

OTDK-dolgozat

2025

**DEBRECENI EGYETEM
GAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR**

**A DEBRECENI SZUBURBANIZÁCIÓ NEGATÍV HATÁSAINAK
ENYHÍTÉSE EGY ÚJ KÖZÖSSÉGI KÖZLEKEDÉSI FORMÁVAL, A
TRAM-TRAINNEL**

**MITIGATING THE NEGATIVE EFFECTS OF SUBURBANISATION IN
DEBRECEN WITH A NEW FORM OF PUBLIC TRANSPORT, THE
TRAM-TRAIN**

Havasi Márton Zsombor

Konzulens: Dr. Karcagi-Kováts Andrea

Kézirat lezárása: 2024. október 31.

TARTALOMJEGYZÉK

1 TÉMAFELVETÉS.....	3
2 SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	4
2.1. Szuburbanizáció.....	4
2.2 TRANZITORIENTÁLT FEJLESZTÉS (Transit Oriented Development/TOD).....	6
2.2.1. <i>A tranzitorientált fejlesztés lényege.....</i>	<i>6</i>
2.2.2. <i>Összefüggések lakhelyek, utazások és úticélok között.....</i>	<i>9</i>
2.2.3. <i>A tranzitorientált fejlesztés és a gyalogosbarát város kialakításának jelentősége.....</i>	<i>11</i>
2.2.4. <i>A tranzitorientált fejlesztés nehézségei.....</i>	<i>12</i>
2.2.5. <i>A tranzitorientált fejlesztés elterjedése és kezdeményezései az Európai Unióban és Kínában</i>	<i>13</i>
2.3. „Parkolj és utazz!” (Park and Ride / P+R).....	14
2.4. Környezetvédelem	16
2.4.1. <i>Környezetvédelmi szempontok</i>	<i>16</i>
2.4.2 <i>A pontos kibocsátások meghatározása</i>	<i>17</i>
2.4.3. <i>Zöld adózás.....</i>	<i>22</i>
2.5 Fenntarthatóság	23
2.6 Preferenciák.....	26
2.7 Közlekedési formák.....	29
2.7.1. <i>A vasút és a közúti közlekedés</i>	<i>29</i>
2.7.2. <i>Tram-train</i>	<i>29</i>
3 ANYAG ÉS MÓDSZERTAN.....	31
4 EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE.....	35
4.1. <i>A mérések eredménye</i>	<i>35</i>
4.2. <i>A kibocsátások pontosabb meghatározása.....</i>	<i>47</i>
4.3. <i>Egyéb környezetvédelmi szempontok.....</i>	<i>51</i>
4.4. <i>Műszaki jellemzők – a tram train előnyei</i>	<i>54</i>
4.5. <i>A közösségi közlekedés preferenciái.....</i>	<i>55</i>
4.6. <i>Szuburbanizáció Debrecenben</i>	<i>59</i>
4.7. <i>TOD – tranzit orientált fejlődés.....</i>	<i>61</i>
4.8. <i>Az új rendszer bérletzónái.....</i>	<i>62</i>
5 KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	63
ÖSSZEFOGLALÁS	66
SZAKIRODALMI JEGYZÉK.....	67
MELLÉKLETEK	72

BEVEZETÉS

Debrecen Magyarország egyik meghatározó városa, hazánk második legnépesebb és harmadik legnagyobb települése. A város történelmi, kulturális, oktatási, vallási és gazdasági központ évszázadok óta. Az utóbbi évtizedekben számos hazai és külföldi cég telephelye lett, ezek némelyike nemzetközileg is ismert vállalat.

Jelenleg a városban szuburbanizációs folyamatok zajlanak, mely változások a rendszerváltozás után kezdődtek el Debrecenben, és még ma is érezhető a hatásuk. Ennek negatív hatásai közül, az egyik a közlekedés. A szuburbanizációs folyamatok mellett a városra jellemző (egész Magyarországra is) az autófüggés, ami visszavezethető az utóbbi évtizedek rossz társadalmi beidegződésére. Az emberek sok esetben csak kényelmi szempontból közlekednek személyautóval akkor is, ha van alternatív lehetőség (közösségi közlekedés, kerékpár, gyalogos forgalom). A lakosság által a tömegközlekedés nagyobb arányú használata közismert eszköze a környezetterhelés csökkentésének. A személygépkocsik nem megfelelő kihasználtsága is szembeűnő. Debrecenben állandóak a forgalmi torlódások, a közlekedési infrastruktúra túlterhelt, a közlekedési eszközök elavultak, a járműpark elöregedett.

A városban a közlekedési torlódások nagy mértékben szennyezik a környezetet, és a közlekedés lelassulása megnehezíti a lakosság mindennapjait. Debrecen nagy vonzáskörzete miatt ezeket a hatásokat nem csak a város lakói, hanem az ingázók együttesen hozzák létre. A más városokból érkező dolgozók és diákok főként személygépjárművekkel utaznak Debrecenbe. A tömegközlekedés használatával a városba való bejutás és a városon belüli közlekedés időigényes folyamat és gyakran csak többszöri átszállással valósulhat csak meg.

Ezeket a problémákat és a környezet terhelés csökkentését egy átgondolt, jól megtervezett és kiépített közösségi közlekedési hálózattal lehetne orvosolni. A vonzáskörzetben az elővárosi közúti forgalom által generált negatív jelenségeket egy tram-train rendszer képes lenne enyhíteni. Ez egy olyan közlekedési forma, ami nem csak az emberek városon belüli helyváltoztatási igényeit szolgálja ki, hanem a két település közötti közlekedést is megoldja. Kedvez azoknak, akik eddig nem tudták hatékonyan használni a közösségi közlekedést, mivel a tram-train segítségével nem kell a tömegközlekedési csomópontokban átszállni. Az elővárosi forgalommal való utazás csökkenti a közlekedési infrastruktúra túlterhelődést, így azoknak is előnyös, akik csak személygépkocsival tudnák megoldani azt, hogy eljussanak a kívánt úticéljukhoz.

A tram-train rendszer nem újdonság Magyarországon, hiszen pár évvel ezelőűt építették meg az első hazai rendszert Szeged és Hódmezővásárhely között. A budapesti HÉV is nagyon

hasonló, mivel ugyanaz a célja, mint a tram-trainnek, viszont másképpen funkcionál. A tram-train előnye a HÉV-vel szemben, hogy képes funkcionálisan közlekedni nagyvasúti és villamos síneken, így nem kell költségesen kiépíteni a városok között saját sínpart.

A tram-train kiépítése Debrecen egy kellemesebb várossá tenné. Felgyorsítaná a közlekedést és ezek mellett egy élhetőbb várost teremtené a közösségi közlekedést használók számára és a személygépkocsival közlekedőknek egyaránt. Egyúttal jelentősen csökkentené a szén-dioxid kibocsátást, a környezetszennyezés egyik legfontosabb összetevőjét. A jövőben akár az emberek munkavállalási esélyeit is növelhetné.

1 TÉMAFELVETÉS

A dolgozat legfőbb célja a debreceni elővárosi forgalom feltérképezése, annak megismerése és közlekedési, valamint környezetterhelési problémáinak feltárása. Foglalkozom Debrecen és vonzáskörzetének közúti közlekedésének pontosabb meghatározásával. A forgalom felmérése mellett annak környezetre gyakorolt károsanyagkibocsátást is vizsgálom, valamint összegzem a szuburbanizációs folyamatok forgalomra gyakorolt hatásait.

A felmérések eredményei és a szakirodalomban fellelhető példák alapján a feltárt problémákra Debrecenben tökéletes megoldás lenne egy tram-train kiépítése. Egy ilyen komplex, összefüggő hálózat orvosolni tudná Debrecen jelenlegi közlekedési nehézségeit. Ez egy olyan modern közösségi közlekedés fajta, ami lehetővé teszi a gyorsabb és környezetkímélőbb utazást Debrecenben és vonzáskörzetében.

A célkitűzésem az, hogy minél körültekintőbben feltárjam a jelenlegi elővárosi közlekedési helyzetet Debrecenben és megállapítsam, érdemes-e a tram-train rendszert megvalósítani. Emellett, ha sikerül bebizonyítani azt, hogy a városnak (régióknak) szüksége van erre megoldásra, akkor megvizsgálom, hogy földrajzilag mely területen lenne érdemes kiépíteni azt. Debrecen nagyobb vonzáskörzettel rendelkezik, így több olyan város is van a közelben, amivel össze lehetne kapcsolni ezen rendszeren keresztül is.

Az elővárosi forgalmat keresztmetszeti forgalomszámlálással mértem fel, a város 8 különböző pontján egyidőben. Ennek célja, hogy a közúton csúcsidőben a be- és kiáramló forgalmat megismerjem és számszerűsítsem. Emellett egyidőben a buszok telítettségét is megvizsgáltam. Erre a legalkalmasabb módszer a folthatás vizsgálat, így a tömegközlekedéssel utazók számát, illetve arányát is sikerült felmérni. A debreceni vasútállomáson is végeztem megfigyeléseket, így a vonatokról leszálló utasok számát is képes voltam meghatározni. Végeztem plusz felméréseket is, melyek segítségével megállapítottam a reggeli órákban a személygépkocsik átlagos utasszámát. A mérések elvégzése és egy régebbi kutatással való összehasonlítás után javaslatot teszek arra, hogy az elővárosi forgalom szempontjából hol lenne a legkedvezőbb megépíteni a tram-train rendszert. A felmérések alapján meg tudtam állapítani a busszal és személygépjárművekkel közlekedők számát, arányát. Az adatokat utaskilométerre váltottam át, hogy az előző kutatások alapján meg tudjam becsülni és ki tudjam számolni az útvonalak mentén keletkező szén-dioxid kibocsátást. A debreceni szuburbanizációs folyamatokat a települések lakosságának alakulásából, illetve egy régebbi ingázókról szóló felmérésből próbáltam feltérképezni.

2 SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Szuburbanizáció

A várost a fejlődése miatt evolúciós szakaszokra lehet osztani, ezek közül az egyik a szuburbanizáció. Ez a folyamat elkerülhetetlen és számos következménnyel jár. Szerencsére, a múltbeli tapasztalatokat és a helyi viszonyokat elemezve lehet a negatív hatásokat kezelni. Ezek a hatások főleg a város terjeszkedésével, a lakosság külső régiókba (külvárosba és vonzáskörzetbe) való áramlásával és az ezek által megváltozott gazdasági, társadalmi és közlekedési helyzettel, illetve nagyobb környezetszennyezéssel járó hatásokkal írhatók le.

Egy nagyváros fejlődésének négy szakasza van, az urbanizáció, szuburbanizáció, dezurbanizáció és a reurbanizáció. Az urbanizáció az a folyamat, amikor a város a szomszédos területekről szívja el a lakosságot. A szuburbanizáció azt jelenti, hogy a város népessége csökken, az emberek egy része a város külső részeiben, vagy a vonzáskörzetében, az elővárosban telepedik le. A szuburbanizáció fő forgalomáramlásának iránya a környék periferiája, ami a centrum rovására növekszik. A dezurbanizáció az, amikor a város háttér- és mögöttes területei növekednek a szűken vett agglomerációs réteggel szemben. A reurbanizáció az a folyamat, mikor a város központja újra felélénkül, a városon kívüli gyűrűs hálózat erősödik és megáll a város lakosságának csökkenése (Erdős, 2004). A szuburbanizációs folyamatok Nyugat-Európában már régen elkezdődtek, egyes fejlett városok már a dezurbanizációs és reurbanizációs szakaszban tartanak (Enyedi, 2011). Hazánkban a rendszerváltozás után jelent meg a szuburbanizáció a nagyobb városokban, például Budapesten vagy Debrecenben (Nagy – Hegedűs, 2016).

A szuburbanizációs folyamatok a fejlett országokban az 1950-es évek óta figyelhetőek meg, hogy a külvárosi régiók népessége nő a más területekről betelepülő emberek miatt, vagy a város központjából kiáramló lakosok miatt. Észak-Amerikában és más fejlett országban a szuburbanizációhoz erőteljes városi terjeszkedés is kapcsolódik, amelyek nemkívánatos földhasználati kialakításokkal járnak, legyen szó szórt fejlődésről vagy ugrásszerű¹ fejlődésről, vagy sávós (szalagos)² fejlődésről, vagy folyamatos kis sűrűségű terjeszkedésről. Az 1980-as évektől kezdve a fejlődő országokban is megfigyelhetők a szuburbanizációs folyamatok, olyan országokban, mint például Kína, India, Mexikó, illetve Afrikai térségei. Kínában kismértékben

¹ Az ugrásszerű fejlődés (leapfrog development) alatt olyan városfejlődésről beszélünk, ahol a földtulajdonosok maximalizálják a bevételeiket, ezt úgy érik el, hogy először a kívül eső területeket fejlesztik (terjeszkednek) és csak utána a belső területeket (Zhang et al., 2012)

² A sávós beépítés alatt azt értjük, hogy a vidéki főutak mentén úgy történik a terjeszkedés, hogy főleg egyszintes kereskedelmi célú és saját parkolókkal rendelkező létesítményeket építenek (Lindarto – Harisdani, 2020). A szalagfejlesztés támogatja a főútvonalak mentén történő terjeszkedést, így a városi területek és a külvárosi vagy vidéki területek között teremt szoros kapcsolatot (Hasan et al., 2017).

különböző hatások érezhetőek. Megjelentek a külvárosokban a lakóközösségek nagy tágas lakásokkal, melyeknek jó hozzáférése van az autópályákhoz és a főutakhoz, viszont a közintézményektől távol találhatóak. Emellett a központi és helyi kormányzatok is ipari parkokat telepítenek a külvárosi régiókba. Ezt törvényekkel is támogatják, melyek külföldi cégeket is odavonzanak (Pengjun – Shengxiao, 2018).

A szuburbanizáció legfőbb mozgatórugói a nyugodt, természethez közeli békés területen való tartózkodás, emellett a szennyezett és zajos belvárostól való elszakadás. A posztindusztriális gazdasági és társadalmi változások eredményeképpen megjelent egy erősebb középosztály, ami azt eredményezte, hogy a személygépkocsi és az infokommunikációs technológiák használata nem jelentett túlzott anyagi megterhelést e réteg számára. Ezek a tényezők mind együttesen járulnak hozzá a szuburbanizációhoz. Az általános okok megegyeznek a magyarországi okokkal, talán ki lehet emelni, hogy hazánkban a saját ingatlan birtoklásának vágya erősebb befolyásoló tényező, mint máshol³ (Nagy – Hegedűs, 2016).

Sok más oka is van a szuburbanizációnak. Ilyenek például a külváros által kínált alacsonyabb költségű lakhatás, a változó életstílus, növekvő életminőség, tágasabb lakóhelyek lehetősége és a nagyobb privát tér is közrejátszik a folyamatban (Pengjun – Shengxiao, 2018, Bajmócy – Györki, 2012). A város közepén az életminőség csökkenése, a légszennyezés, a bűnözés, a munkanélküliség és a közlekedési torlódások a jellemzők. Emellett a város szélén létrejövő új üzletek, bevásárló központok vonzása is befolyásolhatja a kiköltözéseket (Pengjun – Shengxiao, 2018).

A szuburbanizáció legtöbb esetben a népességnövekedést és a városi terjeszkedést jelenti a város közigazgatási területének szélén és azon túli részeken. Más nézőpontból is lehet értelmezni a szuburbanizációt, ami lehet egy minőségi jelző, ami a városi terjeszkedés motorjának tekinthető, jelenthet egy sajátos társadalmi struktúrát, igényeket és életmódot. Azaz a város terjeszkedése a külvárosi életmód népszerűsége miatt is megfigyelhető, életmódbeli és szolgáltatásbeli változásokkal is jár. A városi terjeszkedésnél és szuburbanizációnál a lakóterületek növekedése mellett észrevehető az ipari parkok és bevásárlóközpontok területének növekedése is (Nagy – Hegedűs, 2016).

A kiköltözéseknél nem jelenthető ki egyértelműen, hogy a tehetősebb réteget érinti, mert Kelet-Európában előfordul, hogy inkább a szegényebb rétegeket mozgatja meg. Az egyértelmű, hogy a külvárosi régiókban főleg az anyagi javakban szűkölködő réteg használja szívesebben a tömegközlekedést a városba utazáshoz, ami szorosan összefügg az autózás költségeivel. A kívül

³ Hazánkban mindenki saját lakást akar birtokolni, így a város elkezd terjeszkedni ennek a kielégítésére.

eső területeken nagy gondot okoz számukra, hogy gyakran nem járnak megfelelő rendszerességgel a tömegközlekedési járművek (Nagy – Hegedűs, 2016).

A szuburbanizáció miatt az emberek mobilitása megváltozott. A legnagyobb különbség az, hogy a lakosság többször és nagyobb utakra használja az autóját. Az emberek nagy része autótól függő életstílust követ, ami növeli a légszennyezést, a közlekedési torlódásokat és a balesetek számát (Pengjun – Shengxiao, 2018).

A városi terjeszkedés nem mindig eredményezi a város területének bővülését, gyakran a város területének szélén lévő mezők, erdők és egyéb zöld övezetek kerülnek beépítésre (itt gyakran kertes házak épülnek). Ezeknek a használatba vétele hazánkban gyakori, így ezen területek méretének vizsgálatával is lehet mérni a szuburbanizációt (Nagy – Hegedűs, 2016).

2.2 TRANZITORIENTÁLT FEJLESZTÉS (Transit Oriented Development/TOD)

2.2.1. A tranzitorientált fejlesztés lényege

A szuburbanizáció jelentősen befolyásolja a városi életet, megváltoztatja a város közlekedésének működését, társadalmi és gazdasági helyzetét. A viszonylag újnak tekinthető tranzitorientált fejlesztés (későbbiekben: TOD) megpróbálja a létrejövő problémákat ellensúlyozni és azok negatív hatásait enyhíteni. Fontos, hogy az embert és a környezetet helyezi az előtérbe, így elősegíti egy élhető és fenntartható városi környezet megteremtését. Ezt úgy hozza létre, hogy a tömegközlekedést támogatja, illetve annak megállói körül úgy alakítja ki a várost, hogy a beépítettsége funkcionális és a környéken való közlekedés gyalog és kerékpár használatával is kivitelezhető. Ezáltal fontos szerepet játszik még a gyalogosbarát város megteremtésében, ami csökkenti az autófüggőséget és felélénkíti a megálló környékében a várost.

A TOD elméletéről először a 90-es évek elején hallhattunk (Peter Calthrope elmélete) (Calthrope, 1993). A gondolat lényege az, hogy a városok fejlődésében a közlekedést és a fenntarthatóságot kell előtérbe helyezni. Célja, a város szétszórtsága és az értelmetlen terjeszkedése elleni fellépés, emellett törekszik a jelenlegi városszerkezet tömörítésére és sűrítésére. A környezetszennyezést és az autófüggőségét elveti, így magában foglalja a tömegközlekedés használatát, a gyaloglás és a kerékpározás ösztönzését, támogatását. Létrehoz egy mobilis, élhető és modern várost (Feudo – Festa, 2012). A TOD tehát egy olyan városfejlesztési modell, amely elősegíti a magas minőségű és többfunkciójú (vegyes) területek⁴ sűrítését a közlekedési csomópontok és útvonalak közelében. A TOD előnyben részesíti a

⁴ A vegyes vagy több funkciójú területhasználat a kompakt fejlesztés fő tervezési alapelve. Megteremt egy fenntartható és egészséges közösséget, mivel a lakások és a munkahelyek közel találhatók egymáshoz, ami azt eredményezi, hogy a lakosok hatékonyan tudják használni a tömegközlekedést, (Abdullahi et al., 2015)

sűrített földhasználat és a fenntartható közlekedési irányelvek integrálását. Létrehoz egy kompakt városi konfigurációt, amely kevesebb területet vesz igénybe és sokkal sűrűbb elrendezéshez vezet. Kiemeltnek tekinti a nem motorizált közlekedési fajtákat, illetve csökkenti az autófüggőséget, a földfelhasználás mértékét és a városi szennyezéseket (Feudo, 2014; Thomas et al., 2018; Padeiro et al., 2019). Számos városban és nagyvárosban vehetünk észre TOD alapú fejlődést, eltérő jellemzőkkel a társadalmi-gazdasági és helyi eltérések miatt. Regionális szinten történő fejlesztések ritkák, főként a városban és környezetében figyelhetőek meg a fejlesztések (Feudo, 2014). A TOD-t főleg az új urbanizmus mozgalom inspirálta, ami az intelligens városnövekedés elmélet alapelveit követi (Feudo, 2014, Padeiro et al., 2019).

Azokat a várostervezési alapelveket, amelyek alátámasztják a TOD-t, „4 D”-nek hívjuk. Ez az angol távolság (distance), sűrűség (density), sokszínűség (diversity) és tervezés (design) szavakból ered. Ezek azok a fő aspektusok, amik alapján elemezni kell a várost és annak a fejlesztéseit. Ezek a nagy sűrűségű és vegyes városokban előtérbe helyezik a gyalogos mobilitást, a tömegközlekedést és annak könnyű és elérhető csatlakozási lehetőségeit (Feudo – Festa, 2012). Egyes kutatásokban, „5D”-nek is nevezik, ahol az utazási célt (destination) is hozzáveszik, bár ennek a plusz szónak a használata nem sok változtatást eredményez az elméletben, jobban előtérbe helyezi az úticélok fontosságát (Pengjun – Shengxiao, 2018).

A növekvő nagyvárosok szuburbanizációs folyamataiban a közlekedőknek vitathatatlan hatásuk van a helyi forgalomra, a személygépjárművek használatára és az üzemanyagfogyasztásra. Elfogadott tény, hogy a TOD ösztönzi az embereket, hogy közel éljenek az állomásokhoz, illetve a tömegközlekedést gyaloglással vagy kerékpározással párosítsák autózás helyett. Így a TOD-nak pozitív hatásai vannak a szuburbanizációs folyamatra, mivel a fenntartható közlekedést támogatja. Mindez olyan fejlesztéssel is jár, ami elősegíti a tranzit forgalmat, a vasútállomásokat, metró-, villamos- és buszmegállókat helyezi előtérbe. Azokat a megállókat és állomásokat teszi a középpontba, amik körül a környék népsűrűsége nagy és ahol vegyesen beépített telkek találhatóak (Pengjun – Shengxiao, 2018).

Nézzük a földhasználat és a közlekedés változásait mint egymást befolyásoló jelenségeket (Feudo, 2014; King, 2011; Levinson, 2008), ami összehangolt és integrált megközelítést igényel. A sűrűség, a funkcionális összetétel és a várostervezés minősége befolyásolhatja az autók birtoklását, a zsúfoltságot, a közlekedési infrastruktúra költségeit, a balesetek számát, a környezetszennyezést, a méltányosság (esélyegyenlőséget) és a társadalmi befogadás mértékét. King (2011) kutatása szerint a város fejlődése hat a közlekedésre, míg Levinson (2008) megállapítása alapján a közlekedési hálózat fejlesztése képes formálni a várost. Feudo (2014) szerint a földhasználat és a közlekedés kölcsönhatásban vannak, a

közlekedés és a városfejlesztés folyamatosan, egymástól függően változnak. Ezt az összefüggést nehéz meghatározni és pontosan kezelni, így a fejlesztéseknél kimondottan vizsgálni kell (Feudo, 2014).

Az autók mennyiségi növekedése miatt az eddig gyalogosbarát és tömegközlekedés által dominált városok autóvárosokká váltak. Ezért elkezdődött a városi terjeszkedés, a túlzott energiafogyasztás és az autófüggőség. A várostervezők elsősorban arra törekedtek, hogy az autós közlekedést kényelmesebbé tegyék. Ezt a stratégiát a torlódástól való félelem hajtotta, amely gátolta a városok funkcionális beépítettségét és nem számolt az autófüggőség városra mért hatásaival. Az autóhasználó társadalom modelljét néhány kiegyensúlyozatlan ipari, gazdasági, energetikai és földhasználati irányelv hozta létre, melyek a nem megújuló energiaforrások felgyorsított és ellenőrizetlen kiaknázását eredményezi. A nyugati országokban intenzíven támogatták az autóipart pénzügyileg, illetve hatalmas közúti beruházásokat valósítottak meg, melyek ösztönözték az alacsony népsűrűségű és szétszórt városfejlődést. Sok kutató egyetért abban, hogy az autóktól való függőség már nem fenntartható és olyan problémákat hoz létre, amik megoldására még több személygépjárművet használ az ember. Ezt az autófüggőség spiráljának is nevezik. Ez teljes ellentéte a kiegyensúlyozott közlekedési fejlesztésnek, ahol a multimodális, tranzitorientált közlekedés és magas szintű hozzáférhetőség melletti mobilitás jellemző. A TOD által bevezetett újítások megteremtik az autóorientált modell alternatíváját (Feudo, 2014).

A TOD elérése érdekében szerte a világon gyorsbuszhálózatokat és vasúti vonalakat építenek ki, mivel ezek megépítése nagyban elősegíti a stratégiák megvalósulását (Padeiro et al., 2019).

A Franciaországban (Nord-Pas-de-Calais-ban) végzett kutatások azt mutatták, hogy a vizsgált vasúti folyósók egyértelműen alátámasztják a TOD modellt. A kutatás során 3 lehetséges jövőképet modelleztek. Az „A” eset azt demonstrálja, hogy hogyan növekedne az autófüggőség és a területfelhasználás, ha nem tesznek semmit. A „B” és „C” esetben bebizonyították, hogy a TOD irányelvek segítenek az állomások köré koncentrálni a városfejlődést. A korábbi kutatások eredményei alapján nagyobb hatást vártak, de ezek így sem voltak jelentéktelenek (ez is mutatja, hogy habár észre lehet venni egy trendet, a TOD hatásaira sok minden hat, így nem lehet egyértelműen számszerűsíteni azt). Egyes helyeken észrevehető volt az autópályákon való torlódás csökkenése a vasútnak köszönhetően. Az elv követése eredményeképpen a vasúti hálózat nagysága nő és az állomások körüli területek felélénkülését eredményezi. A hatások nyilvánvalóbbak voltak azokon a területeken, ahol a vonzerő és a gazdasági dinamizmus erősebb, illetve a lakosság nyitottabb az alternatív közlekedésre. Ahol a

kormányzati intézkedések az autózást is korlátozták, ott még jelentősebbek voltak a változások (Feudo, 2014).

Az autó-orientált Észak-Amerikában végzett kutatás is rámutatott arra, hogy a vasútállomások környékében a lakosok személygépjármű birtoklása kisebb volt az átlagosnál. Viszont ez nem csak a vasútállomásnak köszönhető, hanem több TOD tényezőnek is, ilyenek a parkolási lehetőségek, lakástípusok, a környék beépítettsége és a helyi buszjáratok (Thomas et al., 2018).

2.2.2. Összefüggések lakhelyek, utazások és úticélok között

A TOD alapelvei követésében fel kell tárnunk, hogy az emberek főként hol tartózkodnak, miért és miként utaznak. Fontos figyelembe venni az állomások körüli területeket, mert ezek meghatározó pontjai a városnak.

Az otthon és a munkahely a két legmeghatározóbb tartózkodási hely, így azok jelentősen befolyásolják a közlekedést. Kutatások alapján igazolható, hogy minél nagyobb a terület beépítési sűrűsége, annál nagyobb valószínűséggel fognak egy megálló közelében élni az emberek. Mindazonáltal az állomások közelében a munkahelyeknek a sűrűsége rendelkezett a legnagyobb befolyásoló erővel az emberekre, a munkahelyük és lakóhelyük kiválasztásában. Azt vették még észre, hogy az állomások a nagyobb munkahelysűrűségnél csökkentették az autóhasználatot és növelték a bevásárlási utak mennyiségét a közösségi közlekedéssel (Pengjun – Shengxiao, 2018).

A vegyes területhasználat egy másik tényező, ami befolyásolja a lakók döntéseit a lakóhelyükről és a nem munkával kapcsolatos utazásokról. Egy megálló, ahol változatos a terület funkcionális felhasználása, növelheti a nem motoros utazások számát. Ennek egyik oka, hogy a többfunkciójú területek nagyobb vásárlási és szórakozási helyet hoznak létre, és nagyobb sűrűségű üzleteket és élelmiszerboltokat tartalmaznak, mint a nem vegyes területek. A boltok az állomások környékén csökkentik a személygépjármű forgalmat, mivel arra ösztönzik az embereket, hogy ott vásároljanak. Egy Kínában végzett kutatás szerint, minél vegyesebb volt a földhasználat a metróállomások környékén annál többet vásároltak ott. Azt is észrevették, hogy ha a közelben volt buszmegálló, akkor az is ösztönözte a bevásárlásokat.

Többen megállapítják, hogy két típusú tömegközlekedési eszköz (például: metró és a busz) jelenléte egyszerre, nagyobb mennyiségű vásárláshoz vezet (Thomson – Matoff, 2000, idézi Pengjun – Shengxiao, 2018). Viszont ezzel más eredményre jutott Cervero (2006), aki szerint a magasabb szintű buszközlekedés arra ösztönzi a használóit, hogy hosszabb utakat tegyenek meg vele, ezzel csökkentve a vasútállomások közelében a fogyasztást. Azt is

megfigyelték, hogy a vásárlásokat az is befolyásolta, hogy sokan nem szeretnek utazni, azaz ezek a személyek nem tettek meg hosszabb utat tömegközlekedéssel, inkább többször leszálltak. (Pengjun – Shengxiao, 2018). Tehát minél sűrűbb a város annál kevesebb az utazási idő, ez főleg a vegyes területhasználatú részeken jelentős, míg a foglalkoztatás városközponti koncentrációja a város sűrűségével együtt nő (Feudo, 2014). Számos megfigyelés alátámasztja a kapcsolatot a beépítettség és az emberek utazási magatartása között, valamint az állomások területén való tartózkodás között (Pengjun – Shengxiao, 2018).

A lakhatási árak is nagy befolyással bírnak a tartózkodásra, így az utazásokra is. Általában az állomások környékén drágábbak az ingatlanok, ez a szegényebb rétegeket a külvárosi lakótelepekre kényszeríti. Onnan nagyobb valószínűséggel fog autózni lakhelye és munkahelye között. Emellett viszont, vannak olyan kutatások is, amik arra jutottak, hogy az ingatlanárak csökkennek a megálló környékében. Ezt a hangszennyezés és a potenciális bűnözés növekedésével igazolják. A Pekingben elvégzett kutatás ennek ellentmond, annak eredményei alapján a gazdagabbak körében voltak népszerűek a külvárosi metróállomások melletti ingatlanok. Ennek oka, hogy ott az ingatlanárak magasabbak, amely az állomásoknak is köszönhetőek, illetve mert ott több szolgáltatás is elérhető (Pengjun – Shengxiao, 2018). Ha az önkormányzatok is beavatkoztak a lakosság ingatlanok iránti keresletébe úgy, hogy ösztönözték a városi övezetek koncentrációját (állomások körül), akkor megfigyelhető volt a városi terjeszkedés csökkenése (Feudo, 2014).

A társadalmi helyzet is nagy befolyással bír az utazásokra és a lakóhely kiválasztására. A szegényebb réteg az autó használatának és fenntartásának magas költségei miatt nagyobb valószínűséggel fogja a tömegközlekedést választani és a nem munkahelyi utazásokat is jellemzően tömegközlekedés és gyaloglás kombinálásával fogja megoldani, ezáltal még jobban felélénkülnek a közelben lévő üzletek és szolgáltatások (Pengjun – Shengxiao, 2018). A TOD tehát az embereket állítja a középpontba és számukra kínál egy élhetőbb várost. A kiépítésnél figyelembe veszi az esélyegyenlőséget is, főleg a hátrányos helyzetűeknek kedvez, mivel megfizethető lakásokkal és tömegközlekedéshez való hozzáféréssel teremti meg számukra az esélyt a munkahelyekhez és a városi szolgáltatásokhoz való hozzáféréshez (Feudo, 2014).

Mint köztudott, az emberek a lakóhelyük megválasztásánál a közlekedési lehetőséget is figyelembe veszik. Ezt önszelekciós mechanizmusnak hívják (self-selection mechanism), amit sok empirikus megfigyelés is alátámaszt. Az életstílus is nagyban befolyásolja a lakóhely megválasztását, vannak, akik a közösségi vagy a nem motoros közlekedést részesítik előnyben, így sokan a közlekedés miatt költöznek az állomások közelébe (Pengjun – Shengxiao, 2018).

2.2.3. A tranzitorientált fejlesztés és a gyalogosbarát város kialakításának jelentősége

A közösségi közlekedés állomásainak jelenléte pozitívan hat a város környező területeire, így a tervezésnél gondolni kell a gyalogosokra, és ha kellően figyel a város erre, irányíthatja és fel is erősítheti ezt a fejlődést. Ezért kijelenthető, hogy az állomások körüli területeknél alaposan oda kell figyelni a gyalogosok lehetőségeire és a vegyes beépítettségre.

A közösségi közlekedés megállóhelyei jelentősen befolyásolják a környezetüket a gyalogosan közlekedők miatt. Ezt a befolyást két szempontból vizsgálhatjuk: az egyik az idődimenzió, a másik távolságdimenzió. A tömegközlekedési megállók körüli 10-15 perc sétára lévő területek felélénkülnek, így nem csak a megállók közvetlen környezetét érintik a hatások, hanem egy tágabb területet is. Ehhez hasonló a másik megközelítés a francia Disques de Valorisation des Axes de Transports (DIVAT), aminek elvét számos városban használják. Itt nem a gyaloglás idejét, hanem a távolságát határozzák meg (a gyalogsok sebessége változhat). Minden megállónál egy 500 méteres sugarú körben – mintha egy tárcsát tennénk a térképre – számítanak a legnagyobb élénkítő hatásra. Ezt a kört egy kb. 10 perces sétával lehet megtenni. A kijelölt területek meghatározása után vizsgálni lehet az ott végbemenő változásokat. Ezek alapján a várostervezők tudják alakítani a várost, befolyásolják a potenciális fejlesztéseket és felújításokat. Itt persze ugyanúgy figyelni kell a város helyi adottságaira (Feudo – Festa, 2012). Egy másik kutatás szerint ez az utazási táv vásárlások esetén csak egy 0,25 mérföldű sugár, ami alig több mint 400 méter (Pengjun – Shengxiao, 2018). Míg egy másik kutatás szerint a még gyaloglással megtett táv 1 mérföld (kb. 1609 méter), tehát efelett már autózást választják az emberek (Cervero, 2006). Ki kell még emelni a gyaloglás fontosságát. Egy francia kutatás szerint – amit Lille Métropole Communauté Urbaine végzett – a metrómegállót 80%-ban, a villamosmegállót több mint 65%-ban a vasút állomásokat 50%-ban gyalog közelítik meg. A kutatás még arra is rámutat, hogy az ember 1000 méterig szívesen gyalogol és más közlekedési eszköz használata 1500 méternél kezd relevánssá válni (Feudo – Festa, 2012). A TOD alapelveinek alkalmazását nagyban befolyásolja a helyi kultúra. Egy Hollandiában végzett kutatás szerint, mivel a hollandok a kerékpározást jobban preferálják, mint a gyaloglást, a hollandok egy nagyobb 2-3 km sugarú körben is könnyen közlekednek. Így ott a várost így építik fel a TOD alapelvei alapján (Thomas et al., 2018). Egy gyalogosbarát utca kialakítása az állomás környékén előnyökkel jár a közelben lévő létesítmények és szolgáltatások számára. A járókelők számára kedvezően kiépített város arra ösztönzi az embereket, hogy ott vásároljanak. A megállók közelében lévő vendéglátóhelyeknek fontos, hogy jól ki legyen építve az infrastruktúra, mert ezeket ebédidőben főként gyalog látogatják (Pengjun – Shengxiao, 2018). A nagyobb funkcionális sokszínűség és a gyalogosokra tervezett város csökkenti a

személygépjárművek használatát a szolgáltatások igénybevételénél és a bevásárlásoknál (Feudo, 2014).

2.2.4. A tranzitorientált fejlesztés nehézségei

A TOD követése és megvalósítása egy hosszú folyamat. Elengedhetetlen, hogy megfelelő támogatást kapjon a város lakóitól és vezetésétől. Fontos a régebbi fejlesztések és a helyi viszonyok elemzése, hogy a fejlődést irányítani lehessen. Sajnálatos módon sok probléma felmerülhet a kiépítés során.

A TOD kialakítása egy komplex feladat, tehát a TOD-intézkedések sikerességének feltételei vannak, hogy hatékonyan elérje a célját. A városnak rendelkeznie kell a megfelelő gazdasági és pénzügyi erővel, és a városvezetés mellett a lakosság támogatásával is. A munkálatokat és a lakosságot tökéletesen kell koordinálni a város stratégiai és operatív tervezése során és egyaránt a finanszírozási és a kivitelezési folyamatoknál. A tervezésekbe be kell vonni a helyi érdekelteket, számításba kell tehát venni a társadalmi-gazdasági és kulturális tényezőket. Tanulmányozni és elemzeni kell a korábbi tapasztalatokat, és az adott helyzethez kell igazítani a fejlesztéseket (Feudo – Festa, 2012; Thomas et al., 2018).

Nagyon nehéz megjósolni a közlekedésszervezési intézkedések hatásait a földhasználat dinamikájára. A hatások lassúak lehetnek, és függhetnek a gazdasági és társadalmi ciklusok ingadozásaitól. Az országos elérhetőség szintén döntő tényező, mivel hozzájárul a város területi fejlődéséhez és vonzerejének növekedéséhez (Feudo, 2014).

Sajnos, számos dolog hátráltathatja a TOD alapelveinek alkalmazását. Ezek lehetnek politikai, intézményi, működési akadályok, illetve a kulturális és a területi jellemzők is lehetnek kedvezőtlenek. A dinamizmus hiánya a föld- és ingatlanpiacon, vagy a magánbefektetők érdektelensége, mind hátráltató tényezők lehetnek (Feudo, 2014; Thomas et al., 2018). Az akadályok közé tartozik az elhúzódó gazdasági válság, a TOD-ról szóló tudományos és politikai konszenzus hiánya, a gyenge regionális kormányzati intézmények, az irodaterület-felesleg és a lakóterületek kínálata és kereslete közötti eltérés. A földterületek és ingatlanok széttagolt tulajdonjoga is hátráltatja az állomásövezetek fejlesztését. Az állomásövezetek talaja gyakran az ipari övezet tevékenysége miatt szennyezett (Thomas et al., 2018).

Azzal is kell számolni, hogy amikor egy leépült terület felélesztésével próbálkoznak, akkor az sokkal időigényesebb, mint egy új terület kiépítése a TOD elv alapján (Feudo, 2014).

A kutatások többségében a lakosság hozzáállásának elemzésére fókuszálnak, míg az utasokat sokszor nem veszik figyelembe, így nem biztos, hogy pontos képet kapnak a felmérések során (Pengjun – Shengxiao, 2018).

2.2.5. A tranzitorientált fejlesztés elterjedése és kezdeményezései az Európai Unióban és Kínában

Az elméletet még a 90-es években Amerikában jegyezték le, és azóta a világ számos részén hozzájárult városok fejlődéséhez (Feudo – Festa, 2012). Mára már eljutottunk oda, hogy a TOD hatásai egyértelműen láthatóak. A TOD követése egyre népszerűbb, az elmúlt évtizedekben főként Nyugat-Európában, Észak-Amerikában, Ázsiában (Kína sereghajtó) alkalmazták nagyobb sikerekkel (Thomas et al., 2018).

Az elmélet megfogalmazása előtt is létrejött számos város a TOD elvei alapján, az 1900-as évek elején a várostervezések során is fellelhetők ezek a jegyek. Ezek a kompakt városok, valamiféle tömegközlekedési központok köré szerveződtek, így könnyen elérhetők gyalogosan vagy kerékpáron a kívánt desztinációk (Feudo – Festa, 2012). Az autók óriási mennyiségi növekedése az előző évszázadban ösztönözte (főleg nyugaton) a városokban tranzitorientált területhasználatot és a megfontolt közlekedéstervezési politikát (Feudo, 2014). Az Európai Unió is foglalkozik az elmélettel, de még csak kezdetleges fázisban vannak a projektek. A projekt neve TOD-IS-RUR (TRANSIT ORIENTED DEVELOPMENT FOR INCLUSIVE AND SUSTAINABLE RURAL-URBAN REGIONS), ami a városokban próbál elérni változást (nyugat-európai városokat érint). A fő célkitűzésük a zöld közlekedés és az autók számának csökkentése. Fontosnak tartják, hogy a projekt a vidéki városokra is ki legyen terjesztve, mivel ott lakik az európaiak nagy része. Jelenleg az Európai Unió szakértői szintű képzési programot indított el, jelenleg 10 kutatót képeznek ki. A projekt elősegíti a befogadó, innovatív, intelligens, zöld, integrált és fenntartható közlekedési irányelvek kialakítását (European Commission, CORDIS EU research results, 2022).

Az TOD kutatások nagy részét Észak-Amerikában, Európában és Ausztráliában végezték, így az eredmények nem biztos, hogy igazak a világ minden pontján. Ha Kínát vizsgáljuk, akkor nem teljesen azonos eredményeket kapunk, mivel a kínai városok elég eltérő képet mutatnak a fejlett nyugati városéktól. Az elmúlt években a TOD-t a központi és helyi kormányzatok ösztönzik Kínában. A központi kormány megköveteli a metróállomások létesítését és vonalak növelését (kínai városok viszonylatában a metróvonalak létesítése a leghatékonyabb és legkedvezőbb). A metró fejlesztését a földhasználat és a tranzitközlekedés integrálásának fontos eszközének tekintik, valamint a tömegközlekedés fejlesztése is a cél. A központi kormány megfogalmazta a követelményeit a városok felé, amelyek a jövőben végbemenő fejlesztési stratégiákat tartalmazzák. Sok kutató állítja, hogy a TOD hatékony módja lehet a kínai fenntartható közlekedésnek (Pengjun – Shengxiao, 2018).

A világon számos város elkezdte tanulmányozni helyi szinten a TOD-t, de még nem jutottak el a megvalósítási fázisba. Ez a helyzet arra készítette a kormányokat és a várostervezőket, hogy nemzetközi példákat keressenek, és sikeres kivitelezésekből tanulva megvalósítsák saját környezetükben. Teljes mértékben meg kell érteniük a politikai elképzelések, eszközök és gyakorlatok minden aspektusát, mielőtt megpróbálnák azokat saját városukra/régiójukra átültetni. Egyre több helyen jön létre a TOD alkalmazása, így az ismeretek az idő előre haladtával egyre bővülnek. A más földrajzi, kulturális és tervezési szituációból származó szakpolitikai elképzelések nemcsak a lehetséges sikereket mutatják, hanem azokat a nehézségeket is, amelyekkel a nemzetközi városok/régiók a végrehajtás során találkoztak. Vannak általánosítható elképzelések, eszközök és folyamatok, amelyekből kiindulhatnak a város szakemberei a TOD sikeres végrehajtása érdekében, de egy bevált végrehajtási modell nem biztos, hogy más kritériumok mellett is működik. Tehát fontos elemezni a nemzetközi sikereket és kudarokat és annak okait, hogy a helyi alkalmazás során elkerülhetőek legyenek a helytelen intézkedések (Thomas et al., 2018).

2.3. „Parkolj és utazz!” (Park and Ride / P+R)

A „parkolj és utazz!” nem egy mai találmány, a világ számos helyén alkalmazzák már. Fő célja a szuburbanizáció és a technológiai fejlődés okozta autóállomány drasztikus növekedése miatt kialakuló közúti torlódások csökkentése. A város, a területének szélén egy autóparkolót hoz létre, ahonnan a személygépjármű-tulajdonos a városba közösségi közlekedés segítségével utazhat tovább. Fontos a kivitelezésnél, hogy megfelelően legyen összehangolva a tömegközlekedéssel, hogy az embernek legyen lehetősége autók nélkül is közlekedni.

A különféle utazási igények miatti gépjárműfüggőség nyomást gyakorol a város közúti infrastruktúrájának kapacitására, ami miatt óriási forgalmi dugók alakulnak ki a város belső, illetve külső központjaiban. Manapság a csúcsidőn kívül is lehet találkozni ilyen forgalmi torlódásokkal, ezért mára már jelentős problémaként érzékelik a városlakók. Az utazási sebesség csökkenése, az utazási idő növekedése, a lég-, zaj- és egyéb szennyezések a legjelentősebbek. Egyik fő stratégia a közösségi közlekedés népszerűsítése, ami arra ösztönzi az embereket, hogy kevesebb autót használjanak, ami csökkenti a káros hatások is. A „Parkolj és utazz” módszer tehát egy olyan stratégia, ami a tömegközlekedés használatára buzdít. A jól kiépített P+R rendszer lehetővé teszi a maximális hatékonyságú tömegközlekedési használatot, így kedvez az ingázóknak (Rosli et al., 2012).

A P+R tehát azt jelenti, hogy nagyszámú olcsó parkolási lehetőséget biztosítanak a külső közlekedési csomópontok közelében, hogy az autót használók számára lehetőség nyíljon a

parkolásra, majd a tömegközlekedés használatára, amivel a város központi területei felé utazhatnak (Ying – Xiang, 2009, idézi Rosli et al., 2012). Egy másik megfogalmazás alapján a P+R egy egyedileg épített parkoló, ahol parkolás után az emberek egy tömegközlekedési eszközre szállnak át, hogy eljussanak a kívánt célállomásra. Alapvető részévé vált sok városnak, mivel ez egy elfogadhatóbb alternatíva az autózók számára, különösen a lakott területeken kívülről induló városközponti utakon (O’Cinneide – Casserly, 2000, idézi Rosli et al., 2012). Olyan folyamatként is le lehet írni, amiben az ingázók (vagy sofőrök, vagy csak utasok), egy közös helyen gyűlnak össze, ahol átszállnak egy nagyobb utasterű közlekedési eszközre. Ezek a hatékonyabban kihasznált közlekedési eszközök lehetnek autók, kisteherautók, elővárosi vonatok vagy buszok és városi tömegközlekedési eszközök (Noel, 1998, idézi Rosli et al., 2012).

A 20. század második felében rohamosan megnőtt a személygépjármű-állomány és annak használata, ami közlekedési problémákat hozott létre a városokban. Ezt követte az urbanizációs folyamat és a gépjárművek fejlődése, ami közlekedési torlódásokhoz vezetett. Az egyre több személygépkocsi és a limitált mennyiségű parkolóhely további közlekedési gondokat eredményeztek. A kevés erőforrás miatt kreatívan kellett fellépniük a várostervezőknek. Egyik fő stratégia a tömegközlekedés támogatása, amit a P+R modellel is elő lehet segíteni. A P+R számos hatással bír a városi életre: csökkenti az autós utazásokat és a torlódásokat, így kisebb a légszennyezés a város központjában és a bevezető utakon, megnöveli a város centrumába jutók számát és csökkenti a nem szabályszerű parkolások okozta negatív hatásokat (Rosli et al., 2012; Ortega et al., 2021).

A P+R rendszert a parkolók elhelyezkedései alapján lehet osztályozni. Távoli elhelyezkedésűnek számít az, ami egészen messze van a városközponttól, általában a külső területeken élők számára ajánl alternatívát. Lokálisnak számít, ami a helyi buszvonalak végén vagy a rövidebb vasútvonalak mentén a központ közelében helyezkedik el. A perifériás P+R a központi területek szélén található, és célja a központi területekbe beáramló forgalom csökkentése (Turnbull, 1995, idézi Rosli et al., 2012). Mások is a távolság alapján osztályozzák, így 3 csoport jön létre: a városközponttól 15km -en belüli, 15-25 km között lévő és 25 km-nél messzebb lévő (Young-Jong, 2001, idézi Rosli et al., 2012). Egy másik csoportosítás szerint, vannak olyan parkolók, amik exkluzívan csak a P+R funkciót látják el és vannak, amik osztozkodnak valami más létesítménnyel, például egy bevásárlóközponttal (Turnbull, 1995 idézi Rosli et al., 2012). Ortega és munkatársai arra a megállapításra jutottak, hogy a P+R parkolóhelyeket a város központjától 5-6 km-re kell megépíteni, ha arra van lehetőség (Ortega et al., 2021).

A kutatások szerint a használók nagy része a munkával kapcsolatos utazások miatt használta a P+R szolgáltatást. A legtöbb parkoló hosszabb időtartamra használja a Park and Ride létesítményeket. Az autósok nagy része a forgalmi torlódások elkerülése érdekében dönt a P+R mellett (Rosli et al., 2012; Ortega et al., 2021).

2.4. Környezetvédelem

2.4.1. Környezetvédelmi szempontok

A városi környezet jelentősen szennyezve van, a városlakó mindennap ki van téve a levegő- és a zajszennyezésnek, ezeknek a szennyezéseknek a fő oka személygépjárművek túlzott használata. A nagyvárosok egyik legnagyobb problémája, hogy nem tudják visszafogni az autós közlekedést. Elemezni kell azt, hogy milyen módon hat az autófüggőség a mindennapi életünkre, illetve milyen intézkedéseket kell tenni, hogy javítsunk a helyzeten.

Korunk egyik legvitatottabb kérdése, hogy mi mindent kell feláldoznunk a környezetvédelemért (idő, kényelem, pénz stb.). Mikor lépjük át azt a szintet, amikor a hatékonyabb és legújabb technológia hasznossága már több kárt okoz (sokszor szükséges a mennyiséget is vizsgálni, van-e annyi eszközre szükségünk, mint amit használunk). Ki kell jelenti azt, hogy az ember nem azért szennyezi a környezetet, mert az jó neki, ez csak a cselekvéseinek a mellékterméke, tehát a kívánt eredmények esetében a cél mellett a szennyezés mértékét is vizsgálni kell (Bartus – Szalai, 2014).

A közlekedés károsanyag-kibocsátása igen jelentős gondot okoz, megvonja az embertől a tiszta levegőt, ami fiziológiai szükséglet. A közlekedési légszennyezés jelentős részét a közúti közlekedés okozza, azaz nagyobb mértékben szennyezi a környezetet, mint a villamosok és a vonatok. A személygépkocsik nehézfémeket is juttatnak a környezetbe, amik a csapadékkal belemosódnak a talajba, majd a növények által a szervezetünkbe kerülnek (Lenzsér – Reider, 2017b). Nem szabad megfejtenie viszont, hogy az autógyártás és a későbbi forgalomból való kivonás is környezetszennyező hatásokkal jár (Bartus – Szalai, 2014). Így emellett a gyártásnál arra is kell figyelni, hogy a jármű elhasználódása után könnyen lehessen újrahasznosítani (Lenzsér – Reider, 2017b).

Emellett a zajszennyezés is magas, ami főleg a hangos motoroknak köszönhető, illetve a gumibroncs és az útburkolat érintkezésekor létrejövő hang is hozzájárul a zajszennyezéshez (60-70 km/h sebesség felett ez már dominás zajnak számít). A lakott területeken a zajszennyezés közel egyharmadát okozzák az autók. A vasút, teljesítményarányosan számolva a közúti közlekedéshez képest csak negyedannyi zajszennyezést okoz. A zajt megfelelő távolság

tartásával, növényzettel, zajvédő falakkal/kerítésekkel és zajárnyékoló töltésekkel lehet szigetelni (Lenzsér – Reider, 2017b).

Minden közlekedési forma megkívánja a pályáját, ezek közül a vasút a legkeskenyebb, így nem rombolja annyira a természetet. Az elterjedt kétsávos vasúti pálya 13,7m széles, míg ugyan ennyi átbocsátóképességű közút 37,5m széles, ha ezt hajóval tennénk meg akkor 55m széles pályát kéne kiépíteni (Lenzsér – Reider, 2017b).

A környezetszennyezés megakadályozására és mennyiségének, externáliáinak, illetve a károknak a csökkentésére hozták létre a környezetszennyezési lánc modelljét, ami a szennyezés folyamatát és szakaszait írja le és azok kiküszöbölési lehetőségeit fogalmazza meg. Ezt az 1. táblázatban láthatjuk (Bartus – Szalai, 2014).

1. táblázat: A szennyezési lánc alkalmazása az externália elhatárolási módjai

A szennyezési lánc logikai elemei	Az externália kezelési, elhárítási módja
preferenciák (kereslet)	preferenciák megváltoztatása
termék	helyettesítő termék választása
technológiai (a szennyezőanyag létrejön)	adott termék gyártási fogyasztási technológiájának megváltoztatása
emisszió (a szennyezőanyag kilép a környezetbe)	„csővégi”, kiegészítő környezetvédelmi technológiák alkalmazása
terjedés	a terjedés manipulálása
kitettség – imisszió (a szennyezőanyag koncentrációja az „áldozat” közelében)	a szennyezőanyag kivonása, mennyiségének csökkentése az adott környezeti elemekben
dózis (a szennyezőanyag a szervezetben)	egyéni, helyi védelem: a szennyezőanyag szervezetbe jutásának megakadályozása
hatás (a szennyezőanyag hatására bekövetkező változás)	gyógyítás, helyreállítás: a hatás kezelése
kár (a hatás közgazdaságtani eredménye)	kártérítés, a hatást elszenvedő kompenzálása

Forrás: Bartus – Szalai, 2014 p119.

A károsanyagok észlelése nem követi a kibocsátás mértékét, a szennyezőanyagokat egy határig nem érzékeljük, mert a szervezetünk és ökoszisztémánk kiszűri. Ha a szennyezés átlép egy mennyiséget, mikor már az önvédő mechanizmus nem tudja kordában tartani, meghaladja a kapacitását, akkor érzékeljük a pusztító hatásait (Bartus – Szalai, 2014).

2.4.2 A pontos kibocsátások meghatározása

Az egyes közlekedési nemek esetében számszerűsíteni kell a kibocsátás mértékét, hogy teljes képet kapjunk arról, hogy mennyivel kedvezőbb a tömegközlekedés környezetvédelmi szempontból. A járművek kibocsátása rengeteg tényezőtől függ (például függ a kialakításától és a korától), ami nehezíti a szennyezés becslését. A kibocsátást legtöbbször szén-dioxidban

mérik, a pontosabb összehasonlítás érdekében gyakran a szén-dioxid kibocsátást utaskilométerre⁵ vetítik.

Globálisan 2015-ben a közlekedésből származó CO₂ kibocsátásnak a 4,2%-áért felelt a vasút, míg a személygépjármű a szennyezés 72,6%-át tette ki (IEA – UIC, 2017). Az EU szén-dioxid kibocsátásának 1/5 részét a közúti közlekedés okozta 2015-ben, ennek a szennyezésnek a 75%-a személygépjárművektől ered⁶. Az EU-s személygépjárművek általi károsanyag-kibocsátási aránya 2012-ben 3,3%-kal csökkent az 1990-es adatokhoz képest, azonban annak abszolút mennyisége növekedett 20,5%-kal. Ennek az oka, hogy az autók iránti kereslet növekszik. Az autóiipar az EU GDP-ének 4%-át adja, 12 millió munkás dolgozik ebben az iparban, ami az összes munkavállaló 5,6%-át jelenti (Fontaras et al., 2017).

A vasutakat három nagy csoportba lehet sorolni üzemanyagfajta alapján (2., 3. táblázat): 1; fosszilis üzemanyaggal, 2; nukleáris technológiával megtermelt villamosenergiával és 3; megújuló energiaforrással megtermelt villamosenergiával közlekedő vonat. Láthatjuk, hogy a világon 1990 és 2015 között a nem fosszilis üzemanyagot használó vonatok aránya nőtt, ez az EU-ban (EU28)⁷ még kedvezőbb arányt mutat. (IEA – UIC, 2017).

2. táblázat: **A világon a vonatok által használt energiafajták arányai 1990-ben és 2015-ben**

Üzemanyagfajta	Megoszlás 1990-ben	Megoszlás 2015-ben
Fosszilis üzemanyag	93,7%	86,5%
Nukleáris technológiával megtermelt villamosenergia	2,9%	4,1%
Megújuló energiaforrással megtermelt villamosenergia	3,4%	9,4%

Forrás: IEA – UIC, 2017

3. táblázat: **Az EU-ban a vonatok által használt energiafajták arányai 1990-ben és 2015-ben**

Üzemanyagfajta	Megoszlás 1990-ben	Megoszlás 2015-ben
Fosszilis üzemanyag	78,5%	61,2%
Nukleáris technológiával megtermelt villamosenergia	15,4%	18,1%
Megújuló energiaforrással megtermelt villamosenergia	6,1%	20,7%

Forrás: IEA – UIC, 2017

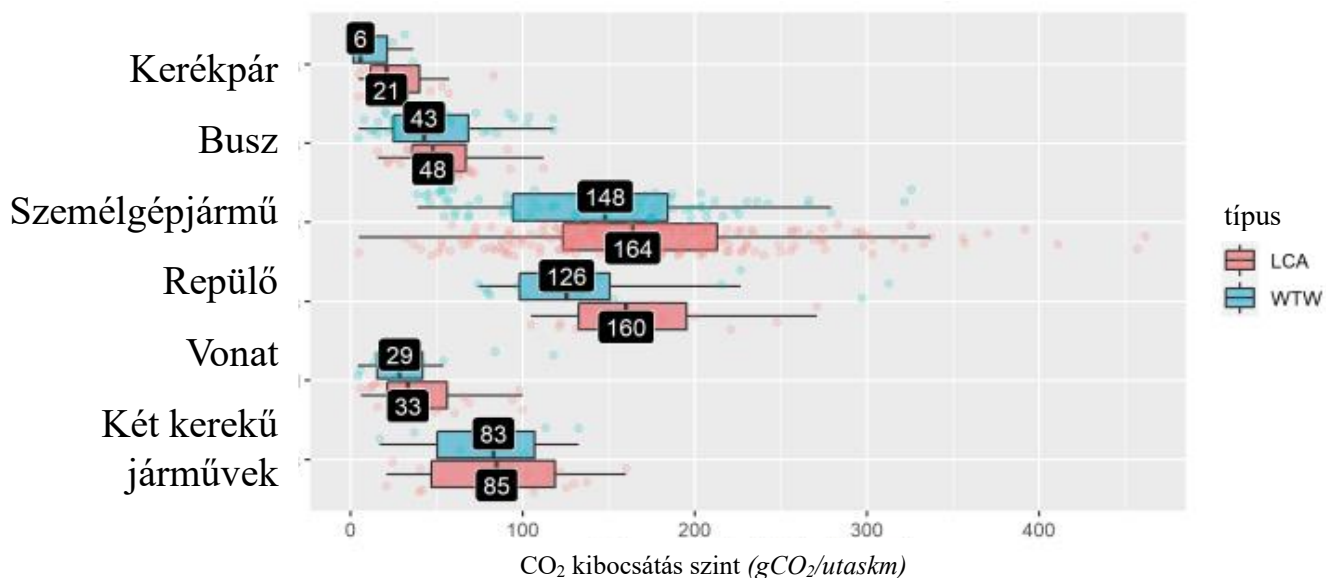
⁵ A személyszállítás legáltalánosabb teljesítménymutatója, ami az utasok és az általuk megtett távolságnak a szorzata (Lenzsér – Reider, 2017b)

⁶ $1/5 \cdot 75\% = 15\%$, Tehát az Európai Unió szén-dioxid kibocsátásának 15%-át a személygépjárművek okozzák.

⁷ Az Európai Unió tagországait jelenti, azért 28, mert akkor még az Egyesült Királyság tagja volt.

A kibocsátások megbecslése egy nehéz feladat több tényező miatt⁸, a legpontosabb az életciklus-értékelés (LCA). Ebbe beleszámít a közvetlen kibocsátás, (azaz másnéven a csővégi kibocsátás vagy a tanktól kerékig történő szennyezés) ezalatt a motor általi kibocsátást értjük. Ezen felül nem csak a közvetlen kibocsátást vizsgálják, beletartozik a közvetett kibocsátás is (kúttól a tankig történő szennyezés), a teljes ellátási lánc (kitermelés, tárolás, szállítás és átalakítás) által termelt szennyezések is. Az elektromos eszközöknél az áram előállításának folyamatát elemzik, figyelembe veszik az előállítási módok különbségeit is. Beleszámolják a közlekedési eszköz legyártásával keletkező szennyezéseket. Az elektromossággal közlekedő járműveknél ekkor jön létre a szennyezés nagyrésze az akkumulátor miatt. A forgalomból való kivonás szennyezését is vizsgálja, ami a kibocsátás kisebb részét jelenti általában. Sok kutatásban sajnos csak a közvetett kibocsátást vagy a közvetlen kibocsátást, vagy ezeket összevonva a kúttól a kerékig történő kibocsátást (WTW) elemzik. Emellett meg kell említeni, hogy az életciklus-értékelésnél, ritkábban nem csak az előbb említett 4 fajta szennyezést (közvetlent, közvetettet, gyártást és kivonást) veszik bele a kutatók, hanem a velük járó szolgáltatásokból és infrastruktúra létesítéséből származó szennyezést is. Noussan-ék mindkét értékelési módszer alapján felmérték a közlekedési eszközöket (életciklus-értékelés és kúttól a kerékig történő kibocsátás). A legtöbb kibocsátás-tényezőt (például a villamosenergia megtermelésének módját) nemzeti alapon számolták ki, és mindig az éves átlagos értékeket vették figyelembe. Habár egyes kutatók rámutatnak arra, hogy a villamosenergia-termelés széndioxid intenzitása idővel változhat, ezt a téma összetettsége miatt nehéz kimutatni, illetve figyelembe venni. Ennek vizsgálata az így is komplex és sok paraméteres értékeléskor nagyban megnehezítené a számításokat, így ezzel nem foglalkoztak. A váltakozó utasszám által létrejövő közlekedési eszközök tömegének ingadozásaitól eltekinthetünk általánoságban véve. A következő *4. táblázatban* és az *1. ábrában* láthatjuk a személygépjárművek, a vonatok és a buszok kibocsátásának mediánját. A táblázat elkészítéséhez több, mint 1000 kibocsátási tényezőt használtak fel, és több mint 500 adatpontot tartalmaz. A személygépjárművek jellemzésénél nagyobb a változékonyság, mert sokkal több kutatás foglalkozik velük, így többfajta adatbázissal is rendelkezik (Noussan et al., 2022).

⁸ Ez azért van, mert sokszor a közlekedési eszközök tulajdonságai különböznek, illetve maga a terep (városi utca vagy autópálya) is sokat változtat az üzemanyagfogyasztáson és a kibocsátáson.



1. ábra: A különböző közlekedési eszközök kibocsátásának mértéke LCA és WTW módszerrel

Forrás: Noussan et al., 2022, p. 4.

4. Táblázat: A világon a személygépjárművek, vonatok és buszok kibocsátásának értékelése életciklus-értékeléses és Kúttól a kerékig történő szennyezéses módszerrel gCO₂/utaskm-ben mérve

Közlekedési eszköz	Kibocsátások mediánja (gCO ₂ /utaskm)	
	Életciklus-értékelés	Kúttól a kerékig történő szennyezés
Személygépjármű	164	148
Vonat	33	29
Busz	48	43

Forrás: Noussan et al., 2022

Főleg az elektromossággal működő vonatok (villamosok, metrók, elővárosi vonatok, nagyvasúti vonatok és nagysebességű vonatok) adatait vették figyelembe a 4. táblázat elkészítésekor. A villamosok és metrók kibocsátását életciklus-értékeléssel 11-66 gCO₂/utaskm-ben határozták meg (átlaga 40 gCO₂/utaskm és mediánja 43 gCO₂/utaskm), míg kúttól a kerékig történő szennyezéssel 29-84 gCO₂/utaskm (átlaga 56 gCO₂/utaskm és mediánja 54 gCO₂/utaskm). Az előző adatokból az ellentmondások, abból fakad, hogy különböző kutatásokból erednek. A nagyvasúti és elővárosi vonatok (nagysebességű vonatokat nem figyelembe véve) kibocsátását életciklus-értékeléssel 6-100 gCO₂/utaskm-ben határozták meg (átlaga 59 gCO₂/utaskm és mediánja 55 gCO₂/utaskm), míg kúttól a kerékig történő szennyezéssel 14-42 gCO₂/utaskm (átlaga 30 gCO₂/utaskm és mediánja 35 gCO₂/utaskm). Egy kutatásban a kúttól a kerékig történő szennyezést kicsit eltérően 6-118 gCO₂/utaskm állapították

meg, ennek oka, hogy az alsó határnál a vonatok energiáját egy környezetnek nagyon kedvező erőművel állították elő, míg a felső határt egy dízelvonat kibocsátása határozta meg. A nagysebességű vonatok kibocsátását életciklus-értékeléssel 13-94 gCO₂/utaskm-ben határozták meg (átlaga 36 gCO₂/utaskm), de ezeknél az értékeknél nem vették figyelembe az infrastruktúra kiépítését. Spanyolországban az infrastruktúrát is vizsgálva 12-60 gCO₂/utaskm volt a szennyezés, az egyes régiók miatt jött létre ekkora ingadozás az értékek között, míg a nemzeti átlagos szennyezés 18 gCO₂/utaskm volt (Noussan et al., 2022).

Egy Kínában végzett kutatásban a pekingi vonatok, autók, taxik és buszok kibocsátását vizsgálták és hasonlították össze. A kutatás eredményeit összehasonlították egy előző pekingi, sanghaji és USA-beli kutatással (5. táblázat). A két pekingi kutatás közel hasonló értékeket adott. Meglepően a sanghaji személygépjárművek kibocsátása sokkal kisebb volt⁹, illetve az USA-ban magasabb volt a kibocsátás közlekedési eszközök esetében¹⁰ (Wang et al., 2015).

5. táblázat: **Pekingben, Sanghajban és az Egyesült Államokban a személygépjárművek, vonatok és buszok kibocsátásának értékelése gCO₂/utaskm-ben mérve**

Közlekedési eszközök	Helyszínek (gCO ₂ /utaskm)			
	Peking 1. kutatás	Peking 2. kutatás	Sanghaj	Egyesült Államok
Személgépjármű	178,6	160,40	101,9	270,6
Vonat	42	48,85	79,6	67,6
Busz	35	28,60	55,5	183,2

Forrás: Wang et al., 2015

Az EU kötelezővé tette az autógyártóknak azt, hogy milyen környezetszennyezésű gépjárműveket gyárthatnak. Ez az érték 130 gCO₂/km volt 2015-ben és 95 gCO₂/km volt 2021-ben (azoknak, akiknek nem sikerült teljesíteni bírságot kellett fizetniük). Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EAA) adatai alapján 2014-ben sikerült elérni átlagosan 123,4 gCO₂/km-t és 2015-re az 120,7 gCO₂/km-t¹¹ (6. táblázat), ez azt jelenti, hogy az elvárt célt túlteljesítették 2015-ben (Fontaras et al., 2017).

⁹ Ennek az az oka, hogy a kettő kutatómódszertana kismértékben eltért. Kijelenthető, hogy a két város személygépjárműveinek kibocsátása nem különbözik ennyire (Wang et al., 2015).

¹⁰ Ez az alacsonyabb terhelési tényezők miatt lehet (Wang et al., 2015).

¹¹ Azonban ezzel a számítással szemben számos kritika fogalmazódott meg, mivel szerintük nem egyezik meg pontosan a CO₂-kibocsátással és üzemanyag-fogyasztással. A kritikusok számítása szerint a valós érték 12-20%-kal magasabb, egyes számítások szerint pedig 30-40%-kal is magasabb lehet (Fontaras et al., 2017).

6. táblázat: **Átlagos európai személygépjármű jellemzői az üzemanyaguk alapján 2015-ben**

Üzemanyagfajta	CO ₂ (g/km)	Tömeg (kg)	Kapacitás (cc)	Energia (kW)
Mindegyik	120,7	1380	1600	66
Dízel	119,2	1526	1811	71
Benzin	122,7	1214	1358	59
Hibrid	88,1	1485	1821	81

Forrás: Fontaras et al., 2017

2.4.3. Zöld adózás

A zöld adózás egy kreatív módja az adók olyanféle átrendezésének, ami nem jár az állam bevételeinek csökkenésével, viszont általa különböző előnyökhöz jut az ország lakossága. Lényege, hogy a régi adók helyett (vagy csak csökkenti egy létező adó díját) olyan adókat vet ki az állam, melyek befolyásolják a lakosság döntéseit. Ezáltal meg lehet szüntetni egyes környezetkárosításokat.

A tapasztalatok alapján arra következtetnek a szakértők, hogy érdekesebb nagyobb mennyiségben kivetni adókat a környezetszennyezéssel és erőforrások kitermelésével kapcsolatosan. Megállapítható, hogy egyes hagyományos adónemek nagyobb holtteherveszteséggel¹² járnak. A zöldadóreform elmélete, vagy másképpen a kettős-haszon hipotézis alapján előnyöket szerzünk egyes hagyományos adók környezeti-díjjal való helyettesítésével. Először is a környezeti adó/díj megállapítása hatására, az emberek hatékony szinten fogják tartani a kibocsátásukat. Másodszor az ilyen adókból beszedett összegekkel lehet más adókat csökkenteni, így az adózás hatékonysága nő, és a befolyt összeg nem változik. Ha az adó mértékét a szennyezés által létrejött externália nagyságnak megfelelően határozzuk meg, akkor az első előny biztosan jelentkezik. A második előny attól függ, hogy milyen volt az előző adórendszer hatékonysága (az új vagy a régi adónak nagyobb a holtteher-vesztesége, illetve adminisztrációs költsége), így nem biztos, hogy tapasztaljuk ezt az előnyt. Ezen adók főbb fajtái az energiaadó, az üzemanyagadó, a karbonadó, a kén-dioxid-kibocsátási díjak és a hulladéklerakást vagy hulladékegetést terhelő díjak, az ártalmatlanított hulladék mennyisége alapján, vagy egyes hulladékképző termékekre kivetett adók (Bartus – Szalai, 2014).

A zöldadókra a világ számos helyén van példa. Kanada Brit Kolumbia tartományában az üzemanyagra vetettek ki adót azzal a céllal, hogy visszaszorítsák a szén-dioxid kibocsátást. Lépcsőzetesen és kis mértékben vezették be az adót, és a vállalati és a személyi jövedelmi adót

¹² A holtteherveszteség alatt azt értjük, amikor az adók kivetése hatására nagyobb ár jön létre, mint az egyensúlyi ár, ami így csökkenti a keresletet (csökken az áru mennyisége a piacon) (Bartus – Szalai, 2014).

csökkentették mellette. 2008 és 2011 között 4,5%-kal csökkent az üzemanyagfogyasztás. Nem látszottak makrogazdasági következmények, a kanadai átlag alatt volt a munkanélküliség és az átlag felett a GDP növekedésének-üteme. A legelső zöldadókat Európában vezették be az 1990-es években. Ezek Svédországot, Hollandiát, Németországot, Dániát, Norvégiát, Olaszországot és az Egyesült Királyságot érintették, azóta a világ számos helyén alkalmaznak ilyet. Sajnálatos módon a zöldadó egy-két kivételtől eltekintve sehol sem adja az adóbevétel 10%-át, pedig számos megfigyelés alátámasztja, hogy van értelme ilyen adókat kivetni. A belőlük származó adó nagysága 2000 és 2010 között a világban átlagosan csökkent (Bartus – Szalai, 2014).

2.5 Fenntarthatóság

Évezredekig úgy vélték, hogy a Föld végtelen erőforrásokkal rendelkezik, így az a gazdasági és a társadalmi fejlődésének nem szab határt. Ez az elmélet az elmúlt fél évszázadban megdőlt. Öröndetes, hogy az erőforrások használatánál, új technológiák kifejlesztésénél előtérbe kerülnek a környezeti szempontok, sőt, az innováció hajtóerejévé is vált. Gruyter és munkatársai szerint olyan fejlesztések és fejlődések értendők a fenntarthatóság alatt, amelyek kielégítik a jelen szükségleteit és ezzel egyidőben megtartják a Föld létfenntartó rendszerét, amitől a jelen és jövő generáció léte függ (Gruyter et al., 2017).

Az 1987-es Brundtland Jelentés és az 1992-es Riói konferencia óta a fenntarthatóság eszméjét széles körben iránymutatóként tekintik a megújuló erőforrások észszerűfelhasználására irányuló stratégiák kidolgozásánál. Ezen túlmenően egyre inkább tudatosul, hogy a környezeti externáliákat jelentősen befolyásolja a városi közlekedés és mobilitás, illetve az autófüggőség (Padeiro et al., 2019).

Az új évezred gazdaságát az új technikák és technológiák gyors fejlődése jellemzi, ami rengeteg erőforrást igényel, és ez az erőforrások túlzott használatát eredményezi, ami környezetszennyezéshez vezet. Az urbanizáció nő, ezért egyre több veszélyes anyag kerül a környezetbe, mivel a személy- és áruszállítás növekszik (Makarova et al., 2017). Fontos lenne, hogy mindenki számára hozzáférést biztosítsunk a környezetbarát, a gazdaságilag és társadalmilag működőképes tömegközlekedés segítségével a termékekhez, a munkahelyekhez, a szolgáltatásokhoz, az oktatási és a szabadidős létesítményekhez. Ez jelentős szerepet játszik az életminőség és a környezeti állapot javításában, valamint a gazdasági és a társadalmi növekedésben (Makarova et al., 2017).

2015-ben az ENSZ 17 fenntartható fejlődési célt tűzött ki 2030-ig. Ezek közül a 11. cél az, hogy a városokat és településeket befogadóvá, biztonságossá, rugalmassá és fenntarthatóvá tegyük. Ebben fontos szerepet játszik a fenntartható és mindenki által elérhető tömegközlekedés

kérdése is. A közlekedés vizsgálatánál legtöbbször gazdasági szempontokat, és nem a környezeti hatásokat szokták vizsgálni. Mára már felismerték, hogy a negatív társadalmi és környezeti externáliákat is figyelembe kell venni, illetve a társadalmi kirekesztést is szükséges csökkenteni. Egy vizsgálatban 55 mutatóval elemezték a közlekedés fenntarthatóságát (7. táblázat, 2. ábra, 1. melléklet, 2. melléklet, 3. melléklet). Az indikátorokból 5 nagycsoportot képeztek, ezek a gazdasági, társadalmi, környezetvédelmi, technikai és intézményi mutatók. Ezek alapján értékelték ki az Európai Unióban az országokat, miszerint Németország, Belgium és Hollandia tömegközlekedése a legfenntarthatóbb, míg Bulgária, Litvánia, Görögország és Észtország értékei voltak a legkisebbek (Gruyter et al., 2017).

7. táblázat: A vizsgálat 55 indikátor csoportosításai

Indikátorok	Kulcskategóriák
Gazdasági	-közlekedési kereslet -költségek -infrastruktúrával kapcsolatos mutatók
Társadalmi	-elérhetőség -mobilitás -biztonság -egészség -megfizethetőség -foglalkoztatottsággal kapcsolatos
Környezetvédelmi	közlekedési károsanyag-kibocsátás -energiai mutatók -környezeti mutatók
Üzemeltetési	-járműtelítettség -technológiával kapcsolatos mutatók
Intézményi	-A közlekedés fenntarthatóságát javító intézkedések mérlegelése

Forrás: Gruyter et al., 2017 alapján



2. ábra: A közlekedés fenntarthatósági teljesítménye az EU-tagállamokban (zöld magas, sárga közepes, piros alacsony fenntarthatósági teljesítmény)

Forrás: Dobranskyte-Niskota et al., 2009, p. 26.

Az előzőleg említett felmérést világviszonylatban is elvégezték, és ha a fenntartható tömegközlekedést vizsgáljuk, akkor Kelet-Európa, Ázsia és Latin-Amerika éri el a legmagasabb aggregált és normalizált pontot. Azt vehetjük észre, hogy a nyugati országok (Nyugat-Európa, Észak-Amerika és Óceánia) jobban teljesítenek a közlekedéssel összefüggő társadalmi és környezetvédelmi mutatók terén, de Ázsiánál és Latin Amerikánál rosszabbul teljesítenek a rendszerhatékonyság és a gazdasági mutatók terén. Egyedül Kelet-Európáról mondható el, hogy minden téren jól teljesít, így összesítve ez a régió kapta a legtöbb pontot (Gruyter et al., 2017).

A Közlekedés, Egészség és Természet Páneurópai Program dokumentumai rámutatnak arra, hogy ha kedvezőbb és több feltételt biztosítunk a gyalogosoknak, kerékpárosoknak és a tömegközlekedést használóknak, akkor a modális megosztottság¹³ növekszik. Azaz, az

¹³ Közlekedési nemek közötti megosztottság (Erdősi, 2004).

autózások aránya csökken az összes utazást vizsgálva, ezzel növekszik a város életminősége. Ezt a jelenséget több helyen is megfigyeléssel támasztották alá, például Párizsban és Barcelonában, ahol modernizálták a kerékpáros infrastruktúrát, Londonban és Stockholmban, ahol a túlterhelt kerületek útjain útdíjat kellett fizetni (Makarova et al., 2017).

Egy város intézkedéseivel is sokat tehet a környezet védelméért. Bogotában bevezettek egy gyorsbusz hálózatot, ami sokat segít a fenntartható közlekedésben. Emellett több fejlesztést végeztek, amelyek során a járdák, gyalogos utak és kerékpársávok is nagy figyelmet kaptak. Az autópályákat a városban vasárnaponként 7 órára lezárták és addig a gyalogosok is használhatták. 20%-os adót vetettek ki a benzinre, ennek bevétele a tömegközlekedés fejlesztésére és fenntartására költötték, és bevezettek egy autómentes napot is. Ez csak egy példa, számos más város is tesz a környezetért. A következő 4 városban a 2014-ben elért fejlesztéseket emelték ki Makarova és társai. Buenos Airesben a világ legszélesebb sugárútja már csak 10 sávós. A sávokkal párhuzamosan most már földfeletti metrók működnek, melyek segítségével 14 perc alatt át lehet haladni a városon, a korábbi 40 perc helyett. Suwonban (Szöul) egy hónapos fesztivált hoztak létre, ami a lakosok számára mutatta be az autómentes életet. Indore városában egy 6 mérföldes gyorsbusz pályát alakítottak ki, amit 70 mérföldesre akarnak majd bővíteni. Lanzhouban Ázsia 2. legnagyobb gyorsbusz hálózatát összekapcsolták egy kerékpármegosztó rendszerrel. Emellett zöld kerékpárutakat és sávokat, illetve kerékpárparkolási lehetőségeket biztosítottak városszerte. A későbbiekben 14000 állomást terveznek a biciklik könnyű elérése (Makarova et al., 2017).

2.6 Preferenciák

Az emberek döntéseit és annak kiváltó okait érdemes elemezni a közlekedés esetében is. Ahhoz, hogy egy jól működő tömegközlekedést lehessen létrehozni, össze kell hangolni a szolgáltatást a város és vonzáskörzetében élők preferenciáival. A környezetvédelmi célok és a sosem elegendő források miatt muszáj elérni, hogy a hatékonyan tudjuk vizsgálni a megjelenő preferenciákat. Jelen esetben a karakterisztika és a kinyilvánított preferencia elmélet használata a legkézenfekvőbb, mert ezeknek a segítségével könnyebben be lehet határolni az eddigi tapasztalatok és vizsgálatok alapján az utazással kapcsolatos igényeket. Az eredményt fontos összevetni az autó használatával (miért használja az ember szívesebben), illetve megvizsgálni azt, hogy az autózás mely tulajdonságaival tud versenyezni a tömegközlekedés.

Az emberek döntése több dologon alapul, szerepet játszik ebben az egyéni preferencia, reáljövedelem és az árarányok. Az utóbbi kettőt könnyebb mérni, míg az egyéni preferencia

meghatározása egy igen nehéz dolog, viszont ezeknek a levezetése nélkül nehéz a piaci keresleti viszonyokat vizsgálni (Koppányi, 1993).

A preferenciák felmérésére számos módszer létezik. A felmérések és interjúk készítésével igen könnyen fel lehet rajzolni a közömbösségi görbét egyetlen bökkenővel, hogy nem történik meg a vásárlás és így torzulhatnak az adatok. Másik módszer, ha a piaci magatartásokat figyeljük meg a tényadatok vizsgálatának segítségével (Koppányi, 1993).

Samuelson dolgozta ki a kinyilvánított preferencia eljárást, amely olyan, már meglévő vásárlási adatok felhasználásával von le következtést, mint az árak, jövedelem és keresett mennyiség, amelyekből így hozzávetőlegesen fel tudjuk írni a fogyasztók közömbösségi görbéjét és költségvetési egyenesét. Az elmélet lényege az, hogy két jól leírható tulajdonságot ismerünk a termékek árát és a jövedelmet. Ha egy döntési helyzetben kiválaszt egy jószágkosarat 3 dolog befolyásolhatja: a kosár ára, a fogyasztó jövedelme és a preferenciája. Így megfigyelhetünk akár olyan vásárlásokat, ahol a drágább jószágkombinációt választja, ekkor arra következtethetünk, hogy az a fogyasztó szemszögéből jobb (preferált). (A kinyilvánított preferenciák gyenge axiómájának megsértésével számolnunk kell, ami akkor jön létre, ha a magatartása nem haszonmaximalizáló, vagy a megfigyelés közben változik meg a preferenciája, ilyenkor olyan kosarat is választhat, amit már ugyanazzal a kosárral szemben egyszer elvetett.) (Koppányi, 1993).

A karakterisztika elmélet a fogyasztási technológiákra és az új technológiák hatásának meghatározására koncentrál. Azt kutatja, hogy a piacon lévő különböző termékek egyes tulajdonságai (minőség, csomagolás, márka stb.) hogyan hatnak a termékek iránti keresletre. Emellett azt kutatja, hogy az új termékeknél mikre kell odafigyelni, hogy vonzóbbá váljanak. Ebben a modellben a fogyasztók nem csak különböző terméket, hanem azok tulajdonságai között is választanak, a jószág különböző objektív tulajdonságok összessége, azaz úgynevezett karakterisztikák alkotják azt. Lancaster így ezek alapján fejlesztette ki a karakterisztika modellt, ami pár alapfelvetésen alapszik. Nem a jószág, hanem a tulajdonságaik jelentik a fogyasztók számára a hasznosságot. Ezekből a karakterisztikákból többel rendelkezik egy jószág, illetve más jószágok is rendelkezhetnek hasonló vagy egyező tulajdonságokkal. Ezek a karakterisztikák objektíve megfigyelhetők és mérhetők, megadhatóak pontos mértékkel, összeadhatóak, illetve egymáshoz hasonlíthatóak. Az elmélet szerint a fogyasztók számára fontosabb termékcsoportokra elosztja a jövedelmét majd a tulajdonságok, a preferenciája alapján választja ki a megfelelő terméket (Koppányi, 1993).

A tömegközlekedés kifejezéshez az emberek manapság a zsúfoltságot is társítják, ezért érdemesebb közösségi közlekedésnek nevezni (Lenzsér – Reider, 2017b).

Napjainkban az autózás a legnépszerűbb közlekedési forma. Ha a környezetet akarjuk védeni akkor nem az a megoldás, hogy a jelenlegi mobilitási lehetőségeket csökkentjük, hanem egy alternatívát, új környezetbarát technológiák használatát kell népszerűsíteni. A határ nélküli közlekedés már része az emberek életének, így annak a korlátozását igen rosszul fogadnák a fogyasztók. Ezért a tömegközlekedést kell úgy kialakítani, hogy jobban egybeessen az emberek preferenciáival, tehát a cél nem a mobilitás csökkentése, hanem a felesleges autózások redukálása (Erdős, 2004).

A közlekedésben a mobilitás az a képesség, ami lehetővé teszi az egyik helyről a másikba való jutást (ezt az egy személy által naponta megtett utazások számával is mérhetik) (Rosli et al., 2012). Az emberek helyváltoztatása két okkal történhet; lehet kényszerű és szükséges, azaz hivatásforgalom, illetve lehet saját célú utazás (Lenzsér – Reider, 2017a). Az ország gazdasági és társadalmi fejlődésének stratégiában megjelenik a közlekedési szolgáltatások létesítése. A helyváltoztatásra való kereslet minden embernél megtalálható, ezt a keresletet tovább lehet bontani közlekedési nemek szerint (Lenzsér – Reider, 2017b).

2013-ban Magyarországon átlagosan egy fő egy vonattal 17,1 km-t tett meg, közel az EU-s átlaghoz, ez az érték 2015-ben már 24,5 km volt. A régebbi adatokat szemügyre véve nem történtek nagy változások az EU állampolgárai viselkedéseiben, mert 2005-ben 25,2 km volt ez az érték (Dauby et al., 2016). 2015-ben, ha a közlekedés modális megosztottságát utaskilométerben összegezzük, akkor annak 79,6%-a közúti közlekedésből, 13,7%-a repülő közlekedésből és 6,7%-a vasúti közlekedésből származik (IEA – UIC, 2017).

Az utasoknak minőségi és mennyiségi elvárásai vannak a jól működő vasúti rendszerrel. Az egyik legfontosabb és legmeghatározóbb minőségi elvárása a sebesség. Az elővárosi forgalomban manapság 100-120 km/h sebességgel közlekednek a vonatok. A jól kiépített gyorsvasúti hálózat versenyképes a repülőgépekkel rövidtávon (Lenzsér – Reider, 2017b). A gyorsvasút 500-800 km-es szakaszon tudja a repülést kiváltani (Erdősi, 2004).

A biztonság is fontos minőségi jellemzője a vasúti közlekedésnek. A közúti közlekedés a vasúthoz képest sokkal veszélyesebb. A kényelemnek is nagy szerepe van az utazásban. Elengedhetetlen, hogy az utazás során megfelelő komfortérzetet kínáljon a vasút az utasoknak. A kényelem kialakításakor figyelni kell arra, hogy az növekedjen, ha az utazás időtartama is növekszik. Kényelmes és gyors utascserét jó befogadó képességgel kell párosítani. A sűrű menetrend is elengedhetetlen, a folyamatosan jelentkező igényeket a vasútnak megfelelő férőhelyű járművekkel, emberi munkaerővel és pályával kell kielégíteni. A gazdaságosság (a fogyasztó szempontjából) fontos jellemzője a vasúti közlekedésnek, ami alatt az alacsony árakat

értjük. A vasút a szárazföldi közlekedési nemek közül a legjobb a nagy tömegek szállítására. (Lenzsér – Reider, 2017b).

2.7 Közlekedési formák

2.7.1. A vasút és a közúti közlekedés

Fontos, hogy az autós és vonatos közlekedés közötti különbséget (előnyeit és hátrányait) pontosan meghatározzuk.

A vasúti közlekedés elsősorban nagy mennyiségű áruk nagy távolságra való szállítására, és nagy tömegek szállítására alkalmas. Előnye, hogy működését csak elvétve befolyásolják az időjárási tényezők. Önköltsége kisebb, mint a közúti szállítás, sokkal környezetkímélőbb és szárazföldön szinte bárhol kiépíthető. Hátrányt jelent a magas beruházási és kiépítési költség és nem valósulhat meg a háztól-házig szállítás (Lenzsér – Reider, 2017b).

A közút a legelterjedtebb és legnélkülözhetetlenebb közlekedési infrastruktúra. Főleg rövidebb távon helyi- és körzeti forgalom lebonyolítására alkalmas. A személygépjárművek uralják az utakat, de ezen közlekednek a tömegközlekedési eszközök is. A legfontosabb tulajdonsága, hogy ez rendelkezik a legnagyobb sűrűségű hálózattal, mindig megvalósítható a háztól házig való közlekedés, viszont jelentősen függ a környezeti, időjárási tényezőktől, drágább az önköltsége, mint a vasúté, jelentős környezetkárosító hatásai vannak és a legbalesetveszélyesebb ág (Lenzsér – Reider, 2017b).

2.7.2. Tram-train

A dolgozat arról szól, hogy hol lenne érdemes egy tram-traint (elővárosi villamos) létesíteni Debrecen és vonzáskörzete között. A tram-train egy kiváló közösségi közlekedési forma, olyan nagyobb települések esetén, ahol szuburbanizációs folyamatok zajlanak.

A helyközi személyszállító vonatok célja a városok és az elővárosok közötti közlekedés kiszolgálása. Az ingázók számára ez akkor hatékony, ha a tehervonatoktól elkülönítve közlekednek ezek a vonatok. A világon a legsikeresebb helyközi vasút rendszerei azért bizonyulnak olyan hatékonyak, mert szorosan integráltak a város busz-, villamos- és metró hálózataival, így zökkenőmentes közlekedést biztosítanak az ingázók számára, a vasútállomást elkerülve, rögtön a város szívébe érkeznek. A távolsági és regionális személyszállító vasút és a városi villamosok közötti első és leghíresebb integrált rendszer a Kalshruhe Tram-Train rendszer, amely már 1980 óta működik (Boray et al., 2024), és azóta Európa számos pontjára áttért (Crosbee – Allen, 2015).

A legtöbb helyen, ahol tram-train rendszert létesítettek, ott a város rendelkezett már egy villamos hálózattal, ami közlekedési gerincként működött. A tram-train segítségével az

elővárosi ingázók átszállás nélkül tudják elérni az úticéljukat, így rengeteg időt tudnak megtakarítani. Emellett a költségeket is csökkenti, ha már létezik az infrastruktúra és csak minimális építkezéssel (a vasút és villamos sínek összekapcsolása) jár az új rendszer kiépítése. Mivel a tram-train a meglévő villamosvonalakon közlekedik, így azoknak a rendszerességét is növeli anélkül, hogy új villamosokat kellene a városnak beüzemelni (Metelka – Janoš, 2021).

Több előfeltétele van annak, hogy a tram-train rendszer kiépítése, fejlesztése hatékony legyen. A városok között sűrű és normál nyomtávú sínek¹⁴ legyenek, városon belül a villamossíneknek is normál nyomtávúaknak kell lenniük. A városban a két rendszert viszonylag könnyen, kis költséggel lehessen összekapcsolni. A busz- és vasútállomás messze legyen a város központjától, illetve a fontosabb desztinációktól (kórház, egyetem, bevásárló központok, irodák) (Potěšil – Moloková, 2006).

¹⁴ A normál nyomtávú vonalak 1435 mm nyomtávval rendelkeznek. A világ nagyobb része ezt a nyomtávot alkalmazza, ahogy Magyarország is. A vasúti és villamos sínek egyaránt ilyenek (Lenzsér – Reider, 2017b).

3 ANYAG ÉS MÓDSZERTAN

A felelős döntéshozatal érdekében meg kell arról győződni, hogy hol lenni érdemes tram-traint kiépíteni, fel kell mérni a jelenlegi elővárosi forgalmat, ami zömében hivatásforgalom. A feltérképezéséhez számszerűsíteni kell a személygépjárművel és busszal utazók számát, ezért a pontos adatok érdekében többfajta mérést végeztem.

A be- és kiáramló forgalom mérésére keresztmetszeti forgalomszámlálást használtam. Ennek az a célja, hogy az elővárosi forgalom közúti tényezőjét vizsgálni tudjam. A városba vezető utak mentén forgalomszámláló önkéntesek segítségével¹⁵ mértem az utakon áthaladó közúti közlekedési eszközök gyakoriságát. Csúcsidőben van a legnagyobb forgalom, így ennek a mérése a legfontosabb, mivel egy közösségi közlekedési eszköz létesítésénél elengedhetetlen tudni, hogy mennyi a körülbelüli egyszerre utazó emberek számának maximuma. Éppen ezért a legtöbb mérést reggel 6 és 8 között végeztük el és figyeltünk arra, hogy a hét közepén lévő napon (legtöbbször szerdán) vizsgáljuk a forgalmat. A forgalmat 8 helyen figyeltünk meg, Böszörményi út (Hajdúböszörmény), Balmazújvárosi út (Balmazújváros), Szoboszlói út (Hajdúszoboszló), Mikepércsi út (Mikepércs), Diószegi út (Létavértes), Vámospercsi út (Vámospercs), Sámsoni út (Hajdúsámson), Kassai út (Nyíregyháza). A forgalomszámlálás helyszíneit úgy választottam meg, hogy a potenciális helyszínek elővárosi forgalmát tudjuk felmérni, éppen ezért a várostáblák közelében mértünk (Józsát és az egyéb különálló, de Debrecenhez tartozó kisebb területeket – egykor közigazgatásilag különálló településeket – már elővárosnak tekintettük). Ezt azért tettük így, mert a városon belüli forgalmat nem számoltuk. Emellett a helyszínek kiválasztásánál figyelembe vettem, hogy közlekedési lámpa közelében történjen a mérés (lassítja a forgalmat, így pontosabb a mérés), illetve buszmegállóban mérjünk, hogy a buszon ülők számát könnyebben meg tudjuk határozni. Egy mérési helyszínen legtöbbször két forgalomszámláló volt, ahol az egyik a beáramló a másik a kiáramló forgalmat mérte, megkülönböztetve a különböző járműtípusokat (*4. melléklet*), melyek a következők: kerékpár (roller, elektromos kerékpár), motorkerékpár (moped), személygépkocsi, 3,5 tonna alatti tehergépjármű (terepjáró, furgon, ponyvás), minibusz, busz, 3,5 tonna feletti tehergépjármű (nyerges vontató, IFA). Ezek közül a személygépkocsik és a buszok (Volán, DKV) voltak a legfontosabbak, mivel az ezekkel utazók lehetnek a potenciális tram-train használók. A mérési adatokat idősorosan rögzítettük, azaz percre pontosan tudjuk milyen és mennyi jármű haladt el.

¹⁵ Az önkéntesek előzetes felkészítést kaptak az adatok számlálásával és rögzítésével kapcsolatban.

A buszokon ülő emberek számát folthatás módszerrel állapítottuk meg. A módszer lényege, hogy amikor a busz elhalad a számláló előtt, a számláló egy 1-től 5-ig terjedő skálán kiválasztja a jármű telítettségét, illetve a fajtáját (szóló vagy csuklós). Ezek a szintek előre pontosan meg voltak határozva (8. táblázat), illetve a számláló emellett kapott egy vizuális segédletet is (5. melléklet). A szintek meghatározásához a hagyományos módszert használtuk. A szóló és csuklós buszoknál a skálák jelentése a következő: egyes az üres vagy maximum az ülőhelyek fele foglalt; kettes az összes ülőhely foglalat, egy-két álló utassal; hármas az összes ülőhely foglalt, néhányan állnak; négyes az összes ülőhely foglalt, sűrűn állnak; ötös a teljes telítettség, az ajtónál is állnak emberek. Létrehoztunk egy nullást is, ami a garázsmenetek, illetve az üres kijelzőjű és utasok nélküli buszokat jelentette. A buszok telítettsége, fajtája és iránya mellett próbáltuk a viszonylatszámát¹⁶, szolgáltatóját (csak DKV és Volán buszokat) és a rendszámát feljegyezni a pontosabb kép megteremtése érdekében.

8. táblázat: **Folthatásmódszeres busztelítettségi szintek meghatározása különböző buszfajták szerint**

Telítettség mértéke	Szóló buszok utasainak száma (fő)	Csuklós buszok utasainak száma (fő)
1	0-10	0-15
2	11-20	16-30
3	21-45	31-50
4	46-60	51-90
5	60 utas felett	90 utas felett

Forrás: DERKE

Egy alkalommal a debreceni vasútállomásra is kimentünk, hogy a vonatokon utazók számát is felmérjük.

A nagyobb léptékű mérések után végeztünk kisebb méréseket a Böszörményi úton. Ezeket a méréseket azért készítettük el ezen a helyszínen, mert az első mérésekből láthatóan itt volt a legnagyobb az elővárosi forgalom. A mérések között volt egy ellenőrzőmérés, aminek célja az előzőekben taglalt mérések újonnan való elvégzése volt. Készítettünk egy mérést a 12 órától 13 óráig, amellyel a déli forgalmat akartuk számszerűsíteni. Az utoljára végzet felmérésünk segítségével meg tudtuk határozni a személygépjárművek átlagos utasszámát.

2021-ben a DERKE¹⁷ hasonló módon felmérte keresztmetszeti forgalomszámlálással az elővárosi forgalmat, azzal a különbséggel, hogy ők csak a beáramló forgalmat vizsgálták, illetve

¹⁶ A buszok járatának azonosító száma.

¹⁷ Debreceni Regionális Közlekedési Egyesület

nem mérték a buszok telítettségét. Megkaptam ennek a mérésnek az adatbázisát, ami érdekes összehasonlításokra, következtetésekre ad lehetőséget. Az egyes helyszíneken való változás pontosabb értékelése érdekében az ábrázolásnál 3 perces mozgóátlagokat használtam. A mozgóátlag lényege, hogy nem reagál a lámpák és az útkörülmények miatt létrejövő ciklikus forgalomkiesésekre (pl. minden második percben kevesebb autó áramlik), ami a grafikonok ábrázolhatóságát, átláthatóságát és értelmezhetőségét nagyban nehezítené. A számolási módja az, hogy a mért időpontban a saját értéke mellett az előtte és utána lévő adatokból átlagot vonunk, tehát mindenhol 3 percnél az átlagát ábrázoljuk, kivéve az első és utolsó percben. Így grafikonon ábrázolva jól láthatóak a 2021-es és 2023-as mérések közötti különbségek.

Az elővárosi forgalom meghatározása után a közúti közlekedés károsanyagkibocsátását is felmértem. A pontos szén-dioxid kibocsátás meghatározását a szakirodalomban megismert tényezők alapján számoltam (Noussan et al., 2022). Az adatokat utaskilométerre váltottam át, majd a kutatásokból ismert közlekedési eszközök utaskilométerenkénti szén-dioxid szennyezésével vettem össze. A pontos utaskilométereket a potenciális tram-train szakaszonként úgy kaptam meg, hogy az utasok számát összesoroztam a távolsággal (utaskilométer = megtett táv * utas). Az utasok számát a forgalomszámlálási felmérésekből kaptam meg úgy, hogy az átlagos utasszámot megsoroztam az éppen vizsgált szakaszon közlekedő személygépjárművek számával, illetve az ott megfigyelt buszokkal utazók számát a folthatás vizsgálat segítségével kaptam meg. A távot Debrecen és vizsgált elővárosai között Google Maps segítségével határoztam meg. Így megkaptam külön személygépjárművenként és külön buszonként az utaskilométereket. Azért fontos ezt külön csoportosítani, mivel a személygépkocsiknak és a buszoknak különböző a környezetszennyezése. A pontos kibocsátás meghatározásához (gCO_2 -ben) a közlekedési fajták kibocsátásának mediánját összesoroztam az utaskilométerükkel ($\text{gCO}_2 = \text{utaskilométer} * (\text{gCO}_2/\text{utaskilométer})$). Ezt minden vizsgált helyen elvégeztem és összehasonlítottam egymással. Ezek mellett felmértem azt is, hogy milyen lenne a szennyezés, ha a vizsgált helyszíneken csak tram-trainnel közlekedtek volna.

A közúti közlekedés károsanyag-kibocsátása mellett tovább vizsgáltam a környezetre gyakorolt káros hatásait. A vármegye és Magyarország személygépjármű-állományának elemzését is elvégeztem KSH adatbázisok segítségével. A személygépjárművek számának, korának és üzemanyaghasználatának változását vizsgáltam az elmúlt 20 év során. A tram-train zajszennyezésre is kitértem. A szakirodalomban megismert környezetszennyezési lánc modelljével vizsgáltam a közlekedést (Bartus – Szalai, 2014). Kutattam azt, hogy a tram-train hol kapcsolódik be a modellbe és hogyan változtatná meg elméletben a kibocsátást.

A vonal pontos helyszínének ismeretében felmértem a helyi adottságokat, és összehasonlítottam a jelenlegi tram-trainhez hasonló magyarországi rendszerekkel. Megállapítom a jelenleg tervezett elővárosi villamos előnyeit a HÉV-vel és a Szeged-Hódmezővásárhely közötti tram-trainnel szemben.

A tram-tran használatának preferenciáját próbáltam feltárni, a szakirodalomban felvázolt pontok alapján behatároltam a kedvező tulajdonságait és a személygépjárművekkel használatával hasonlítottam össze a két rendszert. Ezek mellett egy város által megrendelt közlekedési kutatás eredményeit és egy KSH adatbázist is elemeztem.

A Debrecenben végbemenő szuburbanizációs folyamat a közlekedést is nagymértékben befolyásolja. A folyamat során a városban és vonzáskörzetében megfigyelhető a nagyobb népesség-áramlás, az emberek gyakran kiköltöznek a vonzáskörzetbe és onnan ingáznak. Az ingázások mértékéről 2011-ben végzet egy kutatást a KSH. Ennek vizsgálata azért fontos, mert az ingázók egy nagyobb rétege használná az elővárosi villamost.

Az elővárosi forgalom és a debreceni szuburbanizáció feltérképezése után érdemes tranzitorientált fejlesztéssel foglalkozni. A legkedvezőbbnek vélt vonal kiépítését az „5D” modellben szemléltetem.

A forgalomszámlálási adatok segítségével javaslatot tettem arra, hogy melyik várossal kell összekötni Debrecen. A hazai Szeged-Hódmezővásárhely közötti tram-train alapján javaslatot tettem a jelenlegi rendszer bevezetésével kapcsolatok bérletvásárlási zónákra is.

4 EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE

4.1. A mérések eredménye

Összesen 4 alkalommal mértem a forgalmat forgalomszámláló önkéntesek segítségével. Mind a 4 alkalommal másképpen zajlottak a mérések.

Az első mérést 2023. szeptember 27-én végeztük el reggel 6 és 8 között, városszerte 8 helyen: Böszörményi út, Balmazújvárosi út, Szoboszlói út, Mikepércsi út, Diószegi út, Vámospercsi út, Sámson út, Kassai út. A mérések alapján a beáramló forgalom esetén a Böszörményi úton 2500 személygépjármű feletti értéket kaptunk, illetve a Mikepércsi úton, a Sámsoni úton a Balmazújvárosi úton, a Szoboszlói úton és a Diószegi úton 1000 személygépjárműnél több áramlott be a városba (9. táblázat). A kiáramló forgalom– ahogy várhattuk– jóval kisebb volt. Itt is a Böszörményi úton a legnagyobb a forgalom, de a Mikepércsi út és Balmazújvárosi út is hasonló 1000 személygépjármű feletti értékkel rendelkezik (10. táblázat). A Kassai úton csak egy forgalomszámláló volt és a beáramló forgalom mérésére koncentrált, így ezért olyan alacsony a kiáramlás értéke. Emellett elvégeztük a folthatás módszerrel a buszok telítettségének felmérését. Ezzel a módszerrel nem kaptunk pontos számot, csak egy sávot, minimum és maximum értékekkel. A számszerűsítés és a későbbi összehasonlítás érdekében a felső és alsó értékek számtani átlagát tekintem helyszínenként a beutazó emberek számának. Észrevehetjük, hogy a busszal beutazók száma ismét a Böszörményi úton a legnagyobb, emellett a Mikepércsi és a Kassai úton is magas volt (11. táblázat). A busszal kiutazók száma igen alacsony volt, és itt is a Böszörményi úton volt a legnagyobb az érték, viszont ebben a kategóriában már nem volt nagy az adatok közötti különbség (11. táblázat).

A második mérés 2023. október 4-én történt reggel 6 és 8 között, viszont már csak a Böszörményi úton. Ennek az ellenőrzőmérésnek a célja az volt, hogy az adatok ingadozását tudjam mérni és megbecsülni. Az érték a második mérésnél a Böszörményi úton körülbelül 250 személygépjárművel csökkent (-10,84%), de így is 2250 felletti személygépjármű áramlott be. A kiáramló forgalom közel azonos volt, és csak közel 90 autóval mértünk kevesebbet. (-7,76%). Emellett a beérkező vonatokról leszálló utasokat is próbáltuk megszámolni. A vonatok beérkezését a menetrend alapján előre feljegyeztem, majd a számlálók a peronokál állva számolták meg a leszálló utasokat (12. táblázat). Nem meglepően a 100-as vonal mentén fekvő Nyíregyházáról és Hajdúszoboszlóból jelentősen több ember érkezett, mint a többi helyről. Mivel a Diószegi út mentén lévő Létavértes nem rendelkezik Debrecennel „közvetlen” vasúti kapcsolattal, így vélhetően busszal utaznak, bár Mikepércsen keresztül megközelíthető vonattal is Debrecen. Ennél a vizsgálatnál az a probléma, hogy nem tudjuk, hogy hol szálltak

fel az emberek, így az itt lévő értéknél kisebbre kell számítani. Ez a buszos közlekedésről is elmondható, de Nyíregyházán kívül sehol sem volt jelentős mennyiségű busz, ami a vizsgált településeken kívül is érintett más városokat. Az autós közlekedésnél sejthető, hogy a reggeli órákban utazók nem nagy távolságból jönnek, persze itt is lehetnek távolabbról érkezők, de ezek értékétől továbbiakban eltekintünk.

A harmadik mérést 2024. március 12-én végeztük 12 és 13 óra között, aminek az oka az ingázók számának pontosabb meghatározása volt, azaz a nem rendszeres utazók kiszűrése. A feltevés az, hogy a reggeli forgalomban részt vesznek olyan, ki nem szűrhető utasok, akik nem rendszeresen közlekednek az útszakaszon. Ezért 12 és 13 óra között is elvégeztünk egyvizsgálatot. A két mérés különbsége adja a rendszeres hivatásforgalmat. 621 személygépjármű jött be a városba és 692 személygépjármű távozott. A déli mérés csak 1 órán át végeztük el, így annak értékét 2-vel fel kell szorozni, így a beáramló és kiáramló forgalom 1200 körül van.

A negyedik vizsgálatot 2024. március 13-án végeztük el reggel 6 és 8 óra között, aminek a célja, hogy a reggeli forgalomban az autóban ülők pontos számát megtudjuk. Reggel a munkába és az iskolába sietők száma várhatóan magasabb, mint máskor. A mérésnél 2274 személygépjármű jött be Debrecenbe a Böszörményi úton. Az összes autó közül 1423-ban csak a vezető ült, 718-ban ketten ültek, 117-ben hárman ültek, 15-ben négyen ültek és csupán csak 1 autóban ültek öten. Az autók átlagos utasszáma így 1,44 fő volt, ami egy átlagos értéknek számít¹⁸. Ezzel az értékkel számoltam a *9. táblázatban* és a *10. táblázatban*, illetve a későbbiekben is ezt az értéket fogom használni. A kiáramló forgalomnál is ezt az értéket használtam, viszont a mérés csak a beáramló forgalmat érintette. Ez az utasszám-átlag akár magasabb is lehet, mivel a mérés közben folyamatosan esett az eső, ami ronthatta a látási viszonyokat, illetve – számomra meglepő módon – az autók körülbelül 40%-ának sötétített volt a hátsó ablaka, ami nehezítette a számlálást. A beáramló forgalomnál észrevehető volt, hogy 6:50 és 7:40 között megemelkedett az autók utasszáma.

A második, harmadik és negyedik mérést tehát már csak a Böszörményi úton végeztem el. Ennek az az oka, hogy az első mérés alapján itt a legnagyobb a forgalom és a tram-train tervezése itt a legkedvezőbb. A másik ok az, hogy ha minden helyen újra számoltuk volna az adatokat, ahhoz rengeteg önkéntes számlálót kellett volna összegyűjteni, így a véges

¹⁸ Az eurostat felmérte pár országban az autók átlagos utasszámát, a felmérésben a 18 és 80 év közöttiek szokásait vizsgálták. Az adatok országonként eltérnek a legalacsonyabb érték 1,17 volt Olaszországban, míg a legmagasabb 1,87 volt Romániában (Eurostat, 2024).

erőforrásokat be kellett osztani. A többi út adatainak értelmezhetősége érdekében az itt tapasztalt arányokat fogom használni mindenhol.

9. táblázat: **Debrecenbe áramló személygépjárművek száma az egyes útvonalakon keresztmetszeti forgalomszámlálással meghatározva reggel 6 és 8 óra között**

Helyszín	Személygépjárművek száma (db)	Utasok száma (fő)
Böszörményi út	2527	3639
Balmazújvárosi út	1235	1779
Szoboszlói út	1143	1646
Mikepércsi út	1457	2099
Diószegi út	1108	1596
Vámospércsi út	900	1296
Sámson út	1352	1947
Kassai út	821	1183

Forrás: saját szerkesztés

10. táblázat: **Debrecenből kiáramló forgalom az egyes útvonalakon keresztmetszeti forgalomszámlálással meghatározva reggel 6 és 8 óra között**

Helyszín	Személygépjárművek száma (db)	Utasok száma (fő)
Böszörményi út	1186	1708
Balmazújvárosi út	1128	1625
Szoboszlói út	883	1272
Mikepércsi út	1170	1685
Diószegi út	470	677
Vámospércsi út	311	448
Sámson út	574	827
Kassai út	139	201

Forrás: saját szerkesztés

11. táblázat: **Busszal ki- és beutazók száma reggel 6 és 8 óra között**

Helyszín	Debrecenbe utazók (fő)	Debrecenből utazók (fő)
Böszörményi út	1390	225
Balmazújvárosi út	566	180
Szoboszlói út	436	86
Mikepércsi út	1250	223
Diószegi út	447	8
Vámospércsi út	490	114
Sámson út	701	175
Kassai út	868	129

Forrás: saját szerkesztés

12. táblázat: A Debrecenbe utazók száma vonattal reggel 6 és 8 óra között

Helyszín	Debrecenbe vonattal utazók száma (fő)
Böszörményi út (Hajdúböszörmény-Józsa)	61
Balmazújvárosi út (Balmazújváros)	93
Szoboszlói út (Hajdúszoboszló)	937
Mikepércsi út (Mikepércs)	70
Diószegi út	nincs vasút, csak Mikepércsen keresztül
Vámospércsi út (Vámospércs)	223
Sámson út (Hajdúsámson)	176
Kassai út (Nyíregyháza)	504

Forrás: saját szerkesztés

A felmérések elemzése során már sejteni lehet, hogy hol lesz a legnagyobb utasforgalom, mivel a legtöbb helyen a Böszörményi út bizonyul a legforgalmasabbnak, de a pontosabb kép érdekében összegzem a személygépjárművel, busszal és vonattal be- és kiutazók számát (13. táblázat és 14. táblázat). A vonattal beutazókat is felmértük, de ott sokkal nagyobb távolságot tett meg a vonat és sokkal több települést érintett, mint a buszok és a személygépjárművek. Így a vonattal beutazókat külön oszlopban tüntettem fel, mert nem tudjuk pontosan honnan érkeztek. A Böszörményi úton reggel 6 és 8 óra között 5029 fő utazott be, ami jelentősen nagyobb, mint a többi érték (13. táblázat). A Debrecenből kiáramló forgalom, a Böszörményi úton, a Mikepércsi úton és a Balmazújvárosi úton jelentősebb (14. táblázat).

13. táblázat: Debrecenbe utazók száma reggel 6 és 8 óra között

Helyszín	Személygépjárművel és busszal Debrecenbe utazók száma (fő)	Debrecenbe vonattal utazók száma (fő)
Böszörményi út	5029	61
Balmazújvárosi út	2345	93
Szoboszlói út	2082	937
Mikepércsi út	3349	70
Diószegi út	2043	-
Vámospércsi út	1786	223
Sámson út	2648	176
Kassai út	2051	504

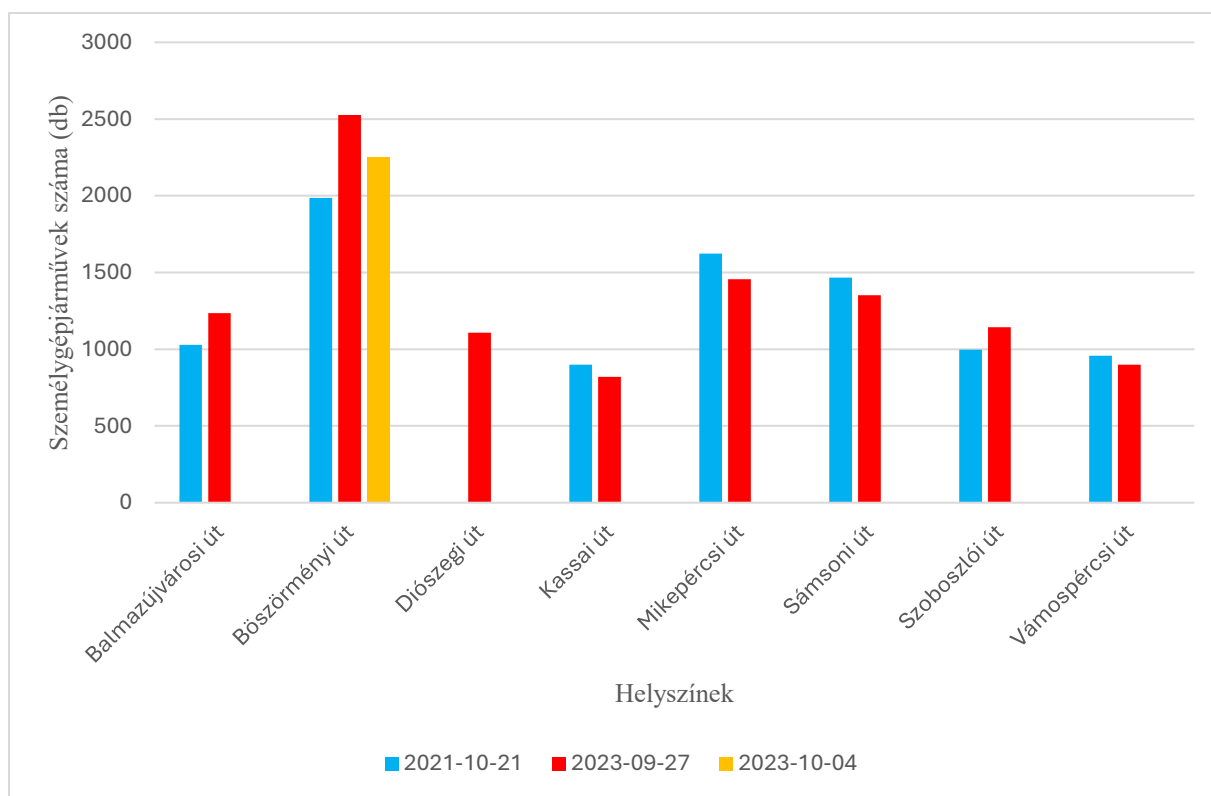
Forrás: saját szerkesztés

14. táblázat: **Debrecenből kiáramlók száma reggel 6 és 8 óra között**

Helyszín	Személygépjárművel és busszal Debrecenbe utazók száma (fő)
Böszörményi út	1993
Balmazújvárosi út	1805
Szoboszlói út	1358
Mikepércsi út	1908
Diószegi út	685
Vámospércsi út	562
Sámson út	1002
Kassai út	330

Forrás: saját szerkesztés

Sikerült meghatározni a jelenlegi elővárosi forgalmat. 2021. 10. 21-én a DERKE egy hasonló vizsgálatot végzett, így azzal is összehasonlítottam eredményeit. Az a mérés abban tér el, hogy ebben csak a beáramló személygépjárműveket számolták (keresztmetszeti forgalomszámlálással, reggel 6 és 8 óra között), és a Diószegi utat nem vizsgálták. Az általam végzett mérésnél külön figyeltem, hogy közel azonos időszakban, ősszel végezzem el a számolásokat. Az új és régi adatok összevetésével lehet észlelni, hogy melyik irányban nő az igény az elővárosi villamosra, illetve a jövőben hol fog nőni a forgalom. A 2021-es mérések a pandémia után lettek elvégezve, már újra beindult az élet, így már mindenki rendszeresen ingázott (ha valamiféle szokások változtak, például homeoffice, azt a jelenben is gyakorolják). Az akkori mérés eredménye szerint a Böszörményi úton a Mikepércsi úton és a Sámsoni úton utaztak be a legtöbben. Láthatjuk, hogy a Böszörményi úton, a Balmazújvárosi úton és a Szoboszlói úton figyelhető meg növekedés a személygépjárművek számában (3. ábra). Kijelenthető viszont, hogy ez a növekedés a Böszörményi úton a legjelentősebb.



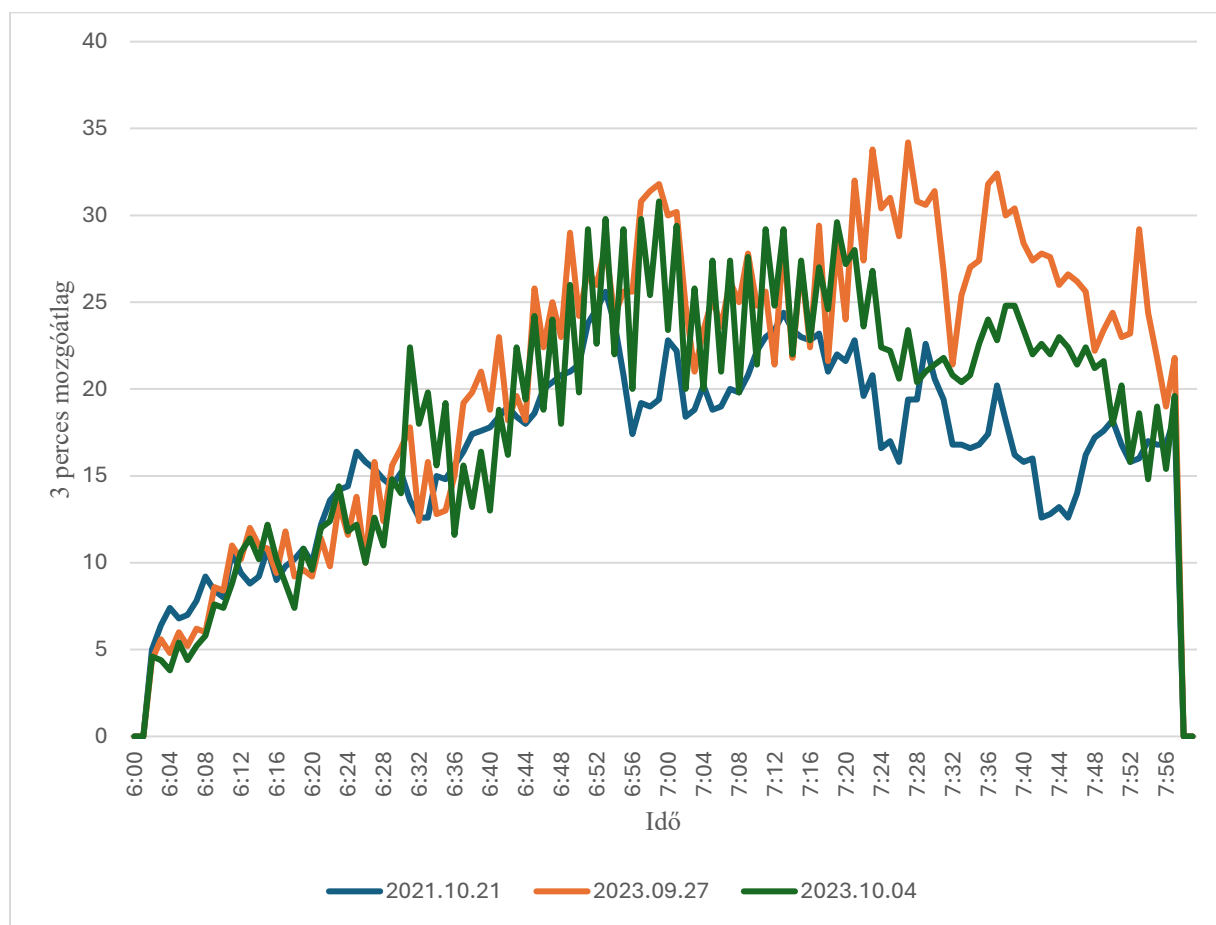
3. ábra: A Debrecenbe áramló személygépkocsik mennyisége 3 mérés alapján. (kék – 2021. 10. 21-es mérés, piros – 2023.09.27-es mérés, narancssárga – a Böszörményi út újrammérése 2023. 10. 04-én)

Forrás: saját szerkesztés

A személygépkocsik meghatározása után a pontosabb adatok feltárása érdekében fontos az utasszámlálási méréseket helyszínenként is vizsgálni. Az összehasonlíthatóság és az ábrázolhatósága miatt 3 perces mozgóátlagokat számoltam. Az előző felmérés (2021.10.21) adatainak e mozgóátlagjaival összevetem, így megfigyelhetem, hogy mikor és mennyire nőtt az utóbbi években a forgalom. A személygépjárművekszámát már összehasonlítottuk, viszont így egy pontosabb képet kapunk a reggeli forgalmakról. A Böszörményi úton (4. ábra), 6:50 után figyelhető meg, hogy az utóbbi évek során nőtt a forgalom az úton. Mivel ezt az utat kétszer mértük meg, látható, hogy mindkét mérés során megfigyelhető a forgalom növekedése a 2021-es méréshez képest. A Balmazújvárosi úton figyelhető meg ehhez hasonló változás (5. ábra), viszont ez nem olyan jelentős. A Mikepércsi út eddig kedvező adatokkal rendelkezett (2023-ban), viszont láthatjuk, hogy 7:00 óra körüli csúcsidőben alulmarad a 2021-es adatokhoz képest (6. ábra). Ennek oka lehet, hogy egy-egy mérés készült mindkét évben. A Diószegi utat is ábrázoltam (7. ábra), viszont ahogy előzőleg is említettem, itt nincsenek korábbi adatok, amikkel össze lehet hasonlítani. A Kassai, a Szoboszlói, a Sámsoni és a Vámospercsi úton, habár nem teljesen egymásra helyezhetőek a görbék, mégsem vehető észre, hogy jelentősebben

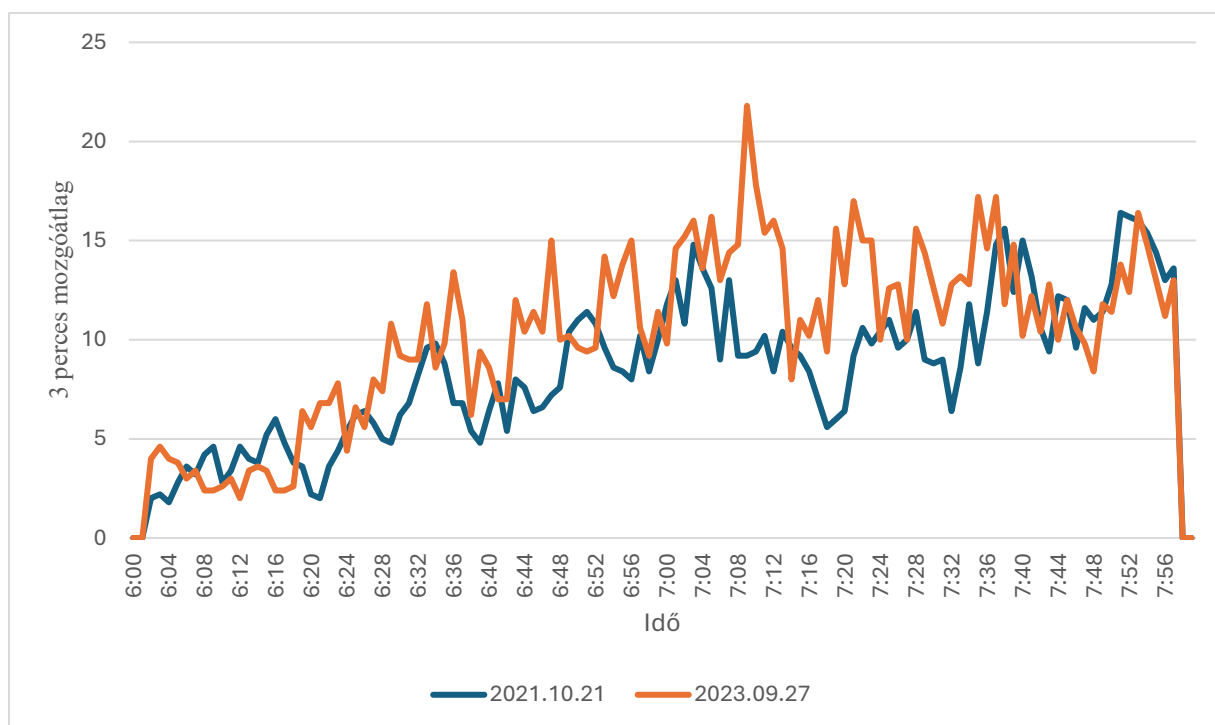
nőtt vagy csökkent volna a forgalom (8. ábra, 9. ábra, 10. ábra, 11. ábra). Kijelenthető, hogy a Böszörményi úton az előző évekhez képest nőtt a forgalom, amit jelen esetben 3 mérés is alátámaszt, a grafikonon nem szereplő 4. mérésen is 2274 személygépjárművet számoltunk. A Balmazújvárosi és Mikepércsi úton elképzelhető, hogy történt változás a forgalomban, viszont ezeken a helyszíneken további méréseket kellene végezni, hogy pontosan meg tudjuk állapítani.

A mozgóátlagok nem csak az összehasonlításra jók, megmutatják, hogy egyes utakon mikor van a csúcsidőszak. Láthatjuk, hogy a legtöbb úton 6:45-7:15 észlelhető az, hogy a csúcsidőszak után nem süllyed vissza jelentősen a forgalom. A későbbiekben akár a menetrendeket is ezekhez a mozgóátlagokhoz érdemes igazítani.



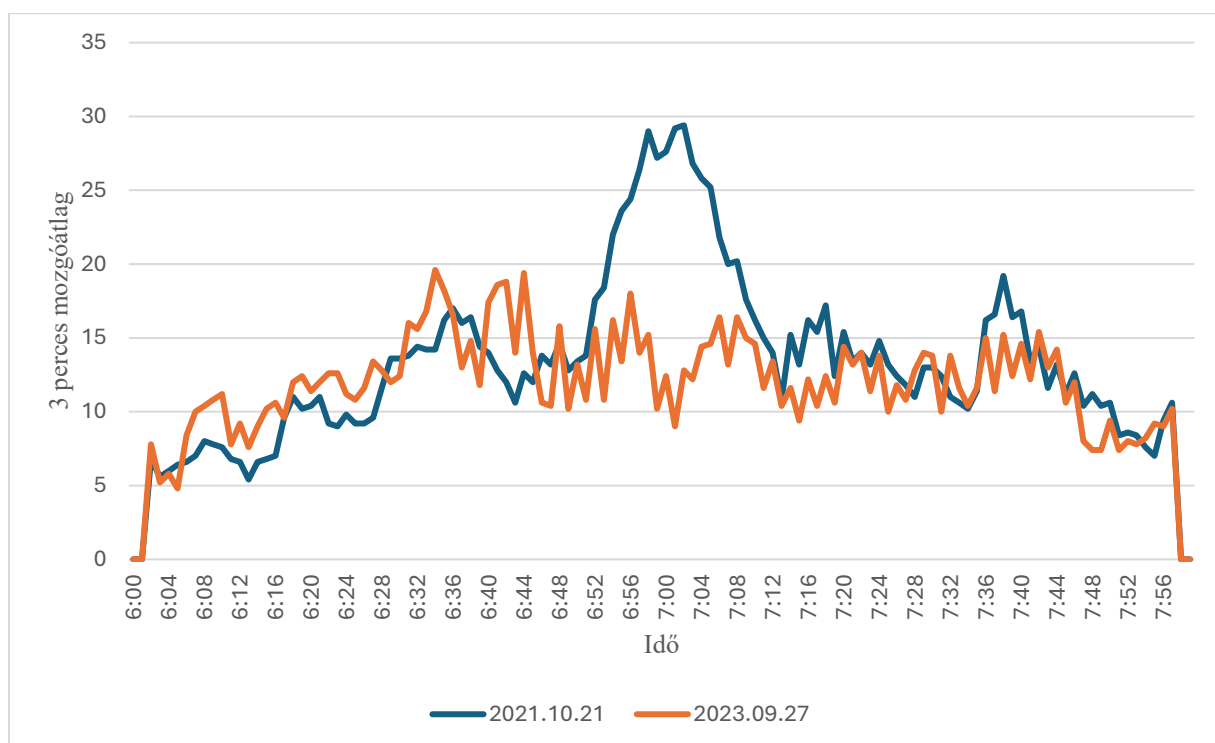
4. ábra: Böszörményi út beáramló forgalma reggel 6 és 8 között 3 perces mozgóátlaggal ábrázolva (kék - 2021-es mérés, narancs – 2023-es mérés, zöld – a Böszörményi út újrammérése 2023-ban)

Forrás: saját szerkesztés



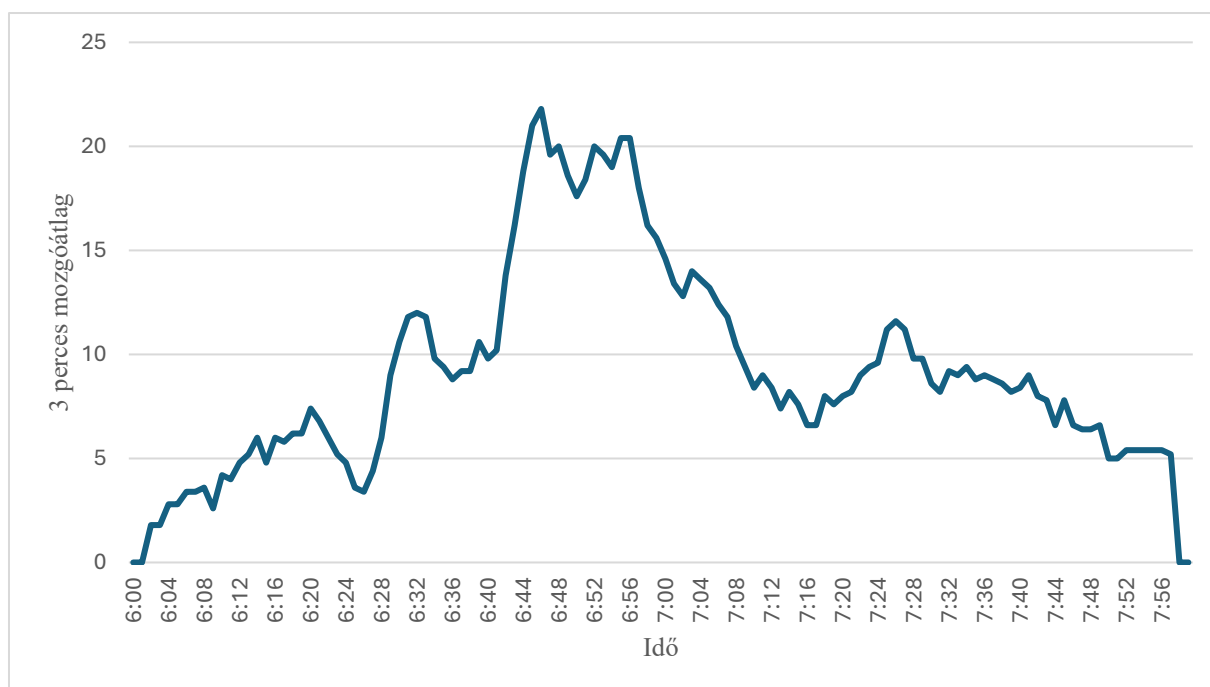
5. ábra: **Balmazújvárosi út beáramló forgalma reggel 6 és 8 között 3 perces mozgóátlaggal ábrázolva (kék - 2021-es mérés, narancs – 2023-es mérés)**

Forrás: saját szerkesztés



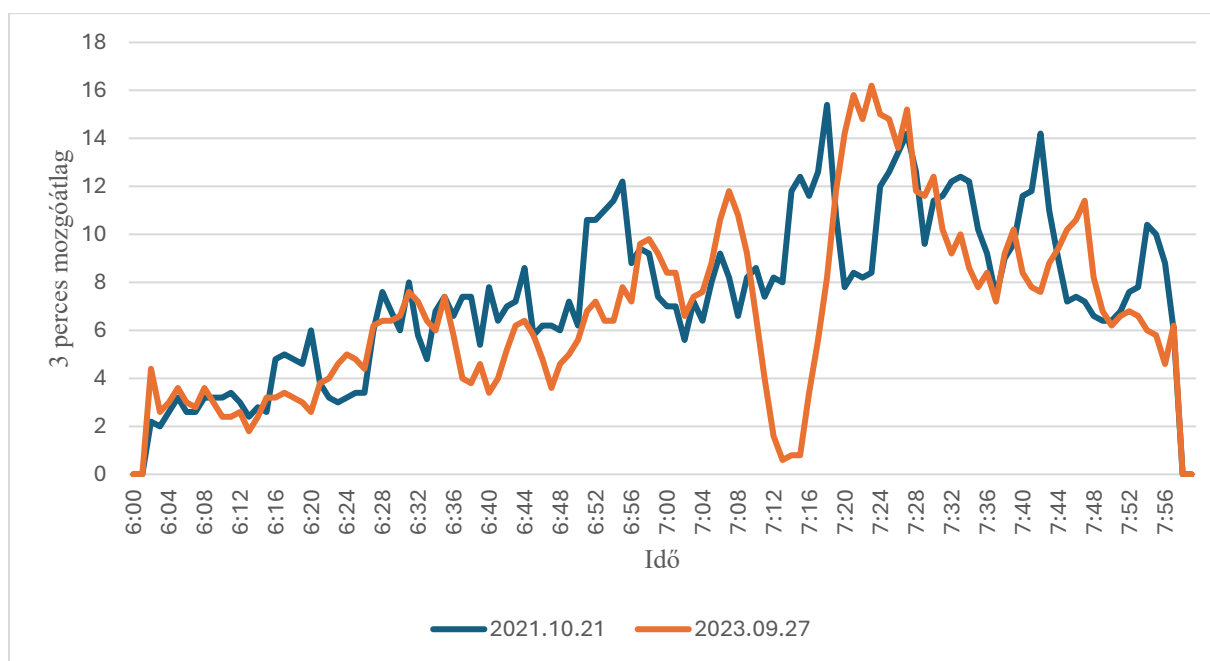
6. ábra: **Mikepércsi út beáramló forgalma reggel 6 és 8 között 3 perces mozgóátlaggal ábrázolva (kék - 2021-es mérés, narancs – 2023-es mérés)**

Forrás: saját szerkesztés



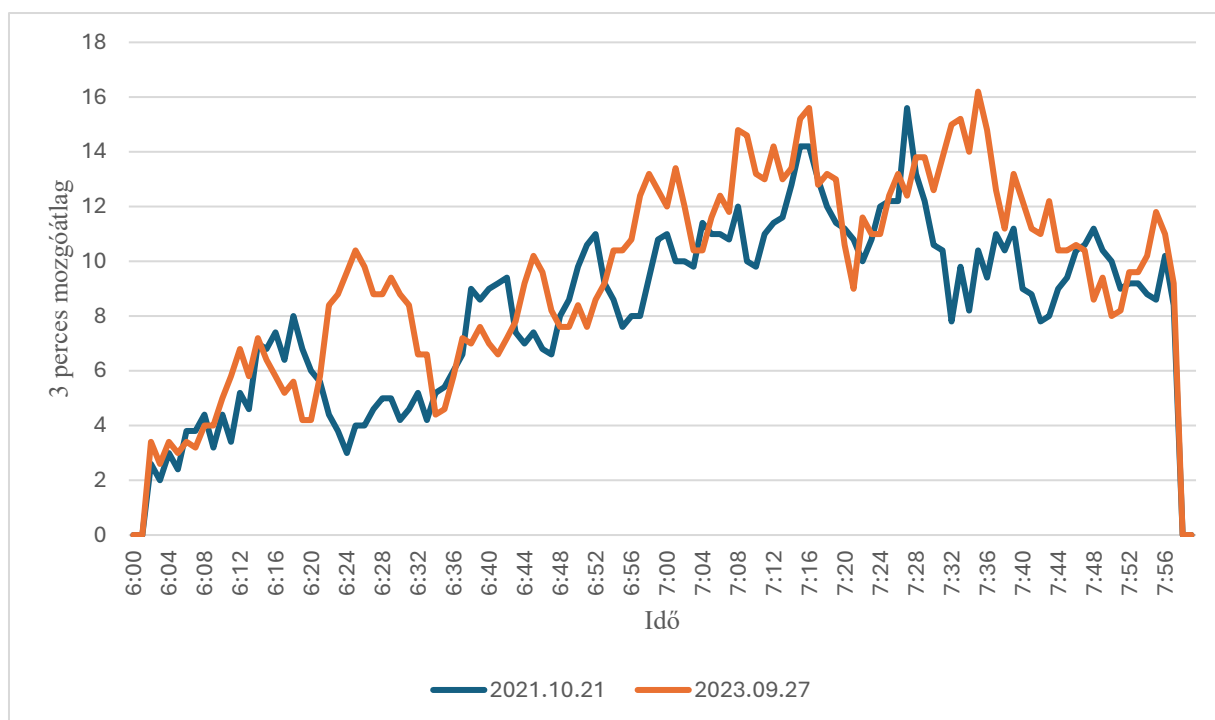
7. ábra: Diószegi út beáramló forgalma reggel 6 és 8 között 3 perces mozgóátlaggal ábrázolva (2023-es mérés)

Forrás: saját szerkesztés



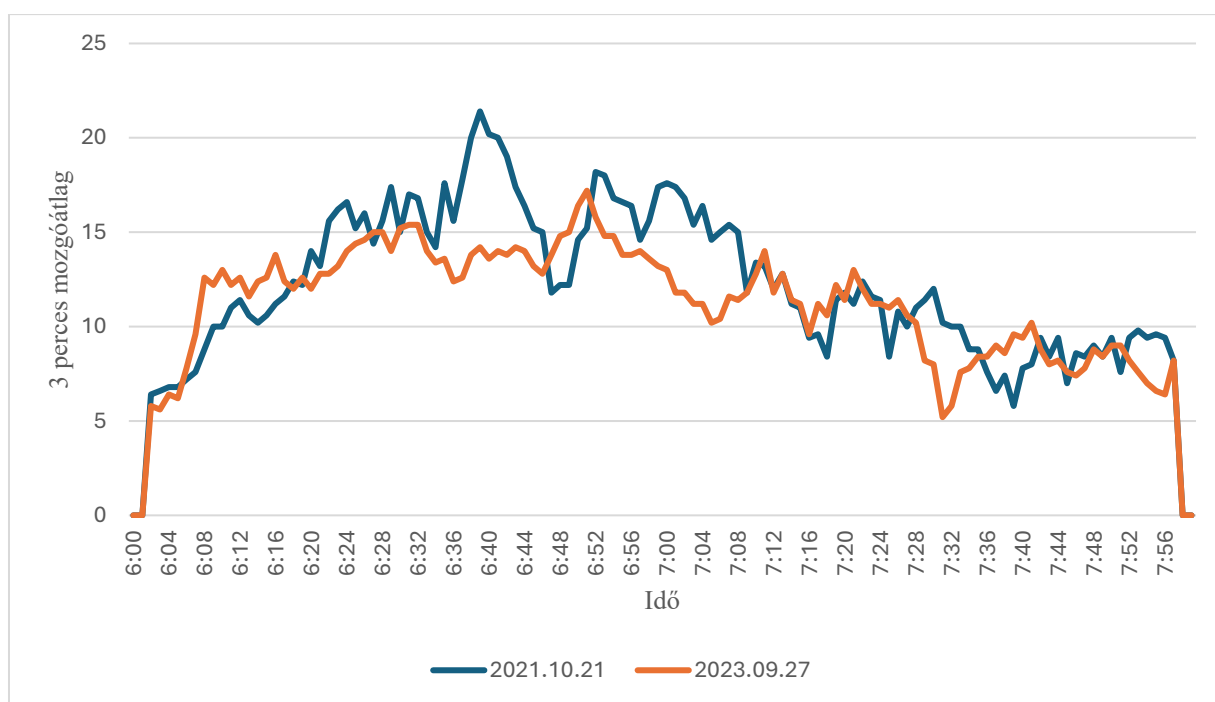
8. ábra: Kassai út beáramló forgalma reggel 6 és 8 között 3 perces mozgóátlaggal ábrázolva (kék - 2021-es mérés, narancs – 2023-es mérés)

Forrás: saját szerkesztés



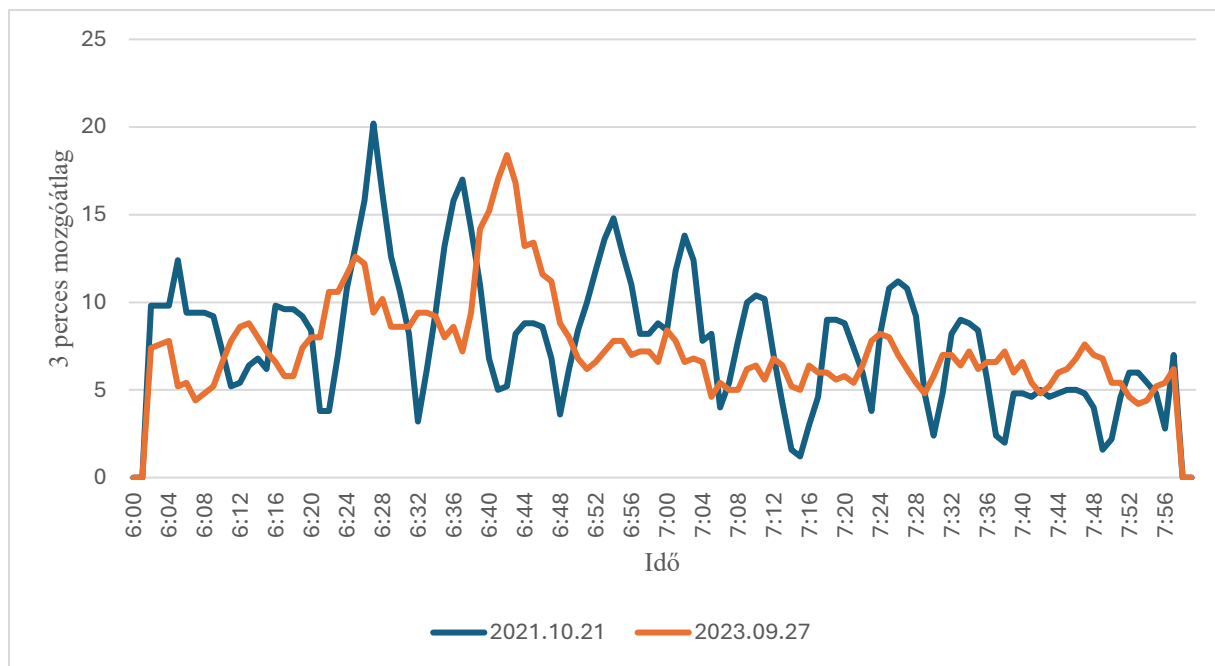
9. ábra: Szoboszlói út beáramló forgalma reggel 6 és 8 között 3 perces mozgóátlaggal ábrázolva (kék - 2021-es mérés, narancs – 2023-es mérés)

Forrás: saját szerkesztés



10. ábra: Sámsoni út beáramló forgalma reggel 6 és 8 között 3 perces mozgóátlaggal ábrázolva (kék - 2021-es mérés, narancs – 2023-es mérés)

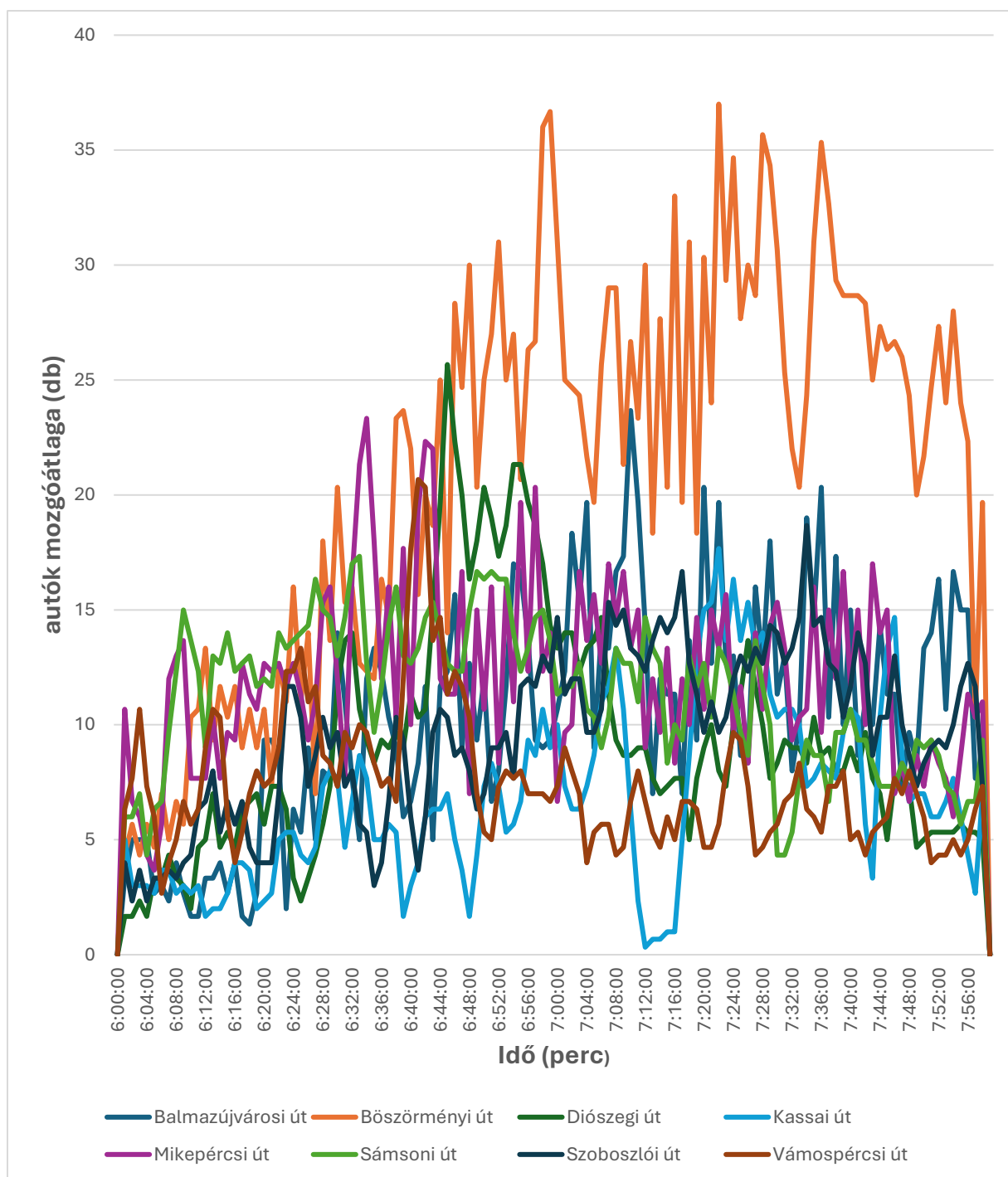
Forrás: saját szerkesztés



11. ábra: Vámspércsi út beáramló forgalma reggel 6 és 8 között 3 perces mozgóátlaggal (kék - 2021-es mérés, narancs – 2023-es mérés)

Forrás: saját szerkesztés

Az összesített adatokból (12. ábra) alapján, hogy Debrecen Hajdúböszörménnyel lenne érdemes összekötni egy tram-train rendszerrel, mert a ki- és beáramló forgalom itt a legnagyobb. Ezek mellett a mozgóátlagokból is látszik, hogy a forgalom jelentősebben növekedett az elmúlt két évben. Ebből arra lehet következtetni, hogy ez a tendencia a jövőben csak erősödhet, de ez több tényezőtől is függ (például a szabad területek mennyisége, személygépjárművek birtoklásának aránya stb.). Ezek mellett azt is lehet látni, hogy a városok közötti vonzás főként egyirányú, amiben Debrecen dominál.

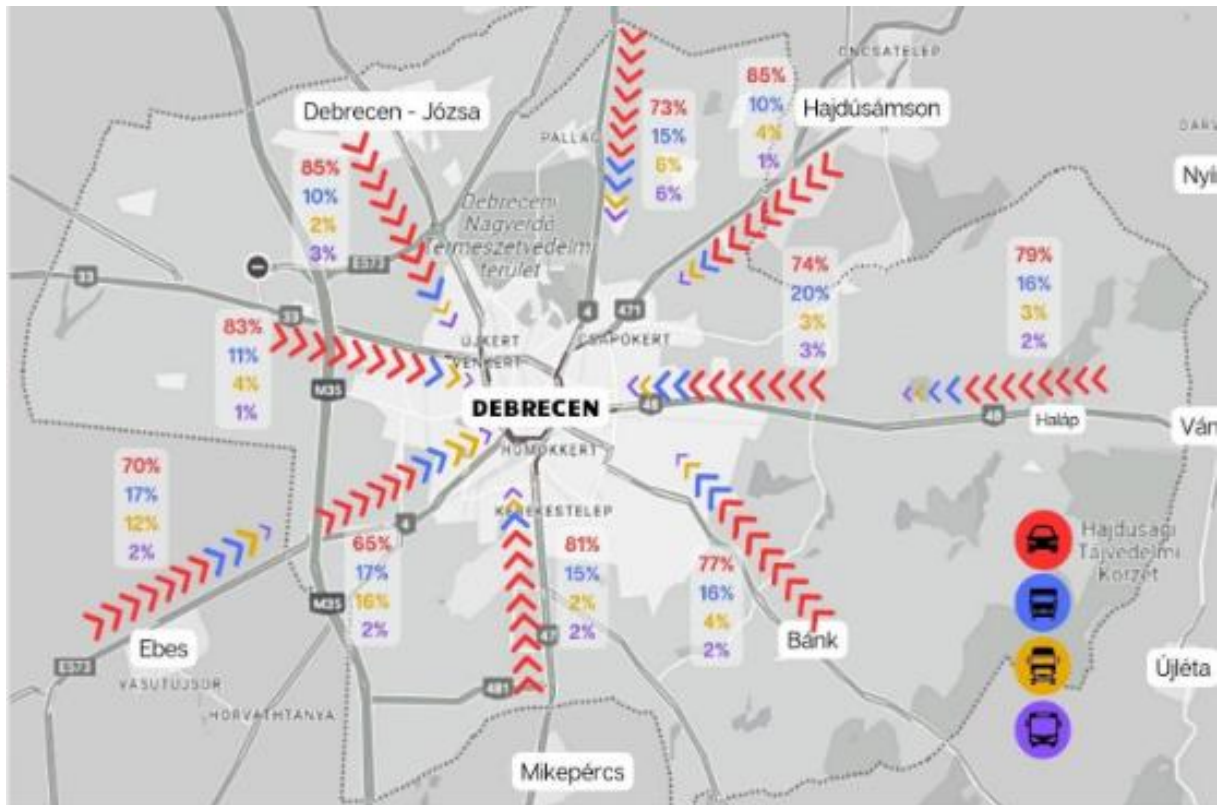


12. ábra: Debrecen beáramló forgalma (általam mért helyszíneknél) 2023-as mérések alapján reggel 6 és 8 között 3 perces mozgóátlagok segítségével ábrázolva

Forrás: saját szerkesztés

Debrecen Fenntartható Városi Mobilitási Terve (2024) összeállításához elvégzett kutatásban a város vezetése foglalkozott az elővárosi forgalommal (13. ábra) (Debrecen Megyei Jogú Város – Teqtos Kft., 2023). Az elővárosi forgalmat felosztották négy típus szerint: személygépjármű, autóbusz, kistehergépjármű, nagytehergépjármű. Az általam elvégzett

forgalomszámlálás eredményei miatt a Debrecen-Hajdúböszörményi vonal adatait érdemes jobban megvizsgálni. A városba áramló közlekedési eszköz körülbelül 80%-a minden irányból személygépjármű volt, ez az érték Debrecen-Józsa és Debrecen-Hajdúsámson vonalon volt a legmagasabb (85%). Ez mutatja, hogy a Debrecen-Hajdúböszörmény vonalon van leginkább tere a közösségi közlekedés fejlesztésének.

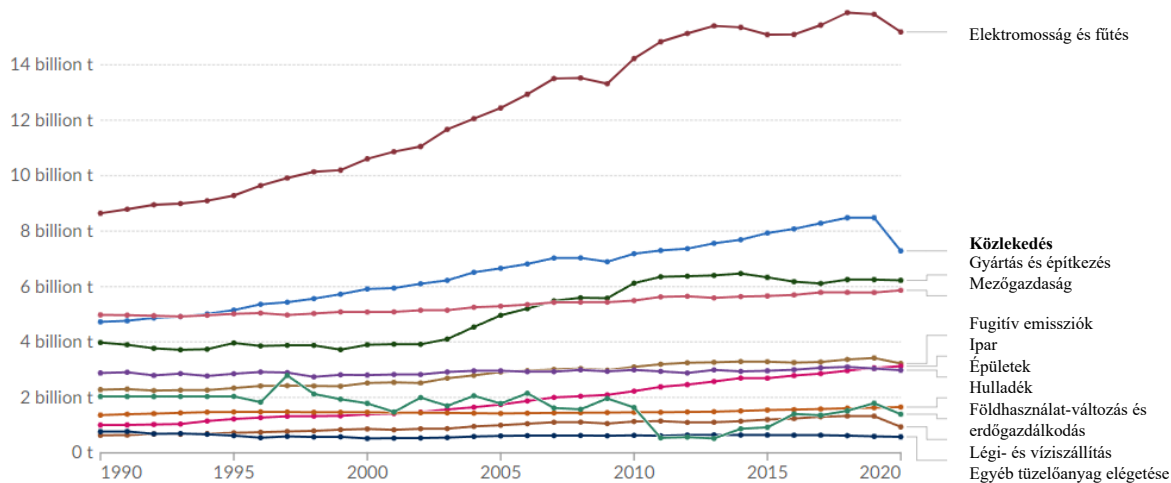


13 ábra: A főbb debreceni bevezetőutak forgalma járműtípusokra bontva (piros: személygépjármű, kék: kistehergépjármű, sárga: nagytehergépjármű, lila: autóbusz
 Forrás: Debrecen Megyei Jogú Város – Teqto Kft., 2023, p 83.

4.2. A kibocsátások pontosabb meghatározása

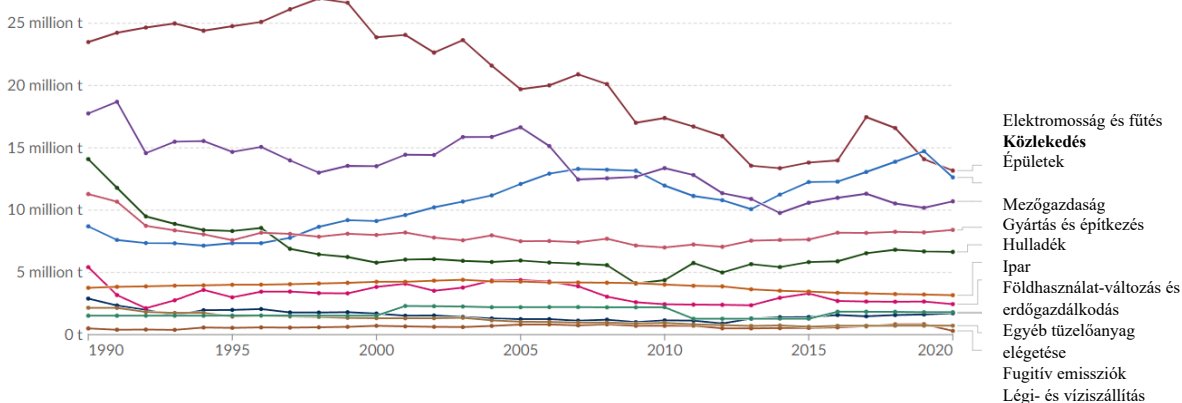
Korunk egyik legnagyobb problémája a környezetszennyezés és a vele járó negatív hatások. A károsanyag-kibocsátásnak egy nagyobb része a közlekedésből származik, viszont a közlekedési eszközök szennyezései között nagy különbségek vannak, így elengedhetetlen ezek vizsgálata (14., 15. és 16. ábra). A légkörünkbe jutó szén-dioxid hozzájárul az üvegházhatás felerősödéséhez és ezzel a globális felmelegedéshez. A felmérések arra mutatnak rá, hogy a közlekedésből származó károsanyag-kibocsátás körülbelül 75%-át a személygépjárművek okozzák (Fontaras et al., 2017). A szennyezés csökkentése érdekében környezetbarátabb alternatívákat kell találni rá (nem motoros közlekedés, tömegközlekedés használata). Egyik ígéretes közlekedési fajta az elővárosi villamos. Az Európai Unióban észrevehető, hogy

átlagosan növekszik a nem fosszilis energiát használó vonatok aránya, a tervezett új tram-train is ezt a tendenciát erősítené.



14. ábra: Az üvegházhatású gázok kibocsátása globálisan szektoronként (tCO₂)

Forrás: Ritchie et al. 2020

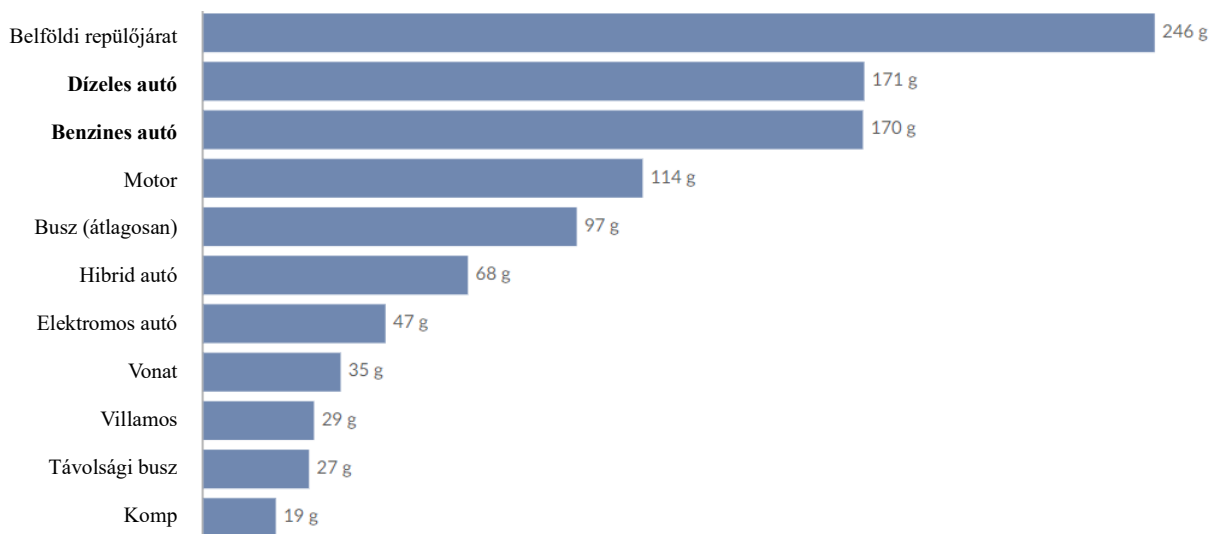


15. ábra: Az üvegházhatású gázok kibocsátása Magyarországon szektoronként (tCO₂)

Forrás: Ritchie et al. 2020

Több kutatást is találtam, melyek a közlekedési eszközök károsanyag-kibocsátását elemzik, ezeknek az eredményei hasonlóak voltak. Mivel a Noussan és munkatársai által 2022-ben felállított adatbázis a legújabb, a legáltalánosabb és a legkedvezőbb mértékegységet használó, ezért ez alapján fogom elemezni a dolgozatomban a szennyezést. Azért előnyös gCO₂/utaskm mértékegységben mérni a kibocsátást, mivel a szennyezést utaskilométerre vetíti így a közlekedési eszközök összehasonlíthatóak. Azért is előnyös a Noussan-ék kutatása mert, meghatározza életciklus-értékeléses és kúttól a keréig történő szennyezéses módszerrel is a kibocsátást. A többi kutatás hasonlósága rámutat arra, hogy ezek az értékeke használhatók, de kisebb felmérések adatai nem általánosak (nem globálisak), vagy nem kedvező

mértékegységben vannak megadva. A későbbiekben a keresztmetszeti forgalomszámlálással nem ezek adatait fogom felhasználni



16. ábra: A közlekedési fajták karbon lábnyomai kilométerenként (gCO₂/utaskm)

Forrás: Ritchie, 2023

Noussan-ék a kibocsátások megállapításánál figyeltek arra, hogy az elektromos áram előállításánál annak szennyező hatásait is feltüntessék. Habár az elektromos áram előállítása is jelentős károsanyag-kibocsátással jár, de így is kedvezőbb feltételeket biztosít a villamosenergiával működő vonat, mint a személygépjárművekkel való közlekedés.

Az előzőekben felvázolt szén-dioxid kibocsátás meghatározásához a következő képletet kell használni: utaskilométer * (gCO₂/utaskilométer). Ezek közül az utaskilométer nagysága kérdéses az egyes útvonalok mentén¹⁹, mert a távolságokat még nem határoztam meg (utaskilométer = utasszám * megtett táv). A távolságok az 15. táblázatban láthatjuk, amiket Google Maps segítségével határoztam meg.

A becsült kibocsátások értékét a 15. táblázatból láthatjuk, az értékek nagyságát a távolság, az utasok száma és a jármű típusa befolyásolja²⁰. A kibocsátás nagysága a Böszörményi úton a legmagasabb, ami főleg abból adódik, hogy itt közlekednek a legtöbben. A Nyíregyháza-Debrecen szakaszt (Kassai utat) azért hagytam ki, mivel az az egyetlen hosszabb útvonal és nem tudhatjuk pontosan, hogy az autók merről érkeznek, így annak értéke nagyon bizonytalan lenne. Itt sokkal valószínűbb, hogy más városokból közlekedők is erre az útra térnek. A többi településnél is lehetséges, hogy máshonnan is érkeznek, de sokkal kisebb rá az esély.

¹⁹ mivel a gCO₂/utaskm már meg lett határozva

²⁰ A személygépjárművek kibocsátását 164 gCO₂/utaskm-nek, míg a buszok kibocsátását 48 gCO₂/utaskm-nek tekintettem

15. táblázat: **Debrecen elővárosainak távolsága és az utak mentén létrejött közúti kibocsátást reggel 6 és 8 óra között**

Helyszín	Debrecentől való távolsága (km)	Beáramló forgalom kibocsátása (gCO ²)	Kiáramló forgalom kibocsátása (gCO ²)
Hajdúböszörmény (Böszörményi út)	11,6	7.696.785,6	3.374.579,2
Balmazújváros (Balmazújvárosi út)	18,8	5.995.771,2	5.172.632
Hajdúszoboszló (Szoboszlói út)	16,4	4.433.851,52	3.488.870,4
Mikepércs (Mikepércsi út)	6,9	2.789.228,4	1.980.603,6
Létavértes (Diószegi út)	16,6	4.701.120	1.849.439,2
Vámospércs (Vámospércsi út)	13,1	3.092.438,4	963.976,6
Hajdúsámson (Sámson út)	7,2	2.541.283,2	1.037.001,6

Forrás: saját számítás Google Maps alapján

Kiszámoltam, hogy a 2 óra folyamán mekkora lenne a kibocsátás, ha csak tram-train-t használnának (16. táblázat)²¹. A táblázatban azt is feltüntettem, hogy a jelenlegi kibocsátáshoz képest milyen változások történtek. A beáramló forgalom kibocsátása kb. 67%-kal, míg a kiáramló forgalom kibocsátása körülbelül 71%-kal csökkenne minden útszakaszon²². Ezek az értékek nagyon kedvezőek, jelentősen csökkenne az elővárosi villamos használatával a szennyezés. Egyértelmű, hogy nem térne át mindenki az elővárosi villamosra, viszont érdekes eljátszani a gondolattal és kiszámolni ezt az értéket.

16. táblázat: **Reggel 6 és 8 óra közötti kibocsátások nagysága, ha mindenki tram-train-nel utazna**

Helyszín	Beáramló forgalom kibocsátása (gCO ²)	Kiáramló forgalom kibocsátása (gCO ²)
Hajdúböszörmény (Böszörményi út)	2.508.465,2 (-67,41%)	964.180,4 (-71,43%)
Balmazújváros (Balmazújvárosi út)	1.895.698 (-68,38%)	1.459.162 (-71,79%)
Hajdúszoboszló (Szoboszlói út)	1.468.226,4 (-66,88%)	957.661,6 (-72,55%)
Mikepércs (Mikepércsi út)	993.648,3 (-64,38%)	566.103,6 (-71,42%)
Létavértes (Diószegi út)	1.458.293,4 (-68,98%)	488.953 (-73,56%)
Vámospércs (Vámospércsi út)	1.006.053,8 (-67,47%)	316.574,6 (-67,16%)
Hajdúsámson (Sámson út)	819.820,8 (-67,74%)	310.219,2 (-70,08%)

Forrás: saját számítás

²¹ A tram-train kibocsátását 43 gCO₂/utaskm-nek vettem.

²² A beáramló forgalom kibocsátása azért csökken kisebb százalékkal, mivel ott arányában több ember közlekedik busszal is, aminek a szennyezése kedvezőbb.

A kibocsátásoknál, habár a tendencia alapján a százalékos változás megközelítőleg állandónak tekinthetjük minden úton, ha a pontos adatokat nézzük, mégis észrevehetjük, hogy egyes helyeken sokkal kedvezőbb értékek alakulnak ki. Ennek az az oka, hogy a személygépjárművekkel és buszokkal utazók száma és a távolság mértéke helyszínenként eltérő. A legnagyobb változtatást a Hajdúböszörményi úton hajtáná végre a tram-train. A reggeli órákban, ha mindenki átállna az elővárosi villamossal való közlekedésre, akkor a két óra folyamán több mint 5.000.000 gCO₂ kibocsátása szűnne meg naponta. Összeségében a személyautók és buszok általi kibocsátás közel 70%-a nem történne meg.

4.3. Egyéb környezetvédelmi szempontok

A közösségi közlekedés egy környezetbarát módja az utazásnak, és így hozzájárul a fenntartható város megteremtéséhez. Az elővárosi villamos megépítése egyértelműen egy fenntarthatóságot szolgáló intézkedés, kiépítése csökkentené a károsanyag-kibocsátást a városban. Emellett az infrastruktúrájának kiépítése nem igényel akkora környezetrombolást, mint az azonos átbocsátóképességű közút.

A világ minden pontján észrevehető a személygépjármű-állomány növekedése. Azt tapasztalhatjuk, hogy a személygépkocsi-állomány Hajdú-Bihar vármegyében majdnem megkétszereződött az előző 20 év folyamán, ez körülbelül 83 ezer autóval jelent többet (*17. táblázat*), ami jelentős károsanyag-kibocsátással és közlekedési torlódásokkal jár. A szennyezés növekedésének másik oka, hogy a személygépjárművek kora egyre magasabb, 35,04%-kal nőtt az autók átlagos kora az utóbbi 20 év során hazánkban (*17. táblázat*). Öröndetes, hogy egyre több az elektromos és hibrid autó, melyek az országos személygépjármű-állomány közel 6%-át tették ki 2023-ben (*17. táblázat*) (KSH, 2024a; KSH, 2024b; KSH, 2024c).

17. táblázat: A személygépjármű-állomány alakulása Hajdú-Bihar vármegyében és Magyarországon.

Tulajdonság	2002	2010	2015	2023
Hajdú-Bihar vármegye személygépkocsi-állománya (db)	114.032 (100%)	139.778 (122,58%)	148.823 (130,51%)	197.301 (173,02%)
ország: személygépkocsi-állomány átlagos kora (év)	11,7 (100%)	11,3 (96,58%)	13,7 (117,09%)	15,8 (135,04%)
ország: elektromos személygépkocsi-állomány (db)	500 (100%)	80 (16%)	342 (68,4%)	41.212 (8242,4%)
ország: hibrid személygépkocsi-állomány (db)	862 (100%)	3.137 (363,92%)	8.290 (961,72%)	198.235 (22997,10%)
ország: (hibrid és elektromos együtt) személygépkocsik aránya (%)	5,1796*10 ⁻² %	1,0781*10 ⁻¹ %	2,7002*10 ⁻¹ %	5,74%

Forrás: KSH, 2024a; KSH, 2024b; KSH, 2024c

Fontos a városokban a zajszennyezés mértékével is foglalkozni. A tram-train nem olyan hangos, mint a közúti közlekedés, ha a közlekedési teljesítményt is számításba vesszük, mivel az egy emberre eső zajszennyezés alacsony. Emellett a tram-train villamos energiát használ városon belül, így nem rendelkezik hangos motorral. Városon kívül könnyen megoldható a zaj erejének csökkentése, viszont városon belül a relatív szűk utcák és a városkép megtartása miatt nehezebb feladat létesíteni valamilyen szigetelő réteget vagy berendezést.

A szakirodalomban említett környezetszennyezési lánc logikáját rá lehet vetíteni a tram-train rendszerre (18. táblázat). Az elmélet lényege jelen esetben, hogy az elhárítási és kezelési módszereket valódi és releváns példákkal alapozzuk meg. A preferencia a motoros közlekedési eszközzel való mobilitás, erre az emberek főként a személygépjárműveiket használják. Ezt elég nehéz megváltoztatni, mégis van pár eszköz a preferencia megváltoztatására. Jelen a helyettesítő termék a tömegközlekedési eszközök valamelyike. A tömegközlekedés habár a legtöbb tényezőben az autózás alatt marad a közlekedés módjának kiválasztásánál, mégis eljuttatja az embert legtöbb esetben a kívánt desztinációjához. Ha ennél a szintnél elhárítjuk az személygépkocsi használatát és ez által a káros-anyagkibocsátást, azaz tömegközlekedést választjuk, akkor sem tekinthetünk el attól, hogy a tömegközlekedés miatt is létrejön káros-anyagkibocsátása, de sokkal kedvezőbb arányban. A technológia szintjén dől el, hogy a pontos kibocsátás milyen mértékű lesz. Ha a tömegközlekedési eszközök közül a tram-train-t választjuk – ami árammal közlekedik – akkor közvetlen helyszíni kibocsátás nem is keletkezik. A város szempontjából így ez az egyik legkedvezőbb közösségi közlekedési lehetőség. Fontos

viszont kijelenteni, hogy a környezet szennyezése ugyan olyan káros bárhol is történjen, így nem jelenthetjük ki, hogy nincs környezetkárosító hatása. Az elektromos áram előállítására valamilyen erőműben kerül sor a várostól távol, és így ott történik meg a szennyezés is. Ez a szennyezés utaskilométerre számítva viszont még mindig kedvezőbb, mint az autózásnál.

18. táblázat: **A szennyezési lánc alkalmazása az externália elhatárolási módjai a tram-train rendszer bevezetése esetén**

A szennyezési lánc logikai elemei	Az externália kezelési, elhárítási módja	Tram-train rendszer esetén a szennyezési lánc logikai elemei
preferenciák (kereslet)	preferenciák megváltoztatása	Gyalogos és kerékpáros közlekedés támogatása, népszerűsítése, zöld adók kivetése, oktatással elért környezettudatos lakók
termék	helyettesítő termék választása	tömegközlekedés használata az autózás helyett
technológiai (a szennyezőanyag létrejön)	adott termék gyártási fogyasztási technológiájának megváltoztatása	az új rendszer technológiailag fejlettebb, kialakításában nagyobb hangsúlyt fektet a környezetkímélő működésre, mint a többi közösségi közlekedési lehetőség
emisszió (a szennyezőanyag kilép a környezetbe)	„csővégi”, kiegészítő környezetvédelmi technológiák alkalmazása	-
terjedés	a terjedés manipulálása	-
kitettség – imisszió (a szennyezőanyag koncentrációja az „áldozat”, közelében)	a szennyezőanyag kivonása, mennyiségének csökkentése az adott környezeti elemekben	-
dózis (a szennyezőanyag a szervezetben)	egyéni, helyi védelem: a szennyezőanyag szervezetbe jutásának megakadályozása	-
hatás (a szennyezőanyag hatására bekövetkező változás)	gyógyítás, helyreállítás: a hatás kezelése	-
kár (a hatás közgazdaságtani eredménye)	kártérítés, a hatást elszenvedő kompenzálása	-

Forrás: Bartus – Szalai, 2014 alapján saját kiegészítéssel

4.4. Műszaki jellemzők – a tram train előnyei

Fontos vizsgálni azt, hogy a tram-train rendszer mennyire kompatibilis a jelenlegi villamos és vasúti hálózattal, milyen sajátosságokkal rendelkezik és milyen kihívásokkal jár a két rendszer műszaki összehangolása. Dolgozatomban nem cél a műszaki jellemzők átfogóbb ismertetése, de fontos felvázolni néhány tényezőt, hogy teljes képet kapjunk az elképzelt rendszerről. A műszaki jellemzők további pontosítása a megvalósítás fázisában történhet.

Az általam megálmodott elővárosi villamos rendszer hagyományos módon normál nyomtávú síneken (1435 mm) közlekedne. A városban a villamosnál a megszokott 600V-os egyenáramot használná, városon kívül is elektromossággal közlekedne a károsanyag-kibocsátás csökkentése érdekében, 25.000 V váltóárammal²³. Fontos, hogy a két rendszer (vasút és villamos) sajátos közlekedési előírásait és szabályait mindkét vonalon be tudja tartani, a tram-train, megfelelően tud kommunikálni a közlekedési berendezésekkel/rendszerrel, megfelelő jelző-, vezérlő- és távközlési berendezésekkel rendelkezik stb. Emellett fontos a két rendszert úgy összekötni, hogy az esetlegesen létrejövő késések ne torlódjanak át egy másik közlekedési nem vonalára.

A dolgozatban tervezett tram-trainhez műszakilag két hasonló rendszer működik Magyarországon, a HÉV és a Szeged-Hódmezővásárhely között működő tram-train. A HÉV járművei nem számítanak tram-trainnek, habár funkcióiban és jellegében megegyeznek azzal. A HÉV járművei nem tudnak funkcionálisan közlekedni a nagyvasúti vonatok és városi villamosok között, mivel a HÉV által használt feszültség nem egyezik azokéval, illetve a jelzőberendezései nem tudnak kommunikálni a vasúti rendszerrel. Tehát a HÉV saját pályát igényel (vagy átalakításokat), ami miatt költségesebb, mint tram train. A Szeged-Hódmezővásárhely közötti tram-train szinte teljesen megegyezik a Debrecen és vonzaskörzetébe tervezett tram-trainnel, viszont abban különbözik, hogy az a városok között dízel üzemű, mert a két város közötti vasút nincs villamosítva.

A forgalomszámlálás adatai és a tram-train követelményei miatt, a legvalószínűbb, hogy Debrecen-Hajdúböszörmény vonal valósul meg.

A jelenlegi rendszer kiépítésénél az Alstom Citadis Dualis jármű használata egy jó opció lehetne. Ezek a járművek megfelelőek lennének a tervezett rendszerre, típusoktól függően 307-380 főt képesek befogadni, emellett kerekesszékeseknek és kerékpárosoknak is van kialakítva

²³ A magyar vasúti hálózat 25.000 V, 5 Hz váltakozó áramot használ. A villamosok és trolibuszok városon belül 600 V egyenárammal működnek (Lenzsér – Reider, 2017b).

külön hely és egyes fajták még mosdóval is rendelkeznek. Képesek elérni a 100 km/h sebességet és 42 vagy 52 méter hosszúak fajtától függően (Alstom, 2017).

4.5. A közösségi közlekedés preferenciái

Az autók elterjedése nem egyértelműen negatív jelenség, hisz megteremtik az emberek számára a közlekedési szabadságot és kielégítik a mobilitásra való igényüket. A szuburbanizációs folyamatok következménye miatt Debrecenben egyre nagyobb igény van a mobilitásra. A közösségi közlekedés fejlesztése során egy újonnan épített tram-train rendszer akár versenyképes alternatívának is bizonyulhat, ha az emberek preferenciáihoz van igazítva.

Kijelenthető, hogy hazánkban az emberek nagyrésze a személygépjárműveket preferálja²⁴, gyakran egy családon belül többet gépkocsi is van. Nehéz feladat, úgy kialakítani a tram-train-t, hogy mint helyettesítő versenyezni tudjon az autóval.

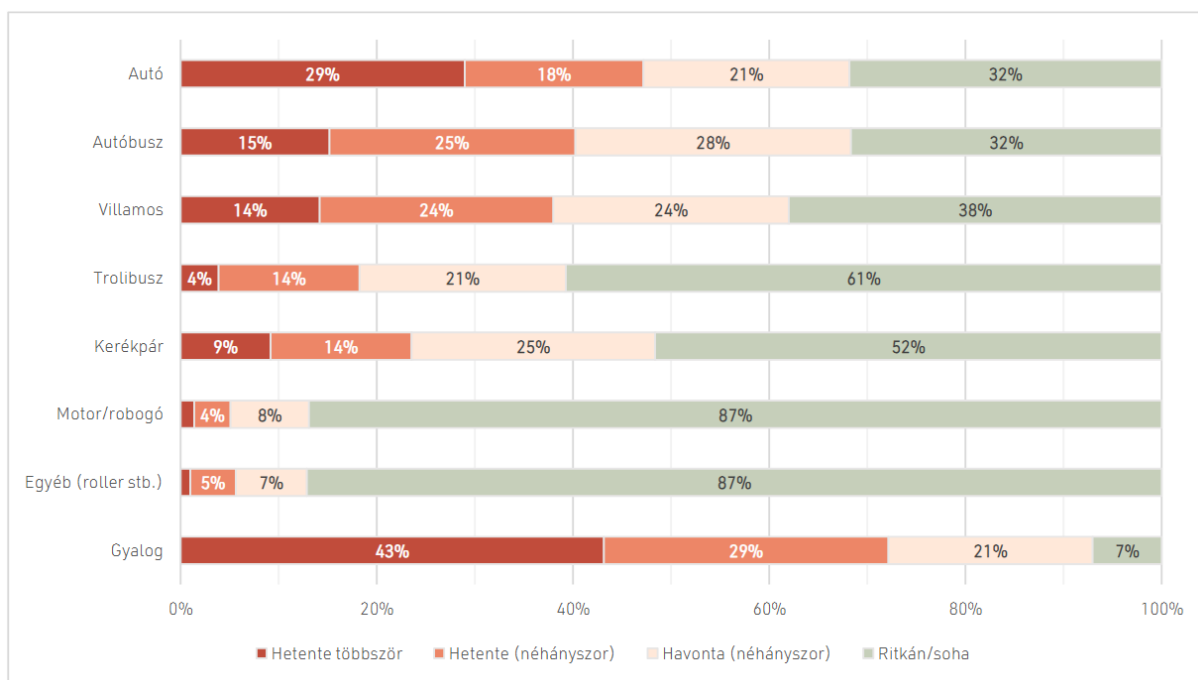
A közlekedés egyik legfontosabb aspektusa az idő, és így a sebesség. A tram-train a személygépjárművekhez hasonló sebességgel tud közlekedni a városok között és városon belül egyaránt. Az elővárosi villamosok városon belül 50 km/h-val közlekednek, míg városon kívül, ha engedi az infrastruktúra, akkor akár 100 km/h-val is közlekedhetnek. Egyik legnagyobb erőssége, hogy a reggeli torlódások kisebb mértékben érintik, mert saját kötött pályával rendelkezik. Mivel nagyobb tömeg szállítására képes, ezért érdemes hozzájuk igazítani a közlekedési lámpákat, hogy a közúti közlekedés torlódása ne befolyásolja a tram-train-t. Habár a pályáján gyorsabban közlekedik, de nem valósul meg a háztól házig való utazás, ami az egyén szemszögéből nem kedvező. Ezt azonban egy jó helyre megtervezett pályával és egy jól kiépített járdarendszerrel lehet valamilyen módon orvosolni. Kijelenthető, hogy a tram-train gyorsasága tud versenyezni a közúti közlekedésével, viszont csak akkor, ha megfelelően van kialakítva az infrastruktúrája.

A közösségi közlekedés esetében elengedhetetlen az, hogy egy vonzó képet mutasson az utasoknak, azaz fontos elkerülni a zsúfoltságot, figyelni kell a kényelemre. Manapság ezek a járművek már megfelelően kényelmesek, a zsúfoltság elkerülése érdekében sűrűn kell járatni őket. Az elővárosi villamosokat érdemes tehát kényelmi funkciókkal – világító, hőmérsékletszabályzó és levegőztető rendszerek – is ellátni, hogy vonzóbbá tegyék az emberek számára.

Debrecen Fenntartható Városi Mobilitási Tervében (2024) (17., 18. ábra) található adatok alapján az autóval, autóbusszal, villamossal való közlekedés és a gyaloglás a legnépszerűbb közlekedési fajták. Ezek közül pedig a legtöbbet gyalognak és személygépjárművet

²⁴ Ezt az állítást végzett keresztmetszeti forgalomszámlálás is bizonyítja.

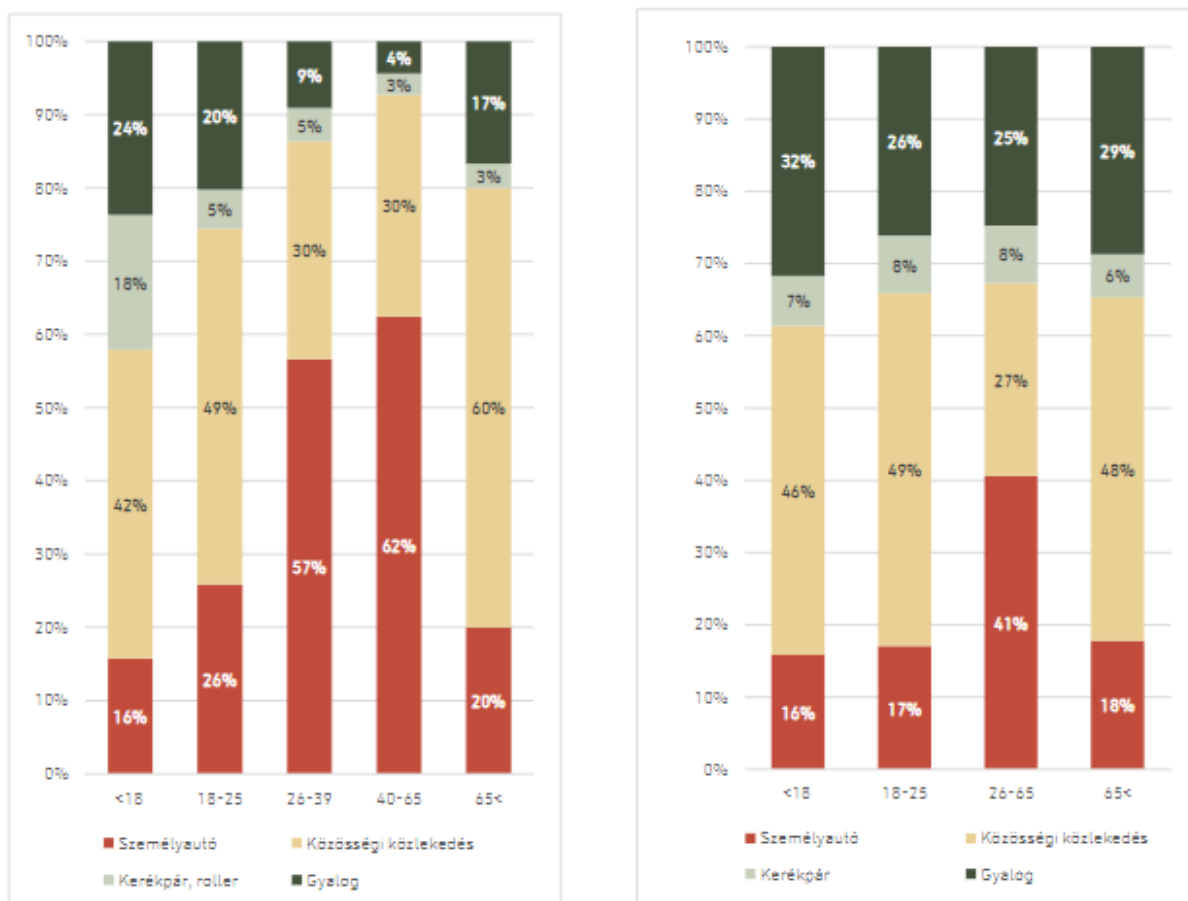
használnak az emberek. Korcsoportonként is elemezték a debreceniek közlekedési szokásait. A reggeli első utat korcsoportonként általánosan személyautóval vagy közösségi közlekedéssel teszik meg. A 26 és 65 év közötti korosztály főként autóval közlekedik, míg a többi korcsoport a közösségi közlekedést preferálja. Sokkal kedvezőbb adatokat kapunk azonban, ha az egész napi utazásokat vizsgáljuk²⁵. Itt már csak a 26-56 év közöttiekénél dominál a személygépjárműhasználat, a többi korcsoportban a közösségi közlekedés a legnépszerűbb.



17. ábra: Közlekedési módok használatának gyakorisága a Debrecenben rendszeresen közlekedők körében

Forrás: Debrecen Megyei Jogú Város – Teqtos Kft., 2023, p 75.

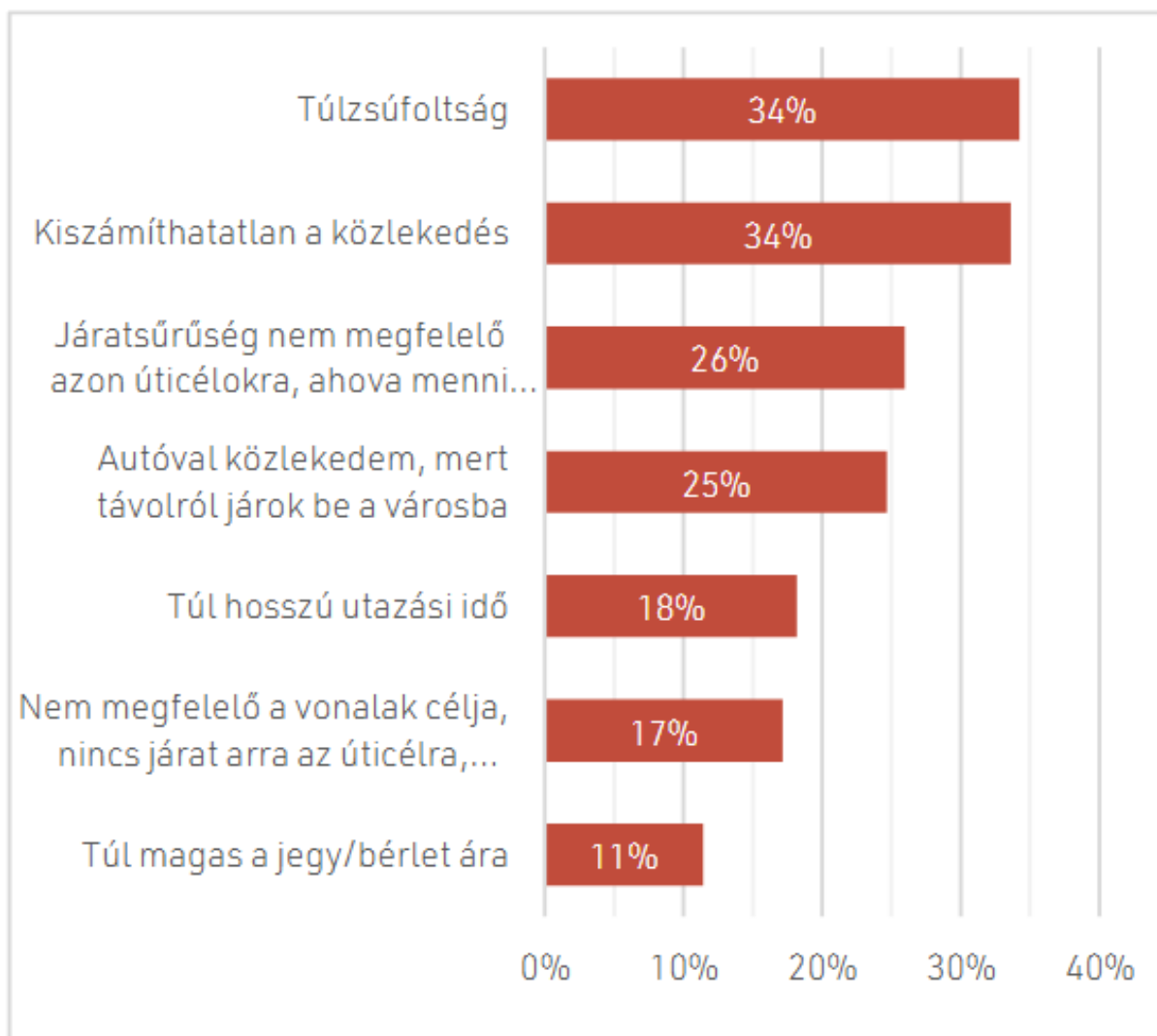
²⁵ A Debrecenben rendszeresen közlekedők szokásainak elemzésénél fontos kiemelni, hogy az első út vizsgálata 2023-ban készült el, míg az általános elemzés 2011-ben



18. ábra: A Debrecenben rendszeresen közlekedők napi első útjának közlekedési módja korosztályokra bontva, 2023 (bal oldal) és a napi rendszerességgel Debrecenben belül közlekedők módváltása korosztályokra bontva, 2011 (jobb oldal)

Forrás: Debrecen Megyei Jogú Város – Teqtos Kft., 2023, p 74.

A mobilitási tervben elemzik a közösségi közlekedés elutasításának okait a rendszeres személygépjármű használók körében (19. ábra). Ennek ismerete fontos egy új közösségi közlekedés kialakításánál, mert ha sikerül a problémákat megszüntetni vagy enyhíteni, akkor növekedhet a közösségi közlekedést használók száma. Legnagyobb problémának a túlszűfolttságot, a kiszámíthatatlan közlekedést és a járatsűrűséget találták. Emellett a lakóhelyük távolsága is fontos tényező volt. Kisebb mértékben találták hibának az utazási időt és a vonalak nem megfelelő kialakítását. A jegyek árát kevesen gondolták magasnak. Egy rendszeresen közlekedő tram-train ezek közül több hibát is enyhíteni tudna. Megfelelő működtetéssel, kialakítással és járatsűrűséggel megoldhatnak túlszűfolttságból, kiszámíthatatlanságból, járatsűrűségből és utazási időből származó kellemetlenségeket.



19 ábra: A közösségi közlekedés használat elutasításának okai a rendszeres személygépjármű használók körében

Forrás: Debrecen Megyei Jogú Város – Teqtos Kft., 2023, p 93.

A közlekedés kiválasztásánál fontos szerepet játszik a biztonság. A személygépjárművek a vonatokhoz képest sokkal veszélyesebbek. 2023-ban körülbelül 190-szer több közúti baleset volt, mint vasúti közlekedési baleset (19. táblázat). A sérültek száma (kb. 750-szer) és a halálos áldozatok száma (kb. 9-szer) is nagyobb a közúton, mint a vasúton (beleszámítva az öngyilkosságokat is). A vasúti közlekedés sokkal biztonságosabb a közútinál (KSH, 2024d).

19. táblázat: A közúti- és vasúti közlekedési balesetek összehasonlítása 2019-2022 között

Év	Személy sérüléses közúti közlekedési balesetek			Vasúti közlekedési balesetek		
	összesen (db)	halálos áldozatok száma (db)	sérült személyek száma (db)	összesen (db)	halálos áldozatok száma (db)	sérült személyek száma (db)
2019	16627	602	21596	181	87	46
2020	13778	460	17716	98	34	38
2021	14233	544	18599	102	48	39
2022	14748	537	19546	99	70	48
2023	14452	472	18746	76	50	25

Forrás: KSH, 2024d

A szennyezés csökkentését lehetne zöld adókkal is támogatni. A zöld adók kivetése az üzemanyagra, vagy egyéb személygépjármű használatához köthető dologra csökkentené annak használatát, és nőne a közösségi közlekedés használatának hajlandósága. A zöld adók kivetésével párhuzamosan lehetne csökkenteni a közösségi közlekedési jegyek árát, ezzel méginkább a tömegközlekedés felé terelve a lakosságot.

Az elővárosi villamost használók körében várhatóan lesznek olyanok is, akik eddig személygépjárművet használtak. Ebből a rétegből lehet vannak olyanok, akik messzebb laknak a vonaltól, illetve olyan városból érkeznek, amit nem érint vonal, de mégis kedvező lenne használniuk azt. Számukra lehetne P+R rendszert is létesíteni, hogy még több ember tudjon áttérni erre a közösségi közlekedési formára.

4.6. Szuburbanizáció Debrecenben

Debrecen körülbelül 30 éve lépett a szuburbanizációs városfejlődési szakaszba. Az ezzel járó közlekedési gondokat Debrecenben tram-trainnel lehetne enyhíteni. Az új közösségi közlekedés forma kiépítése előtt fel kell térképezni a debreceni helyzetet, mivel a szuburbanizáció jellemző hatásai mindenhol kicsit másképpen jelennek meg.

Fontos megismerni a város jellemzőivel és sajátosságaival, mivel azok is nagy szerepet játszanak abban, hogy a szuburbanizáció hatásai miképpen jelennek meg. Debrecen az Alföldi régió és a Kárpát-medence egyik meghatározó kulturális és gazdasági központja. Így nem csak az országban, hanem az alföldi régió országaiban is érzhető a vonzása (EDC Debrecen Nonprofit, 2023).

A szuburbanizációs folyamatokra Debrecen sok esetben még nem tudott reagálni. A város vonzáskörzete jelentős, a 12 közeli településsel (Bocskai kert, Ebes, Hajdúbagos, Hajdúhadház, Hajdúsámson, Hosszúpályi, Mikepércs, Monostorpályi, Nyírmártonfalva, Sáránd, Téglás és

Vámospércs) alkot egységet. Ezeken felül külső településekkel is szoros kapcsolatot ápol, melyek Hajdúböszörmény, Balmazújváros, Derecske, Létavértes és Nyíradony (20. táblázat).

A 2011-es népszámlálás adataiból láthatjuk, hogy Debrecenbe 21 ezer fő ingázik, a Debrecenből ingázók száma közel 8 ezer fő. Ezek az adatok azonban már több mint 10 évesek, új felmérés azóta nem készült (EDC Debrecen Nonprofit, 2023).

A népességváltozások vizsgálata előtt figyelembe kell venni azt, hogy Magyarország népessége évtizedek óta egyre kevesebb. Debrecenben egy nagyobb 5,4%-os népességcsökkenést figyelhetünk meg az elmúlt évtized során. A belső vonzaskörzetének lakossága viszont 2,3%-kal nőtt, amit nagyvalószínűséggel a Debrecenből elvándorló emberek tesznek ki. Megfigyelhető nagyobb népességnövekedés Bocskai kertben, Hajdúsámsonban és Mikepércsen, míg Nyírmártonfalván és Vámospércsen egyfajta csökkenést. A többi város lakossága nagyjából stagnál. A munkahelyek, szolgáltatások és kulturális lehetőségek Debrecenben koncentrálnak és emiatt jön létre az ingázás, aminek melléktermékei a közúti torlódások és a közösségi közlekedés túlterhelése (20. táblázat).

20. táblázat: **Debrecen és vonzaskörzete lakosságának alakulása 2011 és 2022 között**

Városok	Lakosság 2011-ben (fő)	Lakosság 2022-ben (fő)	Változás 2011- hez képest
Debrecen	211.320	199.858	-11.462 (-5,4%)
A 12 város együtt vizsgálva	63.886	65.379	+1.493 (+2,3%)
Bocskai kert	3.163	3.957	+794 (+25,1%)
Ebes	4.494	4.671	+177 (+3,9%)
Hajdúbagosa	1.978	1.963	-15 (-0,8%)
Hajdúhadház	12.588	12.648	+60 (+0,5%)
Hajdúsámson	13.128	14.000	+872 (+6,6%)
Hosszúpályi	5.787	5.514	-273 (-4,7%)
Mikepércs	4.494	5.276	+782 (+17,4%)
Monostorpályi	2.151	2.106	-45 (-2,1%)
Nyírmártonfalva	2.075	1.856	-219 (-10,6%)
Sáránd	2.249	2.178	-71 (-3,2%)
Téglás	6.432	6.163	-269 (-4,2%)
Vámospércs	5.347	5.047	-300 (-5,6%)
Külső szoros településeggyüttest vizsgálva	72.771	68.735	-4.036 (-5,55%)
Hajdúböszörmény	31.725	29.374	-2.351 (-7,4%)
Balmazújváros	17.573	16.994	-579 (-3,3%)
Derecske	8.922	8.327	-595 (-6,7%)
Létavértes	6.966	6.771	-195 (-2,8%)
Nyíradony	7.585	7.269	-316 (-4,2%)

Forrás: KSH 2011, KSH 2014, KSH 2022

4.7. TOD – tranzit orientált fejlődés

A rendszer kiépítésénél foglalkozni kell a TOD-val, mert alapelveinek követésével fenntartható módon lehet a várost fejleszteni. A tram-train létesítésével a TOD elveit párhuzamosan lehet megvalósítani. Az irányelvek megfelelő használatával fel lehet erősíteni a tömegközlekedés pozitív hatásait, a szuburbanizációval és autófüggőséggel járó problémákat pedig csökkenti.

A tranzitorientált fejlődésre, mint városfejlesztési modellre is lehet gondolni. Ahogy már írtam, a megállók környékén felélénkül a város, így pontosan meg lehet tervezni a fejlődés irányát, sőt a város egyik fejlődési tengelyét adja. Mindez esetünkben igen kedvező, mert már létezik Debrecenben a villamoshálózat, így ott már ezeket a tervezéseket elvégezték. Ezt a városfejlesztési tengelyt csak tovább erősítené a tram-train. Mivel Hajdúböszörményben még nem létezik villamos, így az ottani nyomvonal meghatározása nagyobb átgondolást igényel: nem csak a fejlődési tengelyt kell figyelembe venni, hanem meg kell vizsgálni hol férne el a pálya, illetve milyen a városfejlesztési tervek vannak.

Fontos a pontos helyszín kiválasztása és az, hogy a megállók környéke többfunkciósan legyen beépítve, mivel a TOD ilyen helyeken fejti ki a legnagyobb hatását. Éppen ezért elengedhetetlen a megfelelő gyalogos infrastruktúra kiépítése is. Debrecen Fenntartható Városi Mobilitási terve (2024) elkészítésekor felmérte a városban a gyalogosokat zavaró tényezőket, illetve a gyalogosok által preferált megoldásokat. A válaszok alapján a kerékpáros konfliktusok, a lámpák előtti várakozás és a járdák minősége jelenti a legnagyobb gondot a gyalogosoknak.

A tram-train a megállók környékén lévő üzletekre pozitív hatást fog kifejteni. Ha a szuburbanizációs terjeszkedés miatt létrejött ritkábban lakott területeken létesül egy megálló, akkor a TOD hosszú távon a megállók környékében sűrűbbé teszi a várost.

A tram-train lényege az, hogy az átszállásokat minimalizálja, de ezt nem lehet mindig elkerülni. Azt is észrevették, hogy a hatásokat az erősítette, ha két tömegközlekedési fajtára átszállási lehetőség van. Így fontos, hogy egyes megállók környékén lehetőség legyen busszal vagy trolival tovább közlekedni.

A szakirodalmi részben leírtam, hogy a TOD-t lehet elemezni a „4D” vagy „5D” elv alapján. Az „5D” a távolság, sűrűség, sokszínűség, tervezés és úti cél kifejezésekből ered. Az eddig vizsgálatok alapján a tram-train vonalat Debrecen és Hajdúböszörmény között lenne a legelőnyösebb megépíteni. Ezt az „5D” alapján elemzést foglalom össze a *21. táblázatban*.

21. táblázat: A Debrecen-Hajdúböszörmény vonal „5D” szerinti elemzés

„5D” elv alapján elkövetett elemzés	Debrecen-Hajdúböszörmény tram-train vonala
távolság (distance)	A két város egymástól relatív közel fekszik, táblától tábláig körülbelül 11,6 km-re (ha Józsát különállónak tekintjük). A tervezet vonal hossza kicsivel több lenne 20 km körüli, amit a végső kiépítésnél lehetne pontosan meghatározni (ebből a debreceni villamoshálózat szinte már teljesen ki van építve)
sűrűség (density)	A városokon belül a tram-train a két település legsűrűbben beépített területén közlekedik.
sokszínűség (diversity)	A tram-train a jelenlegi debreceni villamoshálózatot használná. Így azok a részek tudatosan a legelőnyösebb és leghatékonyabb módon vannak beépítve.
tervezés (design)	A tervezés során a helyi körülményeket, a külföldi és hazai tapasztalatokat kell megvizsgálni és azok alapján a TOD alapelvei szerint kell létrehozni a vonalt.
úti cél (destination)	A tram-train fő feladata a két város közötti ingázók közlekedésének kiszolgálása, de ezek mellett a városon belüli közlekedési igényeket is kielégíti.

Forrás: saját szerkesztés

4.8. Az új rendszer bérletzónái

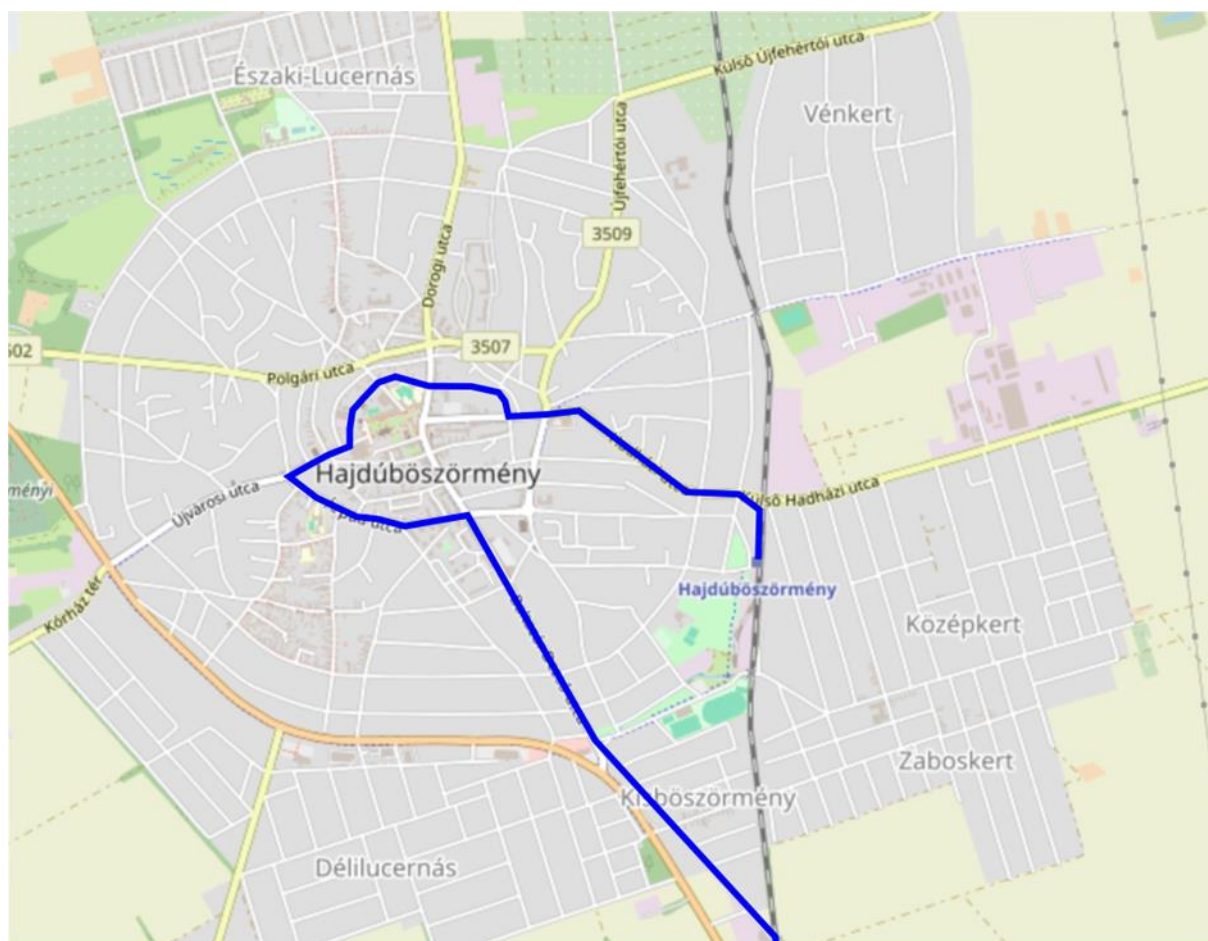
A dolgozatomban nem foglalkozik az építés költségeivel és az árakkal, de meghatározom, hogy milyen módon lenne a legkedvezőbb a közösségi közlekedési bérletek kialakítása. A tarifákat úgy kell meghatározni, hogy az adott helyen alkalmazott rendszerrel kompatibilis legyen.

3 fajta zónát javaslok a Szeged-Hódmezővásárhely vonalhoz hasonlóan. Városon belüli használatnál DKV bérlet lenne érvényes, a kisebb városon belüli részre egy másik fajta bérlet, illetve egy bérlet, ami az egész vonal használatára feljogosítana, azaz ez a 3 fajta a debreceni-, a hajdúböszörményi- és a teljes szakaszt érintő zóna lenne. Azt a bérletet, amivel az egészet lehetne használni, DKV bérletes kombinációjával is lehetővé tenném. Ezek mellett egyértelműen lennének kedvezményes bérletek, amiket a DKV kedvezményekhez hasonlóan alakítanának ki. A Szeged-Hódmezővásárhely vonal teljes szakaszán érvényes az országbérlet használata, így ezen a vonalon is ajánlott.

5 KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A primer és szekunder kutatásaim eredményeiből egyértelműen az következik, hogy Debrecen-Hajdúböszörmény vonal a legforgalmasabb, így ide lenne a érdemes kiépíteni a tram-train vonalat.

A Böszörményi út mentén volt a legnagyobb az elővárosi forgalom, itt közlekedtek a legtöbben személygépjárművel és busszal. A régebbi felmérésekhez képest itt észrevehető a forgalom növekedésének tendenciája. A nagy forgalom miatt itt lehetne a legnagyobb mértékben csökkenteni a környezetterhelést. A reggeli órákban, ha mindenki átállna az elővárosi villamossal való közlekedésre, akkor a két óra folyamán több mint 5.000.000 gCO₂ kibocsátása szűnne meg. Összeségében a személyautók és buszok általi kibocsátás közel 70%-a nem történne meg.

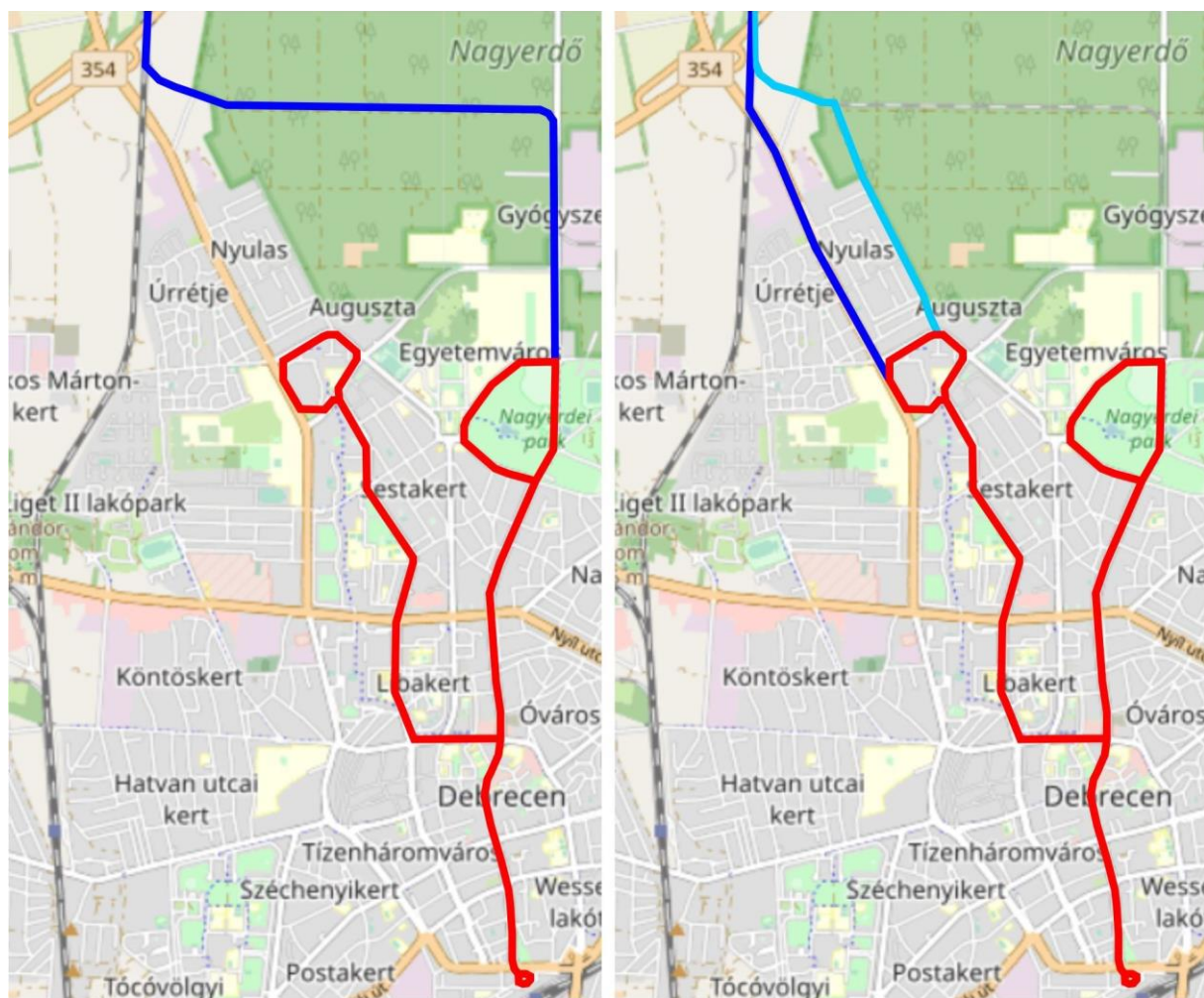


20. ábra: Hajdúböszörmény tram-train vonala

Forrás: saját szerkesztés

Hajdúböszörmény városszerkezete tipikus hajdúváros, körkörös felépítésű. A város ezt a kialakítást a mai napig meg tudta tartani. A később épült vasútállomás messze található a városközponttól, a külső körgyűrű mentén. A tram-train kiépítése tökéletes megoldás lenne,

mert így a lakók megspórolnák a vasútállomásra való utazás idejét, illetve a csatlakozásokra várást. A hajdúböszörményi szakasz kiépítését úgy ajánlom, hogy érintse a Debrecen-Hajdúböszörmény buszvonalát, ezzel nagymértékben lefedje a busszal közlekedők jelenlegi igényeit. Ezek mellett a kialakításnál azt is szemügyre vettem, hogy a város központját, iskoláit és szolgáltatásai is érintse. A vasút sínről még az állomás előtt letér a tram-train, majd csak a belvároson keresztül éri el a vasútállomáson a végállomását. A vonal létesítése sokkal jobban lefedi a város centrumát, mint a jelenleg közlekedő Volán buszok, illetve MÁV vonatok. A hajdúböszörményi adottságokat mélyebben nem elemeztem, így az ott lévő igényeket mélyebben kutatni kell (20. ábra).



21. ábra: Debrecen tram-train vonala (piros – jelenlegi villamospálya, sötétkék és világoskék – tervezett tram-train kiegészített pályája)

Forrás: saját szerkesztés

A Debrecen-Hajdúböszörmény vonal debreceni szakaszát többféleképpen lehetne megvalósítani. A tervek között a szembetűnő különbség az, hogy az 1-es vagy a 2-es villamos vonalán közlekedik-e.

Az 1-es villamossal oly módon lehet összekötni (21. ábra, bal oldali térkép), hogy a Józsa után a Nagyerdőn keresztül a Teva Gyógyszergyár sínjein közlekedik. Ha ezt a sínpart meghosszabbítjuk egy körülbelül 800 méterrel, akkor könnyedén hozzá tudjuk kötni az 1-es villamoshoz a Klinikák megállónál. Ennek a kiépítési költsége igazán alacsony lenne, viszont itt is fennáll, az a kérdés, hogy a természetvédelmi területet milyen súlyosan rombolná.

Ha a 2-es villamossal akarjuk összekötni (21. ábra, jobb oldali térkép sötétkék jelzés), akkor két opciót ajánlok. Egyik lehetőség, ha Józsa után a Böszörményi úton vezetjük végig a vasutat. A Böszörményi út szélessége megfelelő az elővárosi villamos létesítéséhez (szerviz utakkal is rendelkezik, így a szélességgel nem lenne gond), egyes részein régen futott egy villamos is. Az Árpád Vezér Általános Iskola megállónál csatlakozna be a jelenlegi 2-es villamos vonalára. Ez viszont így nem érintené az egyetem Főépületét, csak a Böszörményi úti Campust szolgálná ki. Másik megoldás (21. ábra, jobb oldali térkép világoskék jelzés), ha a Józsa-i megálló után a Nagyerdő felé vezető sínen közlekedne (Teva Gyógyszergyár sínje), majd a Kartács utcán térne rá (pont a természetvédelmi terület előtt). A Kartács utca után megint be lehet vezetni a 2-es vonalba viszonylag egyszerűen, ezzel elkerülve a Böszörményi utat.

Józsát földrajzi területi adottságai miatt csak érinteni lehet. A városrész a jelenlegi sín útjával pont ellentétesen terjed ki. A szerkezete igen sűrű lakóházakból áll, így csak házak lebontásával lehetne elérni, hogy bevezessük a pályát több megállóval.

A későbbiekben a rendszert többfajta módon lehetne továbbfejleszteni. Az általam előzőleg említett alternatív vonaltervek közül a meg nem valósított opciót is meg lehetne építeni. Ha egy olyan hasonló vonalat építenének ki, ami másik villamosvonalra csatlakozna, az megfelelően diverzifikálná az utazási opciókat. A másik lehetőség az lenne, ha egy másik vonalat is megvalósítanánk.

ÖSSZEFOGLALÁS

A tram-train (magyarul elővárosi villamos) egy olyan modern közlekedési forma, ami a városon belüli, illetve a település elővárosi forgalmát is szolgálja. Működésének lényege, hogy városok között a vasúti síneken közlekedik, majd villamosként halad tovább a város szélétől a centrumba, így elkerülve az állomáson való átszállást. Az átszállás hiánya meggyorsíthatja a tömegközlekedéssel közlekedők útját. Egy gyors és környezetbarát közlekedési alternatíva, ami saját pályát használ, így elkerüli a közlekedési torlódásokat is.

A Debrecenben végbemenő fejlesztések és a szuburbanizációs folyamatok következtében a város kiterjedt vonzáskörzettel rendelkezik, így növekszik a város közútjainak terhelése. Dolgozatom általános célkitűzése, hogy felméréseim alapján bemutassam azt, hogy érdemes-e Debrecenben egy elővárosi villamost kiépíteni. Ehhez meg kellett vizsgálnom az elővárosi forgalmat, amit keresztmetszeti forgalomszámlálással, illetve a buszok telítettségének mérését folthatás módszerrel állapítottam meg. A méréseket a városba vezető legforgalmasabb utak mentén végeztük el. Debrecen vonzása van olyan mértékű, amire külön figyelni kell és a zökkenőmentes közlekedést szolgálna egy tram-train vonal kiépítése. Ezen kívül a város közlekedési rendszereinek modernizálása kulcsfontosságú a gazdasági fejlődés fenntartásához is. A rendszer versenyképesebbé teheti a tömegközlekedést a személyautóval való közlekedéssel szemben, így ösztönözve a lakosságot a fenntarthatóbb közlekedési alternatívák használatára. A tram-train integrálható a meglévő közlekedési hálózatokkal, így javítva a közlekedési kapcsolódásokat és az utazási élményt.

A szekunder és primer adatok összegyűjtését követően átfogóan elemeztem a témát. A primer kutatásom rámutatott arra, hogy a jelenlegi forgalom mellett hol lenne érdemes kiépíteni a tram-train rendszert. A legfontosabbnak azt tartottam, hogy a környezetterhelés mértékének csökkenését is meghatározzam (gCO_2), amit minden felmért út mentén a szakirodalom adatai alapján becsültem meg. A környezetvédelmi szempontok kiemelt figyelmet érdemelnek, mivel a fenntartható közlekedés elérése érdekében elengedhetetlen a szennyezőanyag-kibocsátás minimalizálása. A tram-train hozzájárul a városi életminőség javulásához is, így elősegítve a zöldebb városi környezet kialakítását.

Megkérdőjelezhetetlen, hogy Debrecen közlekedési infrastruktúráját fejleszteni kell. A tram-train megvalósítása egy olyan átfogó fejlesztés lenne, ami nagyban javítaná a közlekedés gördülékenységét a közúton, mivel Debrecen és vonzáskörzetének forgalmát is kielégítené. Kiépítése költségesebb, mint a jelenlegi buszjáratok sűrítése, viszont ez a közútról nagy mértékben leterelné az ilyen irányú forgalmat és jelentősen csökkentené a légszennyezést.

SZAKIRODALMI JEGYZÉK

1. Abdullahi, S. – Pradhan, B. – Mansor, S. – Shariff, A. R. M. (2015): GIS-based modeling for the spatial measurement and evaluation of mixed land use development for a compact city. *GIScience & Remote Sensing*. Volume 52. Issue 1. pp. 18-39.
2. Alstom (2017): Citadis Dualis, https://www.letbaner.dk/docs/Faktaark_ALSTOM-Citadis-Dualis.pdf?fbclid=IwAR2gBB60tGzeS3qZEsbHrY4358QMaHJ08YOvywUQND0Qz4SLOiGdGm7J-8I., (letöltve: 2024.10.03)
3. Bajmócy, P. – Györki, A. (2012): A szuburbanizáció virágkora és hanyatlása Magyarországon. *Településföldrajzi Tanulmányok*. Issue 1. Volume 2. pp. 1-17.
4. Bartus G. – Szalai Á. (2014): *Környezet, jog, közgazdaságtan*. Pázmány Press, Budapest, 375p
5. Boray, T. – Hegazi, M. – Hoffrichter, A. – Lovegrove, G. (2024): Technical Feasibility of a Hydrail Tram–Train in NA: Okanagan Valley Electric Regional Passenger Rail (OVER PR). *Sustainability*. Issue 16. Volume 3042. pp 1-18.
6. Calthrope, P. (1993): *The Next American Metropolis: Ecology, Community, and the American Dream*, Princeton Architectural Press, New York, 175p
7. Cervero, R. (2006): Office Development, Rail Transit, and Commuting Choices. *Journal of Public Transportation*. Volume 9. Issue 5. pp. 41-55.
8. Crosbee, D. – Allen, P. (2015): Development of a Tram-Train wheel profile for dual-operation running. pp. 1-16. In: I. International IMechE Stephenson Conference. University of Huddersfield Repository, London, április 21-23.
9. Dauby, L. – Skonieczki, P. – Nys, A. – Amsler, Y. (2016): REGIONAL AND SUBURBAN RAILWAYS MARKET ANALYSIS UPDATE, Foster Rail, Belgium, 50p
10. Debrecen Megyei Jogú Város – Teqtos Kft. (2023): Debrecen Fenntartható Városi Mobilitási Terve (2024), <https://felho10.debrecen.hu/index.php/s/gCPN77ddqgjadgw?dir=undefined&openfile=960649>, (letöltve: 2024.10.03)
11. Dobranskyte-Niskota, A. – Perujo Mateos Del Parque, A. – Jesinghaus, J. – Jensen, P. (2009): Indicators to Assess Sustainability of Transport Activities - Part 2: Measurement and Evaluation of Transport Sustainability Performance in the EU27. *JRC Scientific and Technical Reports European Commission, Luxembourg*, p. 88.

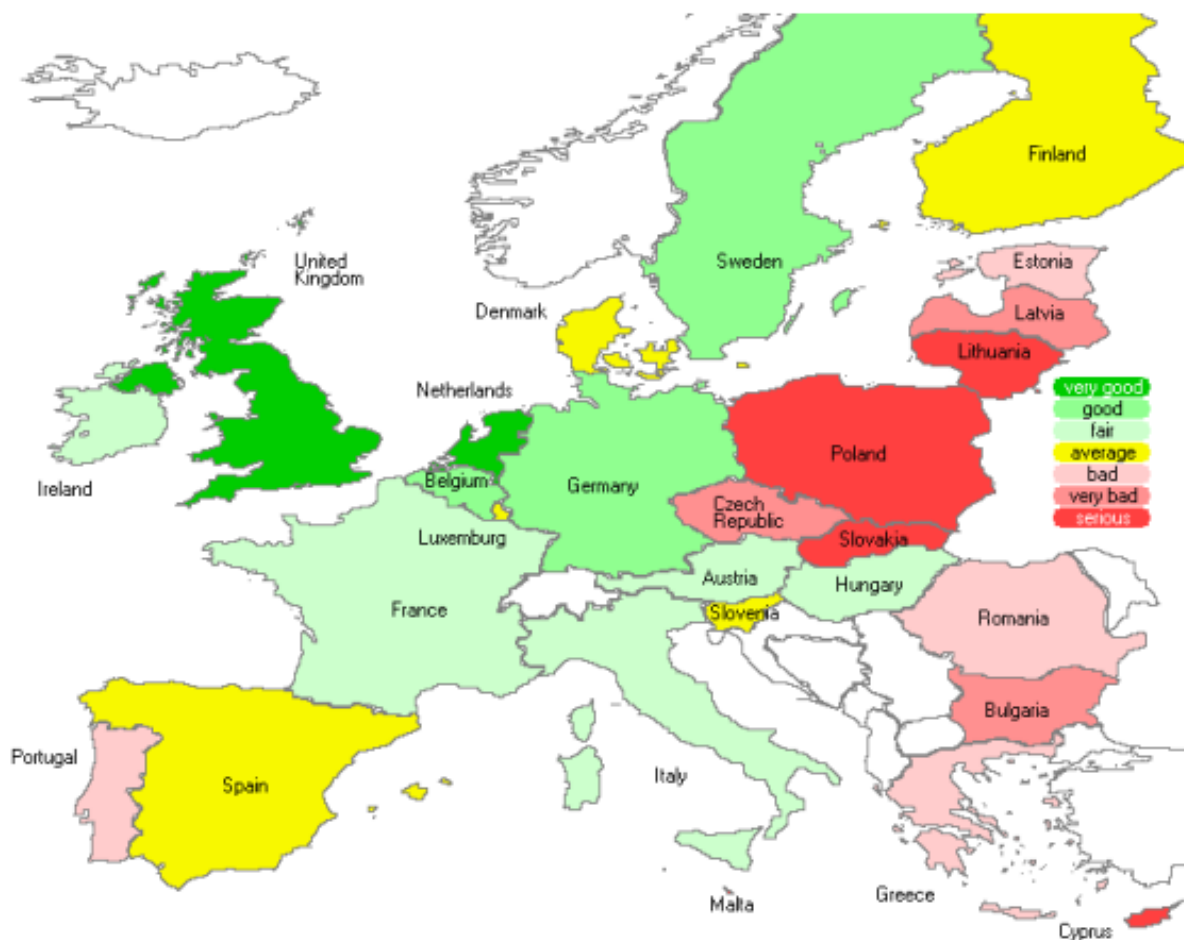
12. EDC Debrecen Nonprofit (2023): Debrecen megyei jogú város Fenntartható Városfejlesztési Stratégiája 2021-2027 Megalapozó vizsgálata,
https://www.debrecen.hu/assets/media/file/hu/46592/debrecen_megyei_jogu_varos_on_kormanyzatanak_fenntarthato_varosfejlesztési_strategiaja_2021-2027_megalapozo_munkaresz.pdf, (letöltve: 2024.10.03)
13. Enyedi, Gy. (2011): A városnövekedésszakaszai – újragondolva. Tér és Társadalom. Volume 25. Issue 1. pp 5-19.
14. Erdős F. (2004): Európa közlekedése és a regionális fejlődés. Dialóg Campus Kiadó, Budapest, Pécs, 640p
15. European Commission, CORDIS EU research results (2022): Transit Oriented Development (TOD) for Inclusive and Sustainable Rural-Urban Regions.
<https://cordis.europa.eu/project/id/956030> (letöltve:2024.01.26.)
16. Eurostat (2024): Passenger mobility statistics, Passenger car occupancy,
https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Passenger_mobility_statistics#Passenger_car_occupancy,
(letöltve: 2024.10.07)
17. Feudo, F.L. – Festa, C.D. (2012): A tram-train system to connect the urban area of Cosenza to its province: A simulation model of transport demand modal split and a territorial analysis to identify adapted transit oriented development prospects. Building the urban future and transit oriented development. HAL open science (hal-00734634). <https://hal.science/hal-00734634/document>, (letöltve:2023.09.17.)
18. Feudo, F.L. (2014): How to build an alternative to sprawl and auto-centric development model through a TOD scenario for the North-Pas-de-Calais region? Lessons from an integrated transportation-land use modelling. Transportation Research Procedia. Volume 4. pp. 154-177.
19. Fontaras, G. – Zacharof, N-K. – Ciuffo, B. (2017): Fuel consumption and CO2 emissions from passenger cars in Europe – Laboratory versus real-world emissions. Progress in Energy and Combustion Science. Volume 60. pp. 97-131.
20. Gruyter, D. C. – Currie G. – Rose, G. (2017): Sustainability Measures of Urban Public Transport in Cities: A World Review and Focus on the Asia/Middle East Region. Sustainability. Volume 9. Issue 1. Article 43.
21. Hasan, Md. M. – Hossain, S. M. N., – Ahmad, T, (2017): Impact of Ribbon Development on Land Use along Dhaka Aricha Highway. The Case of Savar Upazila. Journal of Settlements and Spatial Planning. Volume 8. Issue 1. pp. 1-9.

22. King, D. (2011): Developing density: Estimating the effect of subway growth on New York City land uses. *Journal of Transport and Land Use*. Volume 4. Issue 2. pp. 19-32.
23. Kopányi M. (1993): *Mikroökönómia*. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 556p
24. KSH (2011): 2011. ÉVI NÉPSZÁMLÁLÁS 3. Területi adatok 3.9. Hajdú-Bihar megye, https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/nepsz2011/nepsz_03_09_2011.pdf, (letöltve: 2024.09.26)
25. KSH (2014): Magyarország településhálózata 1., Agglomerációk, településegységek, https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/mo_telepuleshalozata/agglomeracio.pdf, (letöltve: 2024.09.26)
26. KSH (2022): Népszámlálás 2022, <https://nepszamlalas2022.ksh.hu/>, (letöltve: 2024.09.26)
27. KSH (2024): A közúti gépjárművek száma vármegye és régió szerint, https://www.ksh.hu/stadat_files/sza/hu/sza0040.html, (letöltve: 2024.09.26.)
28. KSH (2024): A személygépkocsi-állomány átlagos kora gyártmányok szerint, https://www.ksh.hu/stadat_files/sza/hu/sza0026.html, (letöltve: 2024.09.26)
29. KSH (2024): A személygépkocsi-állomány gyártmány és üzemanyag-felhasználás szerint, https://www.ksh.hu/stadat_files/sza/hu/sza0025.html, (letöltve: 2024.09.26)
30. KSH (2024): Közlekedési balesetek, https://www.ksh.hu/stadat_files/ege/hu/ege0061.html, (letöltve idő: 2024.09.26)
31. Lenzsér L. – Reider L. (2017): *Közlekedés-Gazdaságtan és Marketing Ismeretek*. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 215p
32. Lenzsér L. – Reider L. (2017): *Közlekedési Alapismeretek*. Műszaki könyvkiadó, Piliscsév, Budapest, 392p
33. Levinson, D. (2008): Density and dispersion: the co-development of land use and rail in London. *Journal of Economic Geography*. Volume 8. pp. 55-77.
34. Lindarto, D. – Harisdani, D.D. (2020): Urban square as a strip development revitalization element (case study: Dr Mansur street corridor, Medan City). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Volume 801. Issue 1. pp. 1-6.
35. Makarova, I. – Pashkevich, A. – Shubenkova, K. (2017): Ensuring Sustainability of Public Transport System through Rational Management. *Procedia Engineering*. Volume 178. pp. 137-164.
36. Metelka, S. – Janoš, V. (2021): PREREQUISITES OF THE SUCCESSFUL TRAM-TRAIN SYSTEM AS A PART OF THE REGIONAL RAILWAY NETWORK. pp. 431-

439. In: VI. International Conference on Road and Rail Infrastructure, Zágráb, május 20-21.
37. Nagy, Gy. – Hegedűs, T. (2016): Urban sprawl or/and suburbanisation? The case of Zalaegerszeg. *Belvedere Meridionale*. Volume 28. pp 106–119.
38. Nemzetközi Energia Ügynökség (IEA) – Vasutak Nemzetközi Szövetsége (UIC) (2017): *Railway Handbook 2017*, IEA, Párizs, 119p
39. Noussan. M, – Campisi, E, – Jarre. M, (2022): Carbon Intensity of Passenger Transport Modes: A Review of Emission Factors, Their Variability and the Main Drivers. *Sustainability*. Volume 16. Issue 17. Article 10652. pp. 1-16.
40. Ortega, J. – Tóth, J. – Péter, T. (2021): Planning a Park and Ride System: A Literature Review. *Future Transportation*. Issue 1. pp 82–98.
41. Padeiro, M. – Louro, A. – Costa, N. M. d. (2019): Transit-oriented development and gentrification: a systematic review. *Transport Reviews*. Volume 39. Issue 6. pp 733-754.
42. Patlins, A. (2017): Improvement of sustainability definition facilitating sustainable development of public transport system. *Procedia Engineering*. Volume 192. pp. 659-664.
43. Pengjun, Z. – Shengxiao, L. (2018): Suburbanization, land use of TOD and lifestyle mobility in the suburbs: An examination of passengers' choice to live, shop and entertain in the metro station areas of Beijing. *Journal of Transport and Land Use*. Volume 11. Issue 1. pp. 195-215.
44. Potěšil, T. – Moloková, T. (2006): The tram-train system application in Olomouc region. *Scientific papers of the University of Pardubice, Series B, The Jan Perner Transport Faculty*. Issue 12. pp. 91-102.
45. Ritchie, H. – Rosado, P. – Roser, M (2020): Breakdown of carbon dioxide, methane and nitrous oxide emissions by sector, *OurWorldinData.org*, <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>, (letöltve: 2024.10.07)
46. Ritchie, H. (2023): Which form of transport has the smallest carbon footprint?, *OurWorldinData.org*, <https://ourworldindata.org/travel-carbon-footprint#article-citation>, (letöltve: 2024.10.)
47. Rosli, N.S. – Adnan, S.A.A.S. – Ismail F.D. – Hamsa A.A.K. (2012): A Theoretical Review on Sustainable Transportation Strategies: The Role of Park and Ride Facility as a Generator of Public Transport Mode Shift. pp. 1-12. In: XXIII. EAROPH World

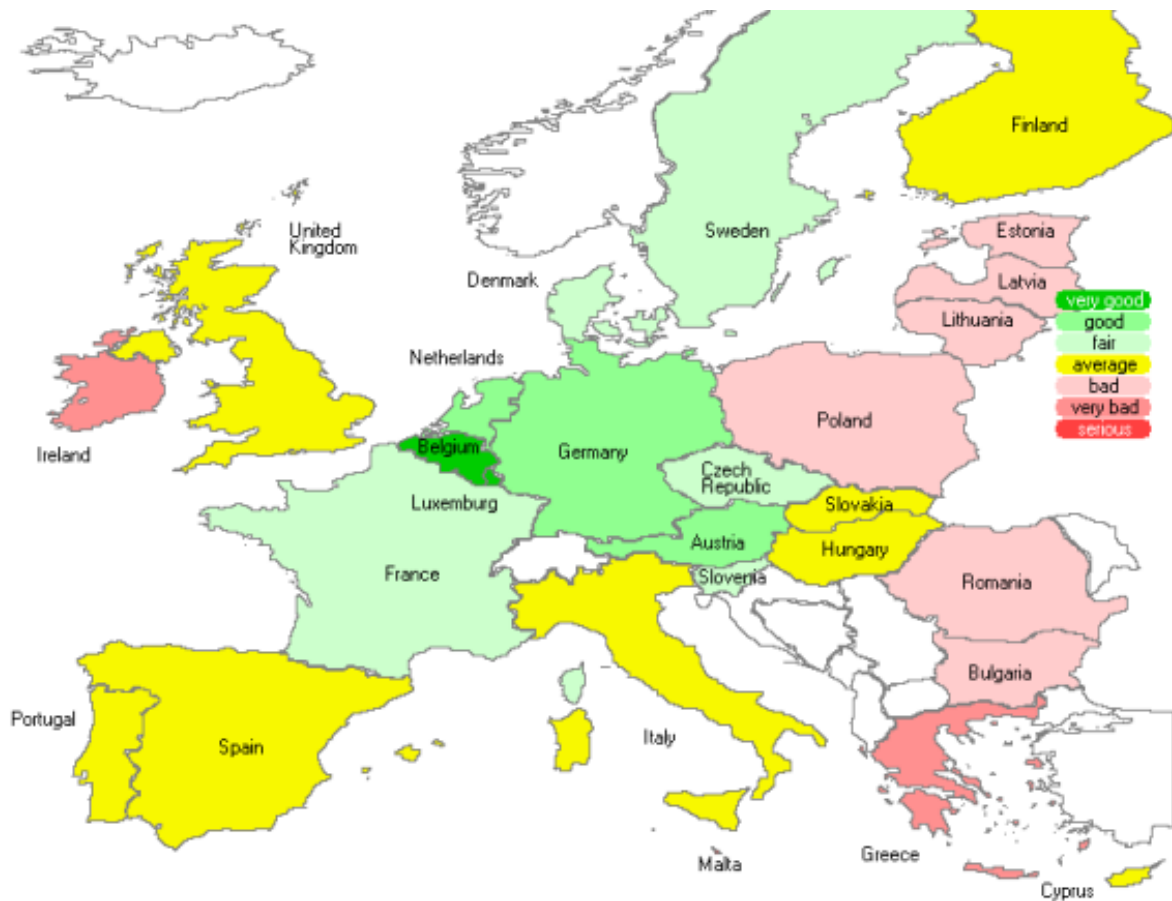
- Congress the Eastern Regional Organisation for Planning and Human Settlement.
Environmental Science, Engineering, Daegu. 2012. október 17-19.
48. Thomas, R. – Pojani, D. – Lenferink S. – Bertolini, L. – Stead, D. – Krabben, E. v. d.
(2018): Is transit-oriented development (TOD) an internationally transferable policy
concept?. *Regional Studies*. Volume 52. Issue 9. pp 1201-1213.
49. Wang, Z. – Chena, F. – Fujiyamac, T. (2015): Carbon emission from urban passenger
transportation in Beijing. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*.
Volume 41. pp. 217-227.
50. Zhang, W. – Wrenn, D. – Irwin, E.G. (2012): Tests of the urban economic model using
a new measure of leapfrog development. pp. 1-24. In: *Selected paper for the Urban
Economics Association sessions at the LXI. Annual North American Meetings of the
Regional Science Association International, Ottawa, november 7-10.*

MELLÉKLETEK



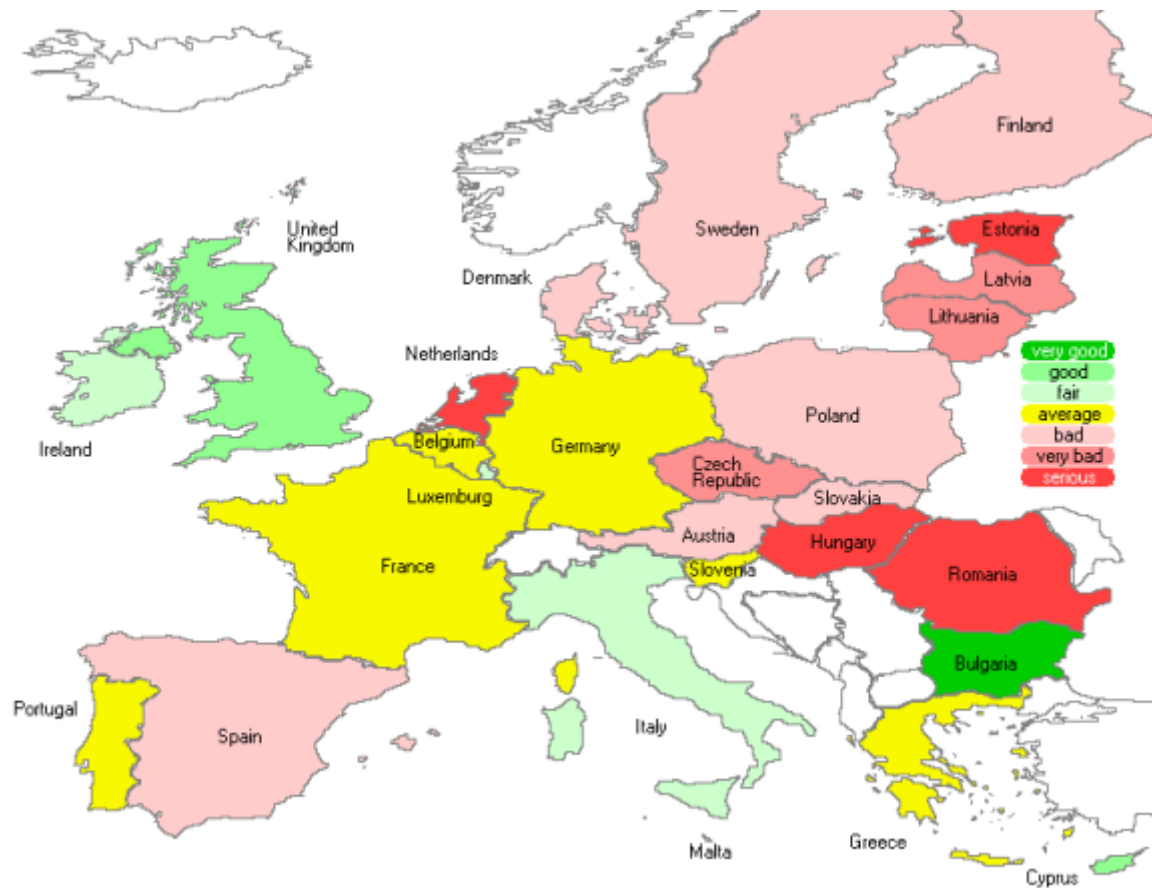
1. számú melléklet: Fenntarthatósági teljesítmény az EU-ban az utazási költségek tekintetében (zöld magas, sárga közepes, piros alacsony fenntarthatósági teljesítmény)

Forrás: Dobranskyte-Niskota et al., 2009, p. 31.



2. számú melléklet: **Fenntarthatósági teljesítmény az EU infrastruktúrája tekintetében (zöld magas, sárga közepes, piros alacsony fenntarthatósági teljesítmény)**

Forrás: Dobranskyte-Niskota et al., 2009, p. 32.



3. számú melléklet: Az EU fenntarthatósági teljesítménye a közlekedési kereslet és intenzitás tekintetében (zöld magas, sárga közepes, piros alacsony fenntarthatósági teljesítmény)

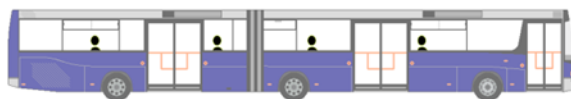
Forrás: Dobranskyte-Niskota et al., 2009, p. 30.

DEBRECENI REGIONÁLIS KÖZLEKEDÉSI EGYESÜLET idősoros számlálás

Név:																1
Helyszín:																
Dátum:	2023-10-04	óra:	6:00	-	6:10											
	00	01	02	03	04											
																
																
																
																
																
																
																
	05	06	07	08	09											
																
																
																
																
																
																
																
óra	perc	kategória (0-5)	szóló csuklós	irány, hová tart a busz?	víznyomat -szám	rendszer										
6																
6																
6																
6																
6																
6																
6																
6																

4. számú melléklet: **Keresztmetszeti forgalomszámlálás idősoros számlálólapja**
 Forrás: DERKE

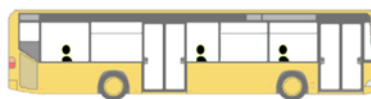
segédlet telítettség (folthatás) vizsgálathoz



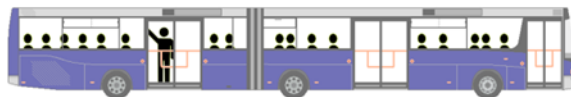
0-15 utas

üres, vagy maximum az ülőhelyek fele foglalt

1.



0-10 utas



16-30 utas

az összes ülőhely foglalt, egy-két álló utas

2.



11-30



31-50 utas

az összes ülőhely foglalt, néhányan állnak

3.



31-45



51-90 utas

az összes ülőhely foglalt, sűrűn állnak

4.



46-60



90 utas felett

teljes telítettség, az ajtónál is állnak

5.



60 utas felett

INSTRUKCIÓK

- A feladat elkezdése előtt állítst be pontosan az órát!
- Az érkező busz rendszámát mindig figyeld és pontosan jegyezd fel!
- A becsléshez mindig oldalról nézd a buszt, hogy a teljes utasteret átlásd!
- Ha vannak szabad ülőhelyek és álló utasok is, akkor gondolatban „le kell ültetni” az állókat, és így eldönteni a kategóriát.

5. számú melléklet: **Buszok telítettségének méréséhez használt segédlet**

Forrás: DERKE