transp. Policy*, vol. 8, no. 3, pp. 946–953, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.cstp.2020.05.001.
- [45] ‘Proyecciones de población’. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion> (accessed Oct. 31, 2022).
- [46] ‘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/> (accessed Feb. 16, 2022).
- [47] ‘IBGE | Portal do IBGE | IBGE’. <https://www.ibge.gov.br/en/home-eng.html> (accessed Oct. 31, 2022).
- [48] C. Venter, G. Jennings, D. Hidalgo, and 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, Feb. 2018, doi: 10.1080/15568318.2017.1340528.
- [49] D. Hidalgo, T. Yepes, and H. Street, ‘Are Bus Rapid Transit Systems Effective in Poverty Reduction? Experience of Bogotá’s TransMilenio and Lessons For Other Cities’, p. 16, 2005.
- [50] A. Carrigan *et al.*, ‘Social, Environmental and Economic Impacts of BRT systems: Bus Rapid Transit Case Studies from Around the World.’, p. 151, 2014.
- [51] Közlekedéstudományi Intézet, ‘Járási Közlekedési Tanulmány’. 0 2019.
- [52] ‘Mobilität in Deutschland - MiD Zeitreihenbericht 2002-2008-2017’. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Dec. 2019. [Online]. Available: [http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017\\_Zeitreehenbericht\\_2002\\_2008\\_2017.pdf](http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Zeitreehenbericht_2002_2008_2017.pdf)
- [53] E. Eren and V. E. Uz, ‘A review on bike-sharing: The factors affecting bike-sharing demand’, *Sustain. Cities Soc.*, vol. 54, p. 101882, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.scs.2019.101882.
- [54] 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.
- [55] J. Fu and 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, Mar. 2018, doi: 10.1016/j.cstp.2018.01.001.
- [56] J. Molina-García, I. Castillo, A. Queralt, and J. F. Sallis, ‘Bicycling to university: evaluation of a bicycle-sharing program in Spain’, *Health Promot. Int.*, vol. 30, no. 2, pp. 350–358, Jun. 2015, doi: 10.1093/heapro/dat045.
- [57] S. W. Ham, J.-H. Cho, S. Park, and 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.
- [58] ‘Economic Appraisal Vademecum 2021-2027 - General Principles and Sector Applications’. [https://ec.europa.eu/regional\\_policy/en/information/publications/guides/2021/economic-](https://ec.europa.eu/regional_policy/en/information/publications/guides/2021/economic-)

- appraisal-vademecum-2021-2027-general-principles-and-sector-applications (accessed Oct. 31, 2022).
- [59] CE Delft *et al.*, *Handbook on the external costs of transport: version 2019 – 1.1*. LU: Publications Office of the European Union, 2020. Accessed: Oct. 31, 2022. [Online]. Available: <https://data.europa.eu/doi/10.2832/51388>
- [60] ‘Bi-Level Mathematical Programming Model for Locating Bus Stops and Optimizing Frequencies’, *Transp. Res. Rec.*, p. 9, 1971.
- [61] ‘Savaria Utas - Utazástervező’. <https://szombathely.utas.hu/> (accessed Nov. 06, 2022).