

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR

REGIONÁLIS TUDOMÁNYI TANSZÉK



A BUDAPESTI AGGLOMERÁCIÓS VASÚTHÁLÓZAT- FEJLESZTÉSÉNEK TÉRINFORMATIKAI ELEMZÉSE

DIPLOMAMUNKA

Készítette:

Fuller Botond
Geográfus MSc, Geoinformatika szakirány

Témavezető:

SZALKAI GÁBOR
Docens

Budapest
2022

NYILATKOZAT

Név: Fuller Botond

ELTE Természettudományi Kar, szak: Geográfus MSc

NEPTUN azonosító: X7IN1T

Diplomamunka címe:

A budapesti agglomerációs vasúthálózat fejlesztésének térinformatikai elemzése

A **diplomamunka** szerzőjeként fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem, hogy a dolgozatom önálló szellemi alkotásom, abban a hivatkozások és idézések standard szabályait következetesen alkalmaztam, mások által írt részeket a megfelelő idézés nélkül nem használtam fel.

Budapest, 2022. május 16.

Fuller Botond

a hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	4
2. Áttekintés.....	5
2.1. A vasút szerepe a XXI. században	5
2.2. Budapest kötőtpályás közlekedése	6
2.3. A főváros vasúthálózatának állapota.....	8
2.4. A közelmúlt vasúti fejlesztései.....	9
2.5. A Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia főbb céljai	11
2.6. A térinformatika és alkalmazásai a vasútfejlesztésben	14
3. A mintaterület lehatárolása	16
4. Adat és módszertan	18
4.1. A felhasznált adatok	18
4.2. A munkafolyamat	22
4.3. Az elérhetőség kiszámítása.....	24
5. Eredmények	29
6. Diskusszió és következtetések.....	39
7. Összegzés	44
8. Summary	45
Köszönetnyilvánítás.....	46
Irodalomjegyzék	47

1. Bevezetés

Már Budapest 1873-as egyesítésekor megjelent az igény az elővárosi vasúti közlekedésre, azok körében, akik a fővárosban dolgoztak, de a környező településeken telepedtek le (Erdeiné Késmárki-Gally, 2020) Az eltelt közel 150 évben ez az igény nem csökkent, sőt, a szuburbanizációs folyamatok következtében jelentősen növekedett. A mára elavultnak nevezhető vasúti infrastruktúra nem képes ellátni a modern kor igényeit és emiatt egyre többen választják a személyautós közlekedést a napi ingázás során. A közúti forgalom mellett, hogy súlyos környezeti terhelést jelent, megnehezíti a városlakók életét is, hiszen jelentős zajkibocsátást eredményez, valamint a torlódások miatt számottevő többletidővel jár. A vasút megoldást jelenthet erre a problémára, azonban csak abban az esetben, ha fel tudja venni a versenyt a közúti forgalommal. E probléma megoldására született meg a Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia, amely egy átfogó tervezési dokumentum. A stratégia célja, hogy 2040-re a magyar főváros vasúthálózata egy olyan hálózat legyen, amely vonzó alternatívát kínál a személyautós forgalommal szemben, és amely képes ellátni az egyre növekvő igényeket.

Diplomamunkámban a Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia fejlesztéseit elemzem, különös tekintettel azok hatásaira a főváros elérhetőségére. A vizsgálatot különböző térinformatikai módszerekkel végeztem, melyhez elsősorban szabadon hozzáférhető adatokat használtam fel. A települések vasúti elérhetőségét hasonlítottam össze a jelenlegi menetidők alapján, illetve a stratégiában szereplő vasúti fejlesztések után, majd ezután a statisztikai adatok alapján következtettem a változások hatására. A munkát megelőzően megkerestem a Budapesti Fejlesztési Központot és a MÁV-START Zrt-t is, hogy teljesebb képet kapjak a stratégia térinformatikai háttéréről, azonban hamar egyértelművé vált, hogy a szabadon hozzáférhető adatok felhasználásával nem képezhető le az előbb említett intézmények vizsgálata, ezért dolgozatomban a számomra is elérhető szoftverek hálózatelemző funkcióit bemutatom be nyilvánosan elérhető adatok segítségével.

A célom, hogy rávilágítsak arra, hogy a stratégia milyen mértékben változtatja meg az agglomerációban lévő települések elérhetőségét, mely területek azok, ahol a vasút a stratégia célkitűzéseinek megfelelően valós alternatívája lehet a közúti forgalomnak. Emellett az elérhetőséget összevetem a társadalmi környezettel is, hogy teljes képet kaphassunk arról, hogy milyen területeknek kedveznek igazán a fejlesztések.

A diplomamunkám témájának kiválasztását illetően egyértelműen befolyásolt az érdeklődés a vasút és a vasúti közlekedés iránt, valamint inspirált a tanulmányaim során megszerzett ismeretanyag. Emellett szerettem volna mélyebben megismerni a budapesti vasúthálózatot érintő fejlesztéseit és azt, hogy milyen lesz a főváros elővárosi közlekedése a jövőben.

Először napjaink vasúti közlekedési tendenciát, a vasút városi régiókban betöltött szerepét mutatom be röviden. Majd a főváros vasúthálózatának jelenlegi helyzetére és a közelmúlt fejlesztéseire térek ki. Ezután bemutatom a Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia főbb elemeit, valamint jövőképét. Ezt követően röviden kitekintést teszek a térinformatika hálózatelemző eszközeire, valamint a térinformatika közlekedési projektek tervezése és kivitelezése során történő hasznosítására. Utána bemutatom a feldolgozott adatokat, illetve az elérhetőség számításának lépéseit, majd különböző térképek segítségével bemutatom a kapott eredményeket és összehasonlítom a jelenleg, illetve a kiszámított elérhetőséget, amit a népességi és közúti elérhetőséggel is szembe állítok. Végezetül a kapott eredményeket összehasonlítom a stratégia céljaival.

2. Áttekintés

2.1. A vasút szerepe a XXI. században

A vasúti közlekedés fontos szerepet játszott a városok fejlődésében a XIX. század vége és a XX. század elején. A vasút jelentősen hozzájárult a mezőgazdaság és az ipar fejlődéséhez, amivel lehetővé tette a modern városok kialakulását (Horeczki, 2013). A 20. század végére azonban csökkent a szerepe, a személyautós közlekedés elterjedésével pedig az utasszámok is csökkenni kezdtek. A beruházások többsége a közúti forgalom fejlesztésére irányult (autópályák építése) és sok európai országban a vasút alul maradt. Napjainkban azonban reneszánszát éli a vasúti közlekedés, Európában és Észak-Amerikában is növekszik a vasúti fejlesztések száma, az erre fordított pénz pedig az előbbinél átlagosan a GDP 0.9%-a, míg utóbbi esetében 0.8% (Mayer, 2017). Egyre több helyen tapasztalhatjuk, hogy a szuburbanizációs folyamatok során a városi agglomerációba költözött lakosok körében növekszik az igény a vasúti közlekedés iránt, a vasút szerepe egyre inkább felértékelődik a városi régiókban.

A regionális vasúthálózatot, az országos hálózatokkal szemben jellemzően rövidebb utazásokra használják az utasok, azonban jelentősen gyakrabban, legtöbbször naponta (Dolinayova, 2018). A távolsági közlekedés mellett biztosítja a napi ingázást a város és az agglomeráció között, valamint szerves részét képezi a városi közlekedési hálózatnak. Jó példa erre a több németországi városban működő Schnellbahn (S-Bahn) rendszer, amely amellet, hogy kapcsolatot teremt a város és az agglomeráció között, aktívan részt vesz a város határát nem átlépő ingázásban is, de hasonló funkciót tölt be a Párizs agglomerációját ellátó Réseau Express Régional (RER) rendszer is.

Ezek a rendszerek általában az országos vasúthálózattól elkülönülve működnek, saját infrastruktúrával rendelkeznek, azonban előfordul, hogy azzal integrált módon, közösen látják el a

városi forgalmat. Ilyen a bécsi S-Bahn, illetve a londoni Overground hálózat, amelyek egyes szakaszokon az országos vasútforgalommal együtt, közös vágányon futnak, más helyen pedig felújított, régi vasútvonalakon, illetve újonnan épült szakaszokon működnek, ahol kizárólag az elővárosi vonatok közlekednek.

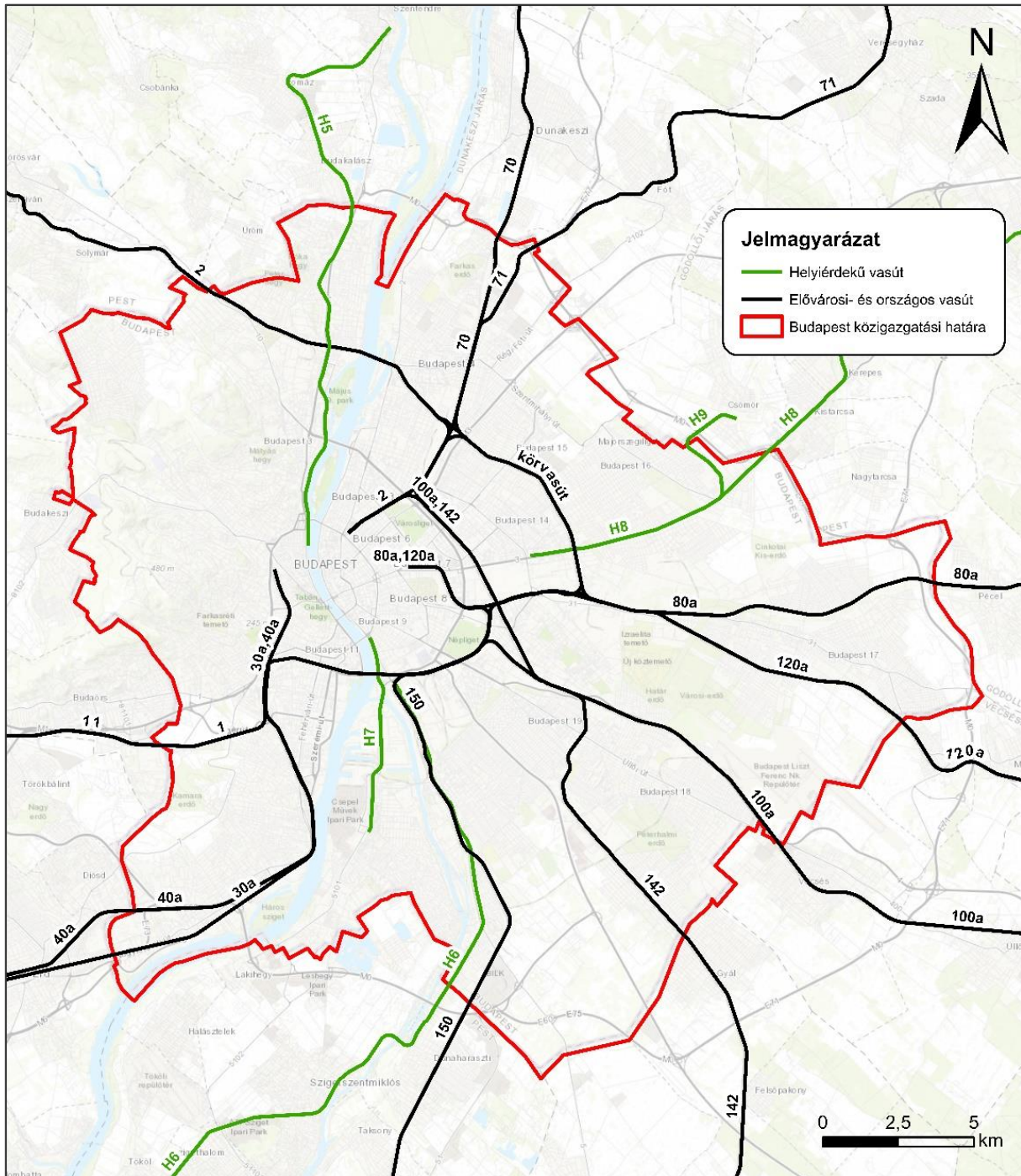
A regionális, illetve agglomerációs vasúthálózatok számtalan előnnyel járnak. Hozzájárulnak a városok gazdasági és társadalmi növekedéséhez, minőségi szolgáltatásaikkal pozitívan befolyásolják a városi régiók megítélését, ezzel növelve a kultúra, a turizmus és más tevékenységek utáni érdeklődést (Dolinayova, 2018). Emellett egyre nagyobb hangsúlyt kapnak a környezeti szempontok is. A klímaváltozás egyre sürgetőbb problémát jelent napjainkban és a közlekedés egyike azon szektoroknak, amelyek a legtöbb üvegházhatású gáz kibocsátásáért felelnek. Egy ausztrál tanulmány szerint a közlekedés által kibocsátott üvegház hatású gázok 88%-át a közúti forgalom adja (Stanley, 2011). Ezzel szemben a vasút jelentősen kevesebb károsanyagkibocsátást eredményez, átlagosan 60,2 g széndioxidot bocsát a levegőbe utaskilométerenként, míg az autók esetében ez az érték körülbelül 130,9 és 124,2 g széndioxid között van (Vermote, 2014). Éppen ezért a vasút remek alternatívát kínál a közúti és a légi közlekedéssel szemben, a nagyvárosi régiókban. Emellett általánosságban elmondható, hogy a vasút kevesebb zajszennyezéssel jár és kisebb területet igényel, ugyanakkora forgalom lebonyolítására, mint a közúti forgalom.

2.2. Budapest kötöttpályás közlekedése

A magyar főváros kötött pályás közlekedési hálózata egy több mint 100 éves fejlődési folyamat eredménye, amely a város fejlődésével párhuzamosan alakult. Az első magyar vasútvonal 1846-ban készült el és Pestet kötötte össze Váccal. Az utolsó új vonal a főváros területén a Boráros teret és Csepelt összekötő helyi érdekű vasút volt, melyen 1951-ben indult meg a forgalom. Ma összesen 11 országos- és 4 helyi érdekű vasútvonal található Budapest területén, melyek közösen biztosítják a főváros elérhetőségét mind az agglomeráció, mind pedig országos viszonylatban. A vasútvonalak sugárszerűen ágaznak ki a belváros különböző pontjaiból és nagyjából azonos távolságokban hagyják el a főváros területét, ezzel biztosítva az agglomeráció ellátását. Ez alól csak a várostól nyugatra található Budai-hegység jelent kivételt. Meghatározó eleme továbbá a főváros vasúthálózatának az úgynevezett körvasút is, amely a városba érkező vasútvonalak összekötését, valamint a városon áthaladó teherforgalmat hivatott biztosítani.

A nagyvasúti vonalakat kiegészítik a helyi érdekű vasútvonalak, melyek szintén a sugaras elrendezést követik. Kivételt képez a hálózat legfiatalabb tagja, a csepeli HÉV, mivel ez az egyetlen olyan kötöttpályás vonal, amely nem lépi át a főváros közigazgatási határát, azonban kiemelt szerepet

játszik a XXI. kerület és a belváros összekapcsolásában. A HÉV vonalakon nagyjából 245 ezer ember utazik naponta, amely a budapesti kötőtpályás közlekedés közel 50%-át adja. A legtöbb a szentendrei vonalon utaznak (116 ezer utas/nap), de jelentős forgalmat bonyolít a csepeli (59 ezer utas/nap) és a gödöllői (43 ezer utas/nap) vonal is (BFK, 2021). Jól látható tehát, hogy a HÉV vonalak szerepe sem elhanyagolható, szerves részét képezik a budapesti vasúthálózatnak.



1. ábra: Budapest vasúthálózata (saját szerkesztés)

A Dunán jelenleg két vasúti összeköttetés található. Az egyik a Rákóczi híd közvetlen szomszédságában található Összekötő vasúti híd, amely Kelenföld és a Ferencváros pályaudvarok

(azon túl pedig a Keleti-pályaudvar) között teremt kapcsolatot. A másik az Újpesti vasúti híd, amely a Népszigeten át köti össze Újpest és Aquincum megállóhelyeket a folyó felett. A kettő közül a déli híd jelentősebb, hiszen az országon áthaladó vasúti forgalom jelentős része azon bonyolódik.

A három legjelentősebb pályaudvar a Keleti-, a Nyugati és a Déli-pályaudvar, melyek mindegyike fejpályaudvarként épült meg. Ez azt jelenti, hogy a vonatok kizárólag egy irányból tudják megközelíteni azokat a peronokat, ahol az utascseré folyik. Előnye, hogy sokkal közelebb létesíthető a belváros sűrűn beépített részeihez, mint egy átmenő pályaudvar, azonban a forgalom szempontjából nézve sokkal kedvezőtlenebb ez a kialakítás, mivel az egyes viszonylatok mindenképpen megszakítást igényelnek. Az utóbbi évek fejlesztéseinek köszönhetően a Kelenföldi pályaudvar is jelentős helyet foglal el a személyszállítás hierarchiájában. A két állomást összekötő vasúti alagút leromlott állapota miatt Déli pályaudvar országos és nemzetközi forgalmát a Keleti-pályaudvar szolgálja ki, így a budai oldalon a Kelenföldi pályaudvar vált a távolsági közlekedés fő csomópontjává. Az eredetileg a város periferiáján található állomást számos újonnan létesített helyi járat (M4-es metróvonal, 1-es villamos, számos buszjárat) kapcsolja be a város vérkeringésébe. A Kelenföldi vasútállomás a város egyetlen átmenő pályaudvarként funkcionáló, jelentős személyforgalmat bonyolító pályaudvara.

2.3. A főváros vasúthálózatának állapota

Budapest vasúthálózata az elmúlt közel 70 évben viszonylag állandó maradt, jelentős fejlesztések, átépítések nem történtek. Az infrastruktúra műszaki állapota igencsak leromlott, a mai forgalmi igényeknek nem felel meg. Habár a hálózat a város nagyrészt kellő mértékben lefedi, a vonalak nagyrésze mentén, az egykori ipari területeken mára felhagytak az ipari tevékenységgel, azok barnamezős területekké váltak. A vasúthálózat nem integrálódik megfelelően a városi közlekedésbe, mivel az nem alkalmazkodott a változó városszerkezethez. A jelentősebb pályaudvarokon kívül számos vasútállomáshoz és megállóhelyhez nem kapcsolódik helyi közlekedési eszköz, azok a lakóterületektől távolabb helyezkednek el. Az egykor sűrűn beépített városmag szélén létesített pályaudvarok mára a belvárosi funkciókat ellátó városmag belsejében találhatóak, azonban hiányzik az ezeket összekötő vasúti infrastruktúra, így az agglomerációból és Budapest külsőbb városrészeiből érkező utasok kénytelenek átszállni a helyi közösségi közlekedésre. A Budapestre érkező főbb vasútvonalakat összekötő körvasúton elenyésző a személyszállítás aránya.

Ennek fő oka, hogy a vasútvonalon mindössze egy személyszállításra kialakított szolgálati hely található, Újpalota megállóhely. Pedig a körvasút a főváros népes kertvárosias kerületein halad át, érinti az újpalotai lakótelep déli részét, Rákosszentmihályt, valamint a rákosfalvai lakótelepet is.

Emellett a remek csatlakozási lehetőséget jelent a H8-as és H9-es HÉV vonalak és Csömöri út keresztezése, ami a fő közlekedési tengelynek számít a XV. kerület és a belváros között. A körvasút áthalad az M3-as autópálya bevezető szakasza alatt is, amely kiváló lehetőséget ad egy P+R parkoló kialakításához, ahol az autóval Budapestre ingázók átszállhatnak a közösségi közlekedés egyik elemére, ezzel is csökkentve a belváros személyautóforgalmát. A fővárosban kettő, a Dunán átívelő vasúti összeköttetés található. Ezek önmagukban már nem képesek ellátni az agglomerációból és a város külső területeiből érkező forgalmat. A városba dél-nyugati irányból belépő vonatok a fejpályaudvarok miatt kénytelen megkerülni a belső városrészeket, hogy a főbb pályaudvarokat elérhessék, ezzel többlet forgalmat generálva a Dunán átívelő szűk keresztmetszeteken.

A meglévő helyi érdekű vasútvonalak megfelelő összeköttetést biztosítanak az agglomeráció és a főváros között, azonban a végállomásaik nem a belvárosban találhatóak, így az ezeken érkező utasok szintén kénytelen átszállni valamelyik helyi közlekedési eszközre. Továbbá elmondható, hogy a HÉV vonalak nem alkotnak egységes hálózatot, az egyes vonalak egymástól elkülönülve működnek és hiányzik a nagyvasúttal való kapcsolatuk is. Kiemelten hátrányos helyzet jellemzi a H6, illetve a H7-es HÉV vonalakat, mivel ellentétben a másik 3 vonallal, e kettő nem kapcsolódik a várost átszelő metróhálózathoz sem. Ezen problémák miatt a helyi érdekű vasútvonalak nem képesek felvenni a versenyt az autóbuszos- és autós közlekedéssel, gyakoriak a párhuzamosan futó városi- és helyközi buszjáratok.

Összességében elmondható, hogy a budapesti vasúthálózat kiterjedése rengeteg potenciált rejt egy modern, S-bahn jellegű hálózat kialakításához, azonban a hiányzó összeköttetés a Duna két partja között, a fejpályaudvarok kialakítása, valamint a vasúti pálya és a megállóhelyek leromlott műszaki állapota miatt nem képes ellátni az egyre növekvő forgalmat. Ahhoz, hogy vasút fel tudja venni a versenyt a személyautós forgalommal szemben, átfogó fejlesztésekre van szükség.

2.4. A közelmúlt vasúti fejlesztései

Az elmúlt pár évben nagy számban történtek fejlesztések. Több elővárosi vasútvonal is megújult, illetve számos megállóhely és állomás újult meg.

Legelőször a 30a vasútvonalon történtek átfogó fejlesztések 2008 és 2013 között. A vonal Budapestet és Székesfehérvárat köti össze és jelentős szerepet játszik a dél-nyugati agglomeráció kiszolgálásában, valamint itt zajlik a fővárost a Balatonnal összekötő forgalom nagy része is. A felújítás során a megengedett legnagyobb sebességet 160 km/h-ra emelték, azonban a vonatok csak a vonatbefolyásoló rendszer teljeskörű kiépítése után érhetik el ezt a sebességet. Emellett elkészült a 30a számú vonal Kelenföld és Tárnok közötti szakaszán eddig hiányzó második vágány is, valamint

egy új megállóhely is létesült Kastélypark néven a XXII. kerületben, ami a korábbi Nagytétény állomást szerepét vette át.

Ezután a 2-es számú vasútvonal nagyszabású átépítésére került sor. A Budapestet Esztergommal összekötő vasútvonal a szuburbanizáció által egyik leginkább érintett területen, a Pilis és a Budai-hegység között húzódó Solymári-völgyön és a Dorogi medencén halad át. A 2012 és 2015 közötti felújítás során a teljes vonalat villamosították, valamint Aquincum megállóhely és Pilisvörösvár vasútállomás között egy második vágány kialakítása is megtörtént. A vonalon a korábbi megengedett 30-60 km/h sebességet 70-100 km/h váltotta fel, mellyel körülbelül 20 perccel rövidült a menetidő Esztergom és a főváros között.

A következő széleskörű felújításon átesett vasútvonal a 40a számú volt, amely Budapest és Pusztaszabolcsot köti össze, valamint az agglomeráció déli, Duna menti részén biztosít elérhetőséget a főváros felé. Emellett a vonalon zajlik a Dél-Dunántúlról (leginkább Pécsről és Kaposvárról) érkező országos vasúti forgalom is. A vasúti pálya itt is teljeskörű felújításon esett át, emellett Érdenél elkészült a 30a vonallal kapcsolatot létesítő összekötő vágány is. Jelentős változás a százhalombattai kőolajfinomítót és Ercsit elkerülő új, 13 kilométeres pályaszakasz, amely a távolsági forgalmat fogja kiszolgálni, ezzel is csökkentve az elővárosi szakasz terhelését.

A legutóbb felújításon átesett vasútvonal a 80a számú, amely az ország észak-keleti részét köti össze Budapesttel. A nagyjából 53 kilométer hosszú szakaszon 2018 és 2020 között megújult vasúti pálya lehetővé teszi a vonatok 120 km/h-val való haladását, Aszód és Hatvan között pedig 160 km/h-ra emelkedik az alkalmazható legnagyobb sebesség mellett szinte az összes vasútállomás és megállóhely megújult, illetve egy új megállóhely is létesült a XVII. kerületben, Akadémiaiújtelep néven, amely Rákos vasútállomást kívánja helyettesíteni. Az új megállóhely jobb kapcsolattal rendelkezik a városi közösségi közlekedés hálózata felé, így nem csak az agglomeráció és a főváros külsőbb kerületei között utazók érhetik el gyorsabban a céljukat, hanem a főváros külső területeiről a belvárosba ingázók számára is új alternatívát kínál a vasút.

A felújítások mindegyik vonal esetében javuló szolgáltatásokat és növekvő utasszámokat eredményeztek. Fontos azonban kiemelni, hogy az elővárosi vonalak fejlesztésével párhuzamosan kiemelt fontosságú lenne a fővárosi vasúthálózat felújítása is. A vasúti szolgáltatás minőségének további javulásához elengedhetetlen a hálózat budapesti szakaszainak, állomásainak modernizálása is. Jó példa erre a Budapest - Esztergom vasútvonal, ahol az agglomeráció területén megtörtént a korszerűsítés, azonban az Angyalföld vasútállomás és a Nyugati-pályaudvar közötti szakaszon továbbra is az elavult vasúti pályán haladnak a vonatok, amely sokszor idéz elő késést a vonalon.

A meglévő vasútvonalak további korszerűsítése elengedhetetlen ahhoz, hogy a budapesti vasúthálózat továbbra is fel tudja venni a versenyt a személyautós forgalommal szemben, az agglomerációból a fővárosba ingázók körében, azonban önmagában már nem elengedő. A hálózat nem átjárható és a városon belüli közösségi közlekedésbe sem integrálódik. Éppen ezért szükséges a hálózat rendszerszintű átépítése és fejlesztése is. Ehhez többek között a meglévő külvárosi szakaszok bevonására, a fejpályaudvarok átalakítására és egy új Dunán átívelő vasúti kapcsolat létesítésére van szükség. A Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia, melyet a Budapesti Fejlesztési Központ hozott létre, éppen ezeket a rövid- és hosszútávú célokat vizsgálja. A stratégia célja, hogy 2040-re 80%-kal növelje a budapesti agglomerációban és a fővárosban vasúton utazók számát. Ehhez több olyan kulcsfontosságú fejlesztést is tartalmaz, amelyek segítenek a meglévő vasúthálózat átjárható, az elővárosi forgalmat kielégítő rendszeré tenni. A következőkben a stratégiában kijelölt fő beavatkozásokat veszem sorra.

2.5. A Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia főbb céljai

A stratégia elsődleges és legfontosabb célja, hogy a budapesti vasúthálózatot átjárhatóvá tegye. Ehhez elengedhetetlen egy új vasúti összeköttetés Buda és Pest között. A Duna alatti vasúti alagút ötlete egyáltalán nem újkeletű. Habár az Összekötő vasúti híd egy időre kielégítő megoldást nyújtott a Duna két partján elterülő vasúthálózat összeköttetésére, mára oly mértékben nőtt meg a forgalom, hogy a híd önmagában már nem képes kiszolgálni azt. Emellett a fejpályaudvarok kialakítása miatt nem lehetséges tovább növelni az oda érkező és induló vonatok számát. Ezzel szemben az igény folyamatosan növekedő tendenciát mutat, egyre többen utaznak vasúton az elővárosokból a belváros irányába és a Budapesten belüli utazások száma is növekszik, ezért az alagút létesítése fontosabb, mint valaha.

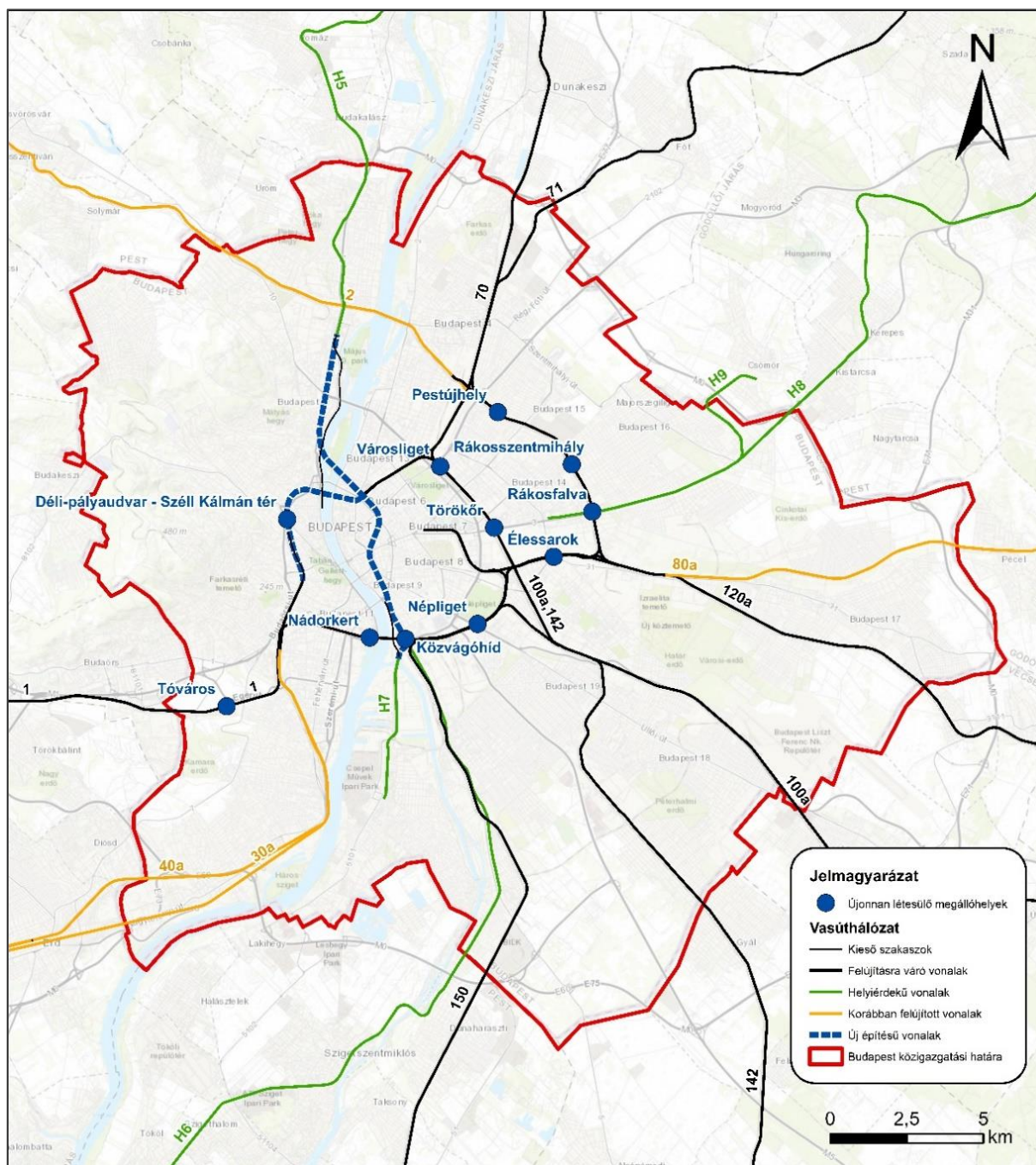
A jelenlegi tervek szerint az alagút a Kis-Gellért-hegyen ma is átvezető alagútnál kezdődne és folyamatosan ereszkedve érne el a mai Déli-pályaudvar és a Széll Kálmán közti területet. Itt egy négyvágányos, kettő középperonnal rendelkező vasútállomás épülne a föld alatt, amely a Déli-pályaudvar szerepét venné át. Az új állomást két irányból, a Vérmező és a Széll Kálmán tér felől érhetnék el az utasok, amely jelentősen jobb kapcsolatot jelent a városi tömegközlekedés eszközeivel, mint amilyennel a mai Déli-pályaudvar rendelkezik. Ezután az alagút folytatná az útját a Duna felé, amit a Bem József tér alatt érne el, itt keresztezné a folyót, majd végül a Nyugati-pályaudvar alatti peronoknál végződne. (Kalácska-Nagy, 2022) Így nem csak a két városrész vasúthálózatának összekapcsolása valósítható meg, hanem a Nyugati-pályaudvar fejpályaudvarból átmenő rendszerű vasútállomássá válna, amely lényegesen növeli annak kapacitását. Budapest elsőszámú vasúti pályaudvara lenne, amely ideális csomópontot képez az országos, az agglomerációból érkező és a

városban közlekedő kötött pályás közlekedés között. Az alagútnak köszönhetően a dél-budai agglomerációból érkező utasok számára átszállás nélkül elérhető lenne a belváros, ráadásul a menetidő is jelentősen lecsökkenhet.

Egy másik fontos célként jelenik meg a stratégiában a helyi érdekű vasutak bekapcsolása a városi közlekedésbe. A két déli irányú, a csepeli és a ráckevei vonal nem rendelkezik megfelelő kapcsolatokkal, ezért a hosszútávú tervek szerint ezeket közösen a belváros és a Duna alatt is átvezető alagúton keresztül a kötnék össze a szentendrei HÉV vonallal. Az időnként M5-ös metró néven is emlegetett projektnek köszönhetően a város észak-déli irányban is átjárhatóvá válna, mindemelett pedig az új vonal közvetlen kapcsolatot biztosítana egyrészt az északi és déli agglomeráció, másrészt a XXI. kerület és a belváros között. Az új gyorsvasúti vonal a Nyugati-pályaudvart is érintené, ami közvetlenül bekapcsolná azt a várost átszelő átjárható rendszerbe.

A diplomamunkámban is kiemeleten foglalkozom a Duna alatti alagút és az észak-déli regionális gyorsvasút elérhetőségre gyakorolt hatásával. Az elemzés során azt vizsgálom majd, hogy e kettő beruházás, ami a leginkább alakítja át a főváros elővárosi vasúthálózatát (2. ábra), milyen mértékben javítja az elérhetőséget az agglomerációban.

Azonban az alagút és a HÉV vonalak összekapcsolása csak a leglényegesebb változások a stratégiában, ami szükséges egy modern budapesti vasúthálózat kialakításához. Ezek mellett fontos cél, hogy a vasúthálózat igazodjon a változó városszerkezethez is. Ehhez új megállóhelyekre van szükség, amely közelebb helyezkedik el azokhoz a városrészekhez, ahonnan, illetve ahová az emberek utazni szeretnének, illetve kulcsfontosságú, hogy a vasút szorosabb kapcsolatokkal rendelkezzen a városi közlekedéssel, mint ma.



2. ábra: Budapest vasúthálózata a Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia fejlesztései után (saját szerkesztés)

A körvasút, valamint a Kelenföld és a Keleti-pályaudvar közötti szakasz bevonása az agglomerációs közlekedésbe, szintén fontos eleme a rövid- és középtávú vasútfejlesztésnek. Új megállók létesítésével az eddig főleg országos és teherforgalom által használt szakaszokon szintén csökkentheti az autósforgalmat, valamint a sok esetben terhelt városi tömegközlekedés forgalmát. A tervek szerint új vasúti megállóhely létesülne a dél-budai Nádorkert városrészben, ami a jelenleg is épülő BudaPart projekt során, valamint az Infoparkban található munkahelyeket kötné össze az agglomerációból érkezőkkel.

A ferencvárosi pályaudvar szerepét az Ecseri útnál épülő új megállóhely venné át, amely lényegesen jobb kapcsolatokkal rendelkezik a városi közösségi közléssel, mint a jelenlegi pályaudvar. A pesti külvárost átszelő körvasúton három új megálló épülne, amely az eddig csak városi közlekedéssel ellátott kertvárosi részeket, valamint az újpalotai és a rákosfalvai lakótelepeket kapcsolná be a nagyvasúti forgalomba.

A korábban már megújult elővárosi vonalak mellett, további vasútvonalak fejlesztésére is kitér a stratégia. A rövid- és hosszútávú tervek között szerepel az összes fővárosi vasúti pálya teljeskörű felújítása, valamint néhány vonal esetében a kapacitás bővítés érdekében egy újabb vágány létesítése. Emellett megjelennek úgynevezett „azonnali beavatkozást igénylő” vonalak is a stratégiában. Ezek a belső körvasút, Nyugati-pályaudvar és Kőbánya-Kispest vasútállomás közötti szakasza, valamint a Kelenföld és Ferencváros vasútállomás közötti szakasz. A 142-es számú vonal az utolsó olyan vasútvonal Budapest területén, amelyen eddig nem történt meg a villamosítás. A jövőben erre is sor kerülne, valamint elővárosi szakaszán egy újabb vágányt is kiépítenének a kapacitás növelése érdekében.

2.6. A térinformatika és alkalmazásai a vasútfejlesztésben

A térinformatikai rendszerek olyan digitális környezetek, amelyek képesek a térinformatikai adatok gyűjtésére, tárolására, módosítására, elemzésére és megjelenítésére (Fischer, 2006). A térinformatika lehetővé teszi a térbeli folyamatok tendenciáinak azonosítását, köztük új összefüggések létrehozását, az adatbázisok közötti összetett kapcsolatok megértését és ezáltal a jobb döntések meghozatalát (Jovanović, 2018). Ennek köszönhetően jelentősen gyorsabban és hatékonyabban végezhetőek el a különféle adatok elemzése, sokszor egy közös környezetben. Ezen tulajdonságai miatt a térinformatikai megoldások igen népszerűek a legkülönbözőbb problémák megoldására. A természetföldrajz mellett egyre több társadalmi kérdés esetén alkalmaznak térinformatikai rendszereket a különböző földrajzi jelenségek elemzésére. Az élet számos területén találkozhatunk már térinformatikával, használják a sürgősségi szolgálatok (tűzoltási, katasztrófavédelmi, rendfenntartási hatóságok), árueosztási feladatok, egészségügyi szervezetek és kereskedelmi célok kielégítésére is (Ahmed, 2017).

Már a térinformatika kezdeti éveiben is megjelent az igény a közlekedési hálózatok elemzésére. Számos térbeli adatokkal foglalkozó szoftverben találkozunk olyan eszköztárakkal, melyek a hálózati vizsgálatokat teszik lehetővé, de emellett külön erre a célra létrehozott szoftverekkel is találkozunk. A hálózatokat a térinformatikában vonalas gráfoknak is tekinthetjük, melyek csomópontokból és élekből állnak. A gráfok matematikai hátterét Leonhard Eulernek köszönhetjük, aki 1736-ban a

königsbergi hidak problémája kapcsán lefektette a gráfelmélet alapjait, amely az 1950-es évekig főleg a matematika és a fizika egyik tudományága volt. Ekkor jelent meg a földrajztudományokban is, miután a pozitivista földrajztudósok és közlekedéselemzők térbeli adatokhoz kezdték felhasználni (Morgado, 2011). A leggyakrabban használt térinformatikai szoftverek (ArcMap, QGIS) hálózat elemző eszközei is a gráfelmélet, valamint a topológia matematikai szabályaira épülnek (Das, 2019). Az egyszerű topológiai hálózaton kívül lehetőségünk nyílik különböző leíró adatokkal is ellátni a hálózatunkat, mint például sebességkorlátozásokkal, kötelező haladási iránnyal, magassági korlátozásokkal és forgalmi adatokkal, akár több napszakra vonatkozóan is, ezzel egy dinamikus hálózati adatbázist kiépítve (Das, 2019). Ezek segítségével könnyen számíthatunk optimális útvonalat, kiszámíthatjuk a legközelebb eső létesítményeket, és elérhetőségi vizsgálatot is folytathatunk (Kumar, 2016). Habár a hálózatokat főleg a közlekedés és a forgalom modellezésére használják, előfordul, hidrológiai modellekhez és közműhálózatok modellezéséhez is használják.

A világ számos területén tapasztalhatjuk, hogy a közlekedési fejlesztések során egyre nagyobb hangsúlyt kapnak a térinformatikai elemzések, modellezések. Mind az új vonalak tervezésénél, mind a meglévő vasúthálózat fejlesztésénél nagy szerepet játszik a térbeli adatok digitális elemzése és megjelenítése, a tervezési szakaszban és a forgalmi modellekben egyaránt. A geometriákhoz kapcsolt leíró adatok a várható teljesítmény pontosabb modellezését teszik lehetővé, ami nem csak a környezetre gyakorolt hatást, hanem a gazdasági kérdésekben is döntő szerepű lehet. A következőkben ezekből mutatok be néhány példát.

Egy 2012-es tanulmányban a Berlin-Palermo nagysebességű vasúti korridor dél-Olaszországi szakaszának három lehetséges nyomvonalat vizsgálták környezeti, társadalmi és műszaki szempontok alapján. A térinformatikai rendszer tette lehetővé az egyes szempontok különböző súllyal való alkalmazását a három nyomvonal esetében. Az eredmény segítheti a döntéshozók munkáját a végleges nyomvonal kiválasztásában (De Luca, 2012). Azonban nem csak az új vonalak tervezését könnyíti meg a térinformatika, hanem a már létező vasutak fejlesztésében is szerepet játszhat. Egy, az előző évben publikált tanulmány a vietnámi vasúthálózat fejlesztési lehetőségeit vizsgálta biztonsági és fenntarthatósági szempontból. A szerzők szerint a térinformatika lehetőséget ad az összetett vasúti hálózat azon pontjainak azonosítására, melyek sürgős beavatkozást igényelnek. A különböző topológiai adatok, mint például a vasúti átjárók, valamint a hidak és alagutak helyzete és az egyéb társadalmi és természeti jelenségekkel (mint például a balesetek száma és helyszíne, illetve az időjárási rekordok) való integrálása a térinformatikai szoftverekben, segíthet a sürgős beavatkozást igénylő vonalszakaszok lehatárolásában.

Emellett a szerzők megemlítik azt is, hogy ezek az alkalmazások a potenciális utasok helyzete, az állomások elérhetősége segítségével lehetővé teszik a vasút gazdaságos működését, így a forgalom megtervezésében is fontos szerepet játszhatnak (Le, 2021). Azonban a térinformatika nem csak a tervezési szakaszban lehet hasznos a vasúti fejlesztési projekteknél. A Crossrail elnevezésű, nagyszabású vasúti projekt egy London belvárosát átszelő 21 kilométer hosszú vasúti alagút kialakításával teremt kapcsolatot a brit főváros nyugati és keleti külvárosai között (King, 2017). A projekt során nem csak a tervezési fázisban, hanem a kivitelezés során is alkalmaztak térinformatikai szoftvereket, a különböző térbeli adatok kezelésére. A különböző térbeli és egyéb adatokat közösen kezelő adatbázis lehetővé tette, hogy a mind a tervezés, mind a kivitelezés során gazdaságosan és hatékonyan történjen a munka. A térinformatikai alkalmazások nem csak megbízható adatkezelést biztosítottak, de a projekt végére jelentős időcsökkenést is eredményeztek (Irwin, 2016).

Kiemelt szerepet kap a közlekedés elemzése során az elérhetőség számítása. Az elérhetőség alatt azt a költséget értjük, amely ahhoz szükséges, hogy az egyik földrajzi pontból eljussunk egy másikba. Az elérhetőség a térbeli akadályok leküzdéséhez szükséges költségeket ragadja meg (Ford, 2015). Ezek költségek bármilyen akadályt jelenthetnek: távolságot, időt, sebességet, átszállási időt, vonali kapacitást stb.

Az elérhetőség az egyik legfontosabb tulajdonsága a városi térségeknek, mivel ez a tulajdonság írja le leginkább a közlekedési hálózat és a területhasználat közötti kapcsolatot. Az elérhetőség remek indikátora a közlekedési rendszerek hatékonyságának. Gyakran használják az utasok számának előrejelzésére, valamint a közlekedési hálózat hatékonyságának megállapítására (Liu, 2004).

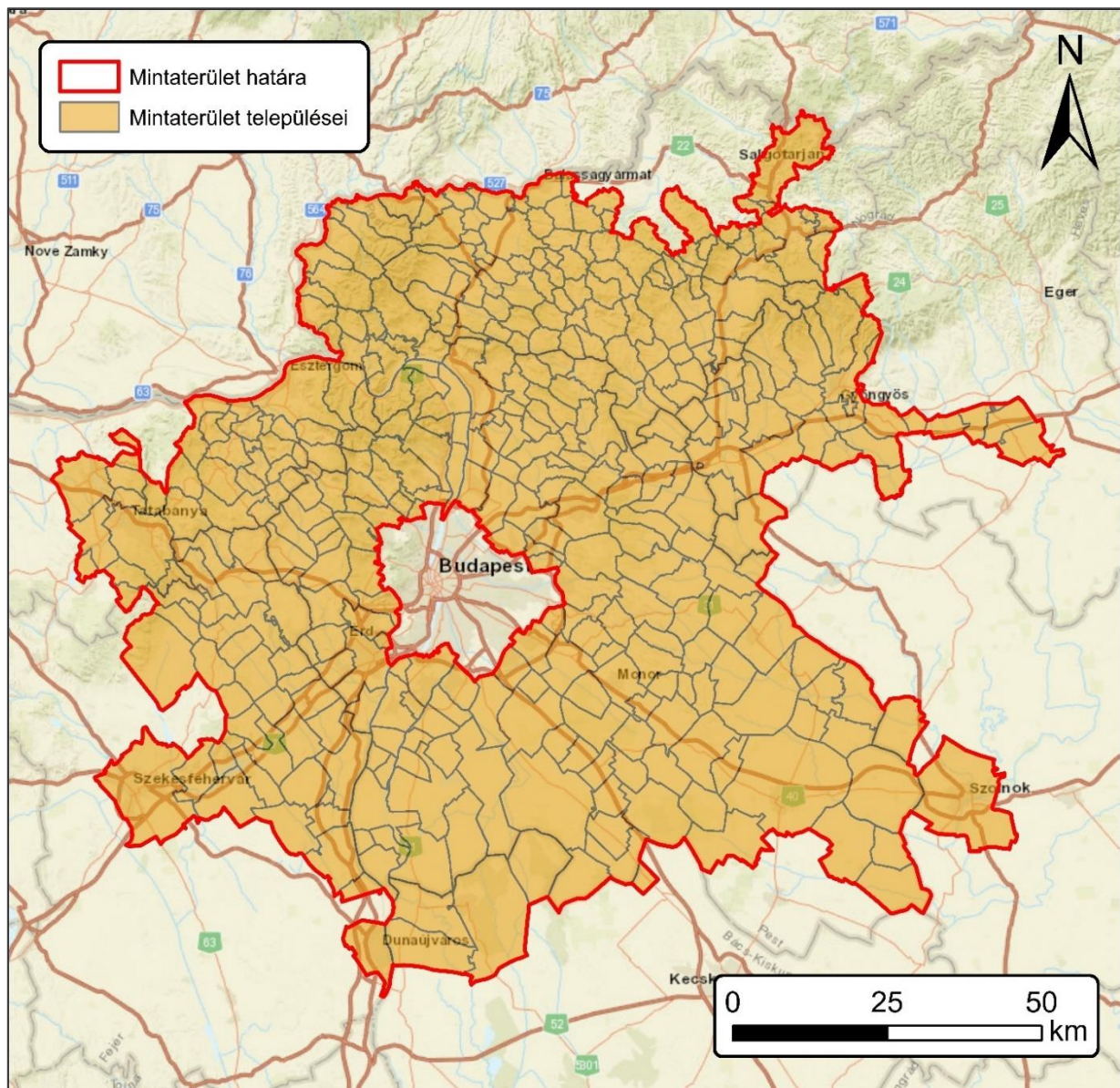
3. A mintaterület lehatárolása

Budapest az ország fővárosa és egyben legnagyobb városa. A Központi Statisztikai Hivatal adatai alapján népessége 2021 januárjában 1 723 836 fő volt, azonban az agglomerációval együtt ez a szám megközelíti a 3,8 millió főt is. Ezzel Budapest az Európai Unió legnépesebb funkcionális városi régiói közé sorolható. A főváros és azt körülvevő agglomeráció az ország teljes lakosságának 38,9%-át jelenti. Jelenleg Budapest és további 80 település alkotja. Ezt a lehatárolást egy korábbi módosításaként hozta létre a Központi Statisztikai Hivatal 1997-ben, de a 2005. évi LXIV törvény, amely tartalmazza a Budapesti Agglomeráció Területrendezési Tervét is, szintén ezzel a lehatározással dolgozik. Tekintve, hogy ezen lehatárolás meghatározása óta mintegy 25 év telt el, biztosan állíthatjuk, hogy ez ma már nem tükrözi a valós területi kapcsolatokat.

Az elmúlt években Budapest esetében is megfigyelhetőek a világ számos nagyvárosára jellemző szuburbanizációs folyamatok. A város népességszáma erősen fluktuált az elmúlt 10 év során, csökkenő és növekvő periódusok figyelhetőek meg, azonban általánosságban csökkenő tendenciát mutat. Az agglomerációban fekvő településeké ezzel szemben növekvő tendenciákat mutatnak. Az emberek jelentős része a kertvárosi életmódot választja, miközben munkahelyét továbbra is a város szolgál. Ennek következtében a város határát naponta nagyjából 1,2 millió ember lépi át, mely utazásnak nagyjából 37%-a közösségi közlekedésen történik (Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia). Ez azt jelenti, hogy fővárosba ingázók közül átlagosan 10 emberből három a közösségi közlekedést választja. A közösségi közlekedés nagyobb hányadát jelenti a kötött pályás, tehát a MÁV és a HÉV vonalakon bonyolódó forgalom, kisebb részét pedig az autóbuzsós forgalom teszi ki.

A mára már elavultnak mondható törvényi lehatárolás, valamint a szuburbanizációs folyamatok során feltételezhetően átalakult térszerkezet miatt nem a hivatalos budapesti agglomerációt választottam mintaterületnek, hanem saját magam igyekeztem lehatárolni azt a területet, amelyről az emberek nagyrésze a fővárosba ingázik. Ehhez vizsgáltam a Budapestre ingázók számát, illetve arányát az adott településen, valamint azt, hogy közúton mennyi idő alatt lehet elérni a fővárost. A kapott mintaterület Budapestből és további 389 településből áll. Teljes lakossága 2021-ben 3.808.620 fő volt a Központi Statisztikai Hivatal alapján. Összesen hét megye területére terjed ki, településkategóriák szerint 4 megyeszékhely, 2 megyei jogú város, 67 város, 24 nagyközség és 292 község alkotja. Átlagosan a lakosság 7,74%-a ingázik Budapestre nap mint nap, amely településenként átlagosan 519,55 főt jelent.

Területén közel 30 olyan vasútvonal található, amelyen jelenleg is folyik személyszállítás. Ebből 11 lépi át Budapest közigazgatási határát, a többi pedig a mintaterület külsőbb részeit köti össze egymással. Ezek a vonalak nem csak az országos forgalmat bonyolítják le a főváros irányába, jelentős az ingázó utasok száma is. A mintaterületen zajlik az országos vasúti személyszállítás több mint fele, a Budapestre érkező utasok 89%-át pedig az agglomerációból ingázó utasok jelentik. Egyértelmű tehát, hogy a mintaterületen áthaladó vasúthálózat kiemelten fontos szerepet játszik a főváros és az ország vasúti forgalmában.



3. ábra: A lehatárolt mintaterület (saját szerkesztés)

4. Adat és módszertan

4.1. A felhasznált adatok

A diplomamunkám során a budapesti közösségi közlekedés, azon belül is a vasút szerepét vizsgálom, valamint azt, hogy a főváros vasúthálózatát érintő fejlesztések, milyen mértékben járulnak hozzá a tervezett jövőkép kialakításához. Mint ahogy azt korábban említettem, a térinformatika számtalan alkalmas eszközzel rendelkezik a közlekedési hálózatok, illetve a vasútvonalak elemzésére, melyeket gyakran felhasználnak egy adott hálózat fejlesztése során, különböző potenciálmodellek és egyéb vizsgálatok elkészítéséhez. Ahhoz azonban, hogy megbízható eredményt kaphassunk, mindenekelőtt megbízható adatokra van szükségünk.

A térinformatika alapja, hogy különböző geometriai (térbeli) objektumokhoz leíró adatokat kapcsolunk és az így létrejött adatbázissal különböző műveletek, elemzések végezhetők. Ebből adódóan egy vizsgálat megkezdése előtt erre a két adattípusra van szükségünk. Fontos az adatgyűjtés előtt kijelölni azt a területet, amivel a munkánk során foglalkozni fogunk, ezzel csökkentve a felesleges adatok feldolgozásával eltöltött időt.

A kutatásom során elsősorban Budapest és környező települések adataira támaszkodtam. A térbeli adatok nagyrésze nyilvánosan elérhető, internetes adatbázisokból származik. Ezek közül is kiemelném az Open Street Map-et, ami egy csoportmunkán alapuló, szabadon szerkeszthető és elérhető, online térkép. A tartalmát bármelyik regisztrált felhasználó szerkesztheti, melyet általában GPS-es felmérések előznek meg. A felhasználók által közzétett tartalom bárki számára ingyenesen elérhető, nem szükséges regisztrálni hozzá. Habár az adatbázis elsősorban a közlekedési adatok gyűjtésére szolgál, természetföldrajzi tulajdonságokkal, területhasználati adatokkal, illetve a különböző közigazgatási egységek határaival is kiegészíti azokat. Egyes területeken még az épületek elhelyezkedését és alakját tartalmazó réteggel is találkozhatunk. Az adatbázis teljessége és minősége nem egyenletes. Nagyban függ attól, hogy az adott területen hány ember és milyen minőségben foglalkozik annak szerkesztésével. Általánosságban elmondható, hogy a nagyobb európai városok esetében az Open Street Map adatbázisnak részletessége az állami intézmények és különböző piaci cégek adatbázisainak felel meg, míg a vidéki területeken lényegesen elmarad attól. A városias területeken jellemzően rövid idő alatt rögzítik az újonnan épült útszakaszokat, míg a vidéki területeken ezzel szemben gyakori, hogy csak a meglévő úthálózat, illetve egy-két egyéb elem található meg az adatbázisban (Geofabrik, 2022). Az Open Street Map-et előszeretettel használják alaptérképként bizonyos adatok megjelenítése esetén, például a Budapesti Közlekedési Központ utazástervező alkalmazása (BKK Futár) is az Open Street Map jelenik meg alaptérképként annak online felületén.

Felmerülhet a kérdés, hogy mennyire számítanak pontosnak az Open Street Map adatai, ha azokat gyakorlatilag bárki szerkesztheti, földrajzi, kartográfiai vagy térinformatikai képzettség hiányában is. Számos tudományos szakkikk foglalkozik ezzel a kérdéssel. Egy 2010-ben írt tanulmányban a másik kettő, internetes térképszolgáltatással vetették össze az Open Street Map pontosságát, a Google Maps-szel és a Bing Maps-szel. Mindkettő ingyenesen elérhető, azonban a tartalmát módosítani nem lehet, azt a szolgáltatást üzemeltető cégek végzik. A tanulmányban Írország különböző pontjain vetették össze a térképek adatait. A vizsgált területek mindegyikén megszámozták a térképen megjelenő utak és egyéb objektumok számát, valamint azok helyességét (pozíció, helyesen megjelenő név stb.).

Az eredmények azt mutatták, hogy az Open Street Map-en esetében az egyes objektumok helyzete pontosabb, mint a másik két térkép esetében, melynek oka, hogy a felmérések nagyrésze GPS-szel történik, amíg a másik kettő térkép esetében gyakori a műhold képről automatizált digitalizálás, amely sokszor egy pár méteres eltérést mutat a valódi pozíciótól. Emellett általánosságban elmondható, hogy az Open Street Map-en gyorsabban megjelennek a változások (egy új útszakasz vagy híd), mint a két másik internetes térképen, azonban fontos kiemelni azt is, hogy egy terület aktualitása és részletessége nagyban függ attól, hogy az adott területen hányan foglalkoznak a térkép szerkesztésével. (Ciepluch, 2010)

A diplomamunkámban szereplő, különböző elemzések és térképek elkészítéséhez az Open Street Map vasúthálózatát, valamint közigazgatási határait használtam. Az adatokat a Geofabrik weboldaláról töltöttem le, amely az Open Street Map ingyenes adatbázisához biztosít hozzáférést. Az adatokat a kívánt ország kiválasztása után, összesítetten lehet letölteni. A tömörített fájl számos shapefájlt tartalmaz, melyek a kiválasztott területre vonatkozó egyes rétegeket tartalmazzák. A letöltött adatok között egyaránt találunk pont, vonal és poligon típusú vektoros rétegeket. A vonalak a közlekedés főbb elemeit (utak, vasútvonalak), a poligonok a különböző közigazgatási egységeket, valamint a területhasználati adatokat, a pont rétegek pedig a különböző természeti látnivalókat, illetve nevezetes helyeket tartalmazzák.

A Open Street Map adatai alapértelmezetten WGS 1984 (EPSG:4326) vetületűek. A különböző rétegek más-más attribútum adatokkal rendelkeznek, azonban három mező mindegyik shapefájl esetében megtalálható. Ezek az adott geometria egyedi azonosítóját tartalmazó „*osm_id*” nevű mező, valamint a „*code*” és az „*fclass*” nevezetű mezők, melyek az adott geometria típusát tartalmazzák kódolt, illetve szöveges formában. Emellett további mezőket találunk, melyek minden rétegre egyediek. A vasúthálózat esetében ezek a „*name*”, a „*layer*” a „*bridge*” és a „*tunnel*”. A „*name*” mező az adott vonalszakasz számát, illetve bizonyos esetekben a viszonylatot adja meg. Mivel az egyes vasútvonalak nem egy geometriaként vannak tárolva, hanem számos, rövid szakaszból állnak, ezért előfordulhat, hogy a név ugyanazt az értéket tartalmazza több geometria esetében is. Erre a szakaszolásra azért van szükség, mert az Open Street Map adatai nem csak a nyomvonalat, hanem az egyes műtárgyakat (alagutakat és hidakat) is jelölik. Ezeket a „*bridge*” és a „*tunnel*” mezőkben tárolt, logikai értékek segítségével adja meg. Az utolsó, vasúti szakaszokat leíró attribútum, a „*layer*” mezőben megadott számérték, amely a vasúti vonalak egymáshoz viszonyított vertikális elhelyezkedését adja meg azokon a területeken, ahol több vasútvonalak nem egy szintben keresztezik egymást, például nagyobb csomópontokban.

Az elemzéshez azonban a geometriákon túl szükségem volt különböző leíró adatokra is, amelyek elősegítették a vasúthálózat vizsgálatát. Az adatok kiválasztásánál fontos szempont volt, hogy az adatok megbízható forrásból származzanak, illetve azok minél aktuálisabb képet mutassanak a vizsgált jelenségekről. Az adatok egy része nyilvánosan elérhető, internetes adatbázisokból származik, de ezek tartalma gyakran csak korlátozva érhető el, ezért előfordult, hogy külön adatigényléssel fordultam egy-egy intézményhez. Ilyenkor mindig fontosnak tartottam, hogy a lehető legkompetensebb, az adatokat minél közvetlenebb módon gyűjtő forrástól szerezzem be.

A statisztikai adatok, amik segítettek az budapesti agglomeráció lehatárolásában a Központi Statisztikai Hivatal népszámlálási adataiból származnak, melyek nyilvánosan elérhetők az intézmény honlapján. Magyarországon 1870 óta tartanak rendszeresen népszámlálást nagyjából 10 éves időközönként. Két népszámlálás között, az adatok frissítésének céljából úgynevezett mikrocenzust szerveznek, ami nem a teljes lakosság körében, hanem mintavételezés útján végeznek el. A részvétel mellett a gyűjtött adatok köre is kisebb, a mikrocenzusok során csak a fontosabb népességi és gazdasági mutatókat frissítik. A legutolsó népszámlálást 2011-ben tartották hazánkban. Ennek oka, hogy az eredetileg 2020-ra tervezett következő népszámlálás a Covid19-pandémia következtében nem valósulhatott meg, pótlása 2022 őszén várható. 2016-ban ugyan megtartották az 2011-es adatok aktualizálást szolgáló mikrocenzust, az azonban a számomra szükséges ingázási adatokat nem tartalmazza, ezért az agglomeráció lehatárolásához kénytelen voltam a 2011-es népszámlálási adatokkal dolgozni. Az adatokból egy 2014-ben írt tanulmányhoz Kiss János Péter és Szalkai Gábor egy ingázási mátrixot készített, ezt használtam én is a Budapestre ingázók számának megállapításához (Kiss-Szalkai, 2014).

A mintaterületre vonatkozó közúti elérhetőségi adatokat a konzulensem, Szalkai Gábor bocsátotta a rendelkezésemre. Ezek az adatok az adott településről Budapestre való eljutás időtartamát jelentik, percekben kifejezve. Az elérhetőségi idők nem tartalmazzák az esetleges torlódásokkal járó többletidőket.

A vasúthálózaton való elérhetőség kiszámításához több leíró adatra is szükségem volt. A vasútvonalakon alkalmazható legnagyobb sebességre vonatkozó adatok a Vasúti Pályakapacitás Elosztó Kft. online elérhető adatbázisából származnak. Az állami tulajdonú cég, a magyarországi vasúthálózat pályakapacitásának elosztásával és a vasúti szervezetek pályahálózathoz történő hozzáféréseinek költségeivel, valamint azok beszedésével foglalkozik (Vasúti Pályakapacitás Elosztó Kft. honlapja).

A vasúthálózatra és a jelenlegi személyforgalomra vonatkozó adatokat a MÁV-START Zrt. közérdekű adatokkal foglalkozó szervezeti egységétől igényeltem. Az utasszám adatokat a megjelölt

vonatokra vonatkozóan, 2013 és 2021 között, hónapok szerint kaptam meg. 2013-tól egy új módszer segítségével állítják elő a személyforgalomra vonatkozó adatsorokat, a vasúttársaság ettől az időponttól rendelkezik jó megbízhatósági fokú, vonali teljesítmény adatokkal. Mivel a 2013 előtti adatok egy másik adatbázisból és más módszertannal álltak elő, ezért azok nem vethetők össze az új számítással létrejött adatokkal.

A jelenlegi elérhetőség kiszámításához a MÁV-START Zrt. menetrendi adatiból származó menetidőket vettem alapul. A különböző szakaszokra vonatkozó menetidők a vasúttársaság online felületéről, az Elektronikus Vasúti Információs Alrendszerrel vagy más néven ELVIRÁ-ról származnak. Az ELVIRA egy utastájékoztató rendszer, amely célja, hogy az utasok egy egyszerű lekérdezéssel hozzájussanak a vonatok menetrendi-, díjszabási- és egyéb adataihoz (Pécsi, 2017). Ahol lehetséges volt, ott a legfrissebb menetrendi adatokkal dolgoztam, azonban több vonal esetében is, az aktuális vágányzár miatt, kénytelen voltam a korábbi adatokat használni.

4.2. A munkafolyamat

Budapest vasúthálózatának térinformatikai elemzését a város és az azt körülvevő agglomeráció lehatárolásával kezdtem meg. Ehhez szükségem volt az ingázási adatok térbeli megjelenítéséhez, ezért az Open Street Map adatbázisából származó magyarországi települések közigazgatási területeit kellett összekapcsolnom a 2011-es népszámlálás ingázási adataival. Ehhez először az ingázási adatokból kimutatást készítettem, ezzel leszűrve a Budapestre ingázók számát. Ahhoz, hogy kiszámíthassam az adott településről Budapestre ingázók arányát, a települések népességi adataira is szükségem volt. Ezt a Központi Statisztikai Hivatal megyék szerint teszi közzé. Habár a népességre vonatkozóan a 2011-es népszámlálásnál későbbi adatok is a rendelkezésre álltak, az összehasonlíthatóság érdekében itt is a népszámlálás adataira hagytam. A lakónépességet, a Budapestre ingázók számát és azok arányát egy új Excel táblába gyűjtöttem.

A diplomamunkám elkészítése során az Esri ArcMap szoftverének 10.4.1-es verziójával dolgoztam. Mint ahogy azt korábban már említettem, a közigazgatási határok alapértelmezetten WGS-1984 vetületűek, ezért az első lépésként az állományt átranzformáltam a Magyarországon általánosan használt egységes országos vetületbe (EOV). Ezután az Excel táblában tárolt adatokat hozzákapcsoltam a települések poligonrétegéhez az ArcMap Join funkciójával. Fontos kiemelni, hogy a Microsoft Excel jelenlegi, alapértelmezett formátumát (.xlsx) az ArcMap ezen verziója nem tudja kezelni, ezért azt a csatolást megelőzően az adatokat tartalmazó táblát egy korábban használt formátumként kell elmenteni (.xls). A csatolást a települések neve alapján hajtottam végre, mivel az mindkét állományban szerepelt és ezért egyértelmű kapcsolatot hozott létre a geometriák és az

ingázási adatok között. Az így létrejött poligon réteg azonban csak ideiglenes tárolja a kapcsolat adatokat, ezért azt egy új shapefájlként mentettem el. Ezután az adatokkal ellátott települések poligonjai közül kiválasztottam azokat, amelyek megfelelnek a megszabott követelményeknek, melyek a következők voltak: ingázók száma nagyobb, mint 1146 fő, illetve ingázók aránya nagyobb, mint 1,56%. Az értékeket a natural breaks optimalizációval határoztam meg, majd leválogattam azokat a településeket, amelyeknek nem volt közös határszakasza valamely másik településsel. Végül hozzáadtam a kijelöléshez azokat a településeket, amelyek ugyan nem tartoznak bele a követelményekbe, de földrajzilag az agglomerációban fekszenek, hogy egy egybefüggő mintaterület kapjanak. A lehatárolt agglomeráció településeit, valamint Budapestet ezután egy új shapefájlba exportáltam, majd azokat egy poligonná vontam össze a „Merge” funkcióval, így jött létre az agglomerációt tartalmazó poligon.

Az agglomeráció lehatárolásához egy internetes felületet is készítettem, melyet HTML nyelvben írtam meg. Az adatok megjelenítésére a Leaflet könyvtárat használtam, amely egy ingyenesen elérhető JavaScript könyvtár, melynek segítségével interaktív térképeket készíthetünk. A Leaflet tartalmazza az összes alapvető térképezési funkciót, de akár tovább is bővíthető beépülő modulokkal (Leaflet, 2022) Az általam készített weboldalon a felhasználónak lehetősége nyílik az ingázási adatokra vonatkozó követelmények beállításra, melyek megadása után a térképen megjelenik a lehatárolt agglomeráció. Az egyes településekre kattintva az adott településre vonatkozó leíró adatokat jeleníthetünk meg, megtudhatjuk az ingázók számát, az ingázók arányát, a település teljes lakónépességét és a közúti elérhetőségét. Emellett lehetőség van az alaptérkép kiválasztására is.

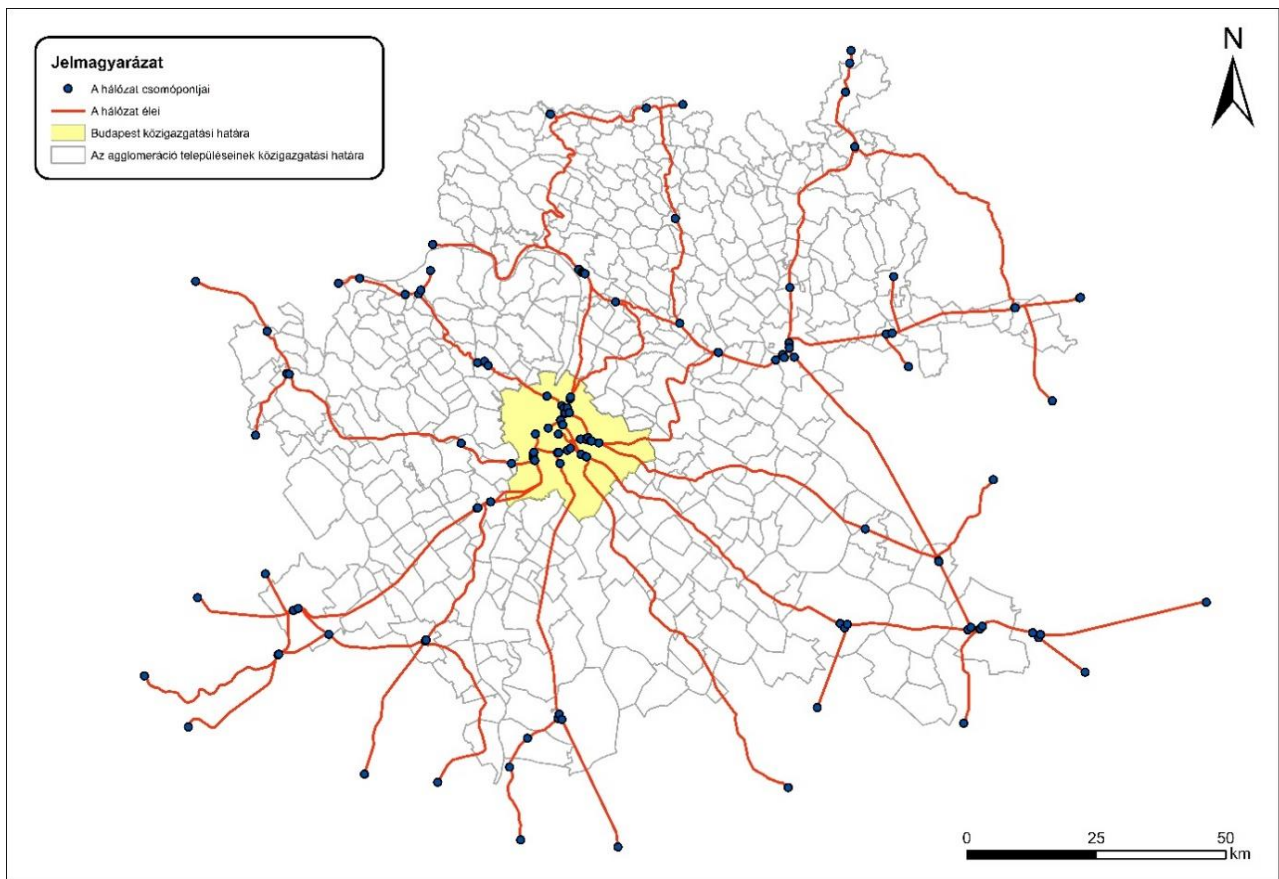
A vasúthálózaton való elérhetőség kiszámításához elsősorban a hálózat kialakításához volt szükség. Ahogy korábban már említettem, ehhez szintén az ingyenesen elérhető Open Street Map adatait használtam, azonban ezeket mindenképpen át kellett alakítanom a megfelelő eredmény érdekében. Az első lépés itt is a vetülettranszformáció volt, azonban a vasúthálózat esetében WGS-1984 vetületből Univerzális Transzverzális Merkátor (UTM) vetületbe (EPSG:32634). Ennek oka, hogy a későbbiekben szükségem lesz a vasútvonalak hosszára és annak megfelelő számításához méter alapú vetületre lesz szükségem. Ezután következett a vasúthálózat szerkesztése, amely minden bizonnyal a munkamenet leghosszadalmasabb szakasza volt. Az Open Street Map állománya nem vasútvonalak szerint, hanem annál kisebb szakaszokban tárolja a vasúthálózat elemeit, ezért azok összevonásához, az egyes vonalak szerint, a „Merge” funkciót alkalmaztam. Az Open Street Map-en sok olyan vágány is szerepel, amin nem zajlik személyforgalom, ezért annak érdekében, hogy ezek ne befolyásolják az elérhetőségi vizsgálatot, eltávolítottam őket az adatbázisból.

A következő lépés a topológiai vizsgálat volt, mely során a kialakított vasúthálózat helyességét ellenőriztem. Ehhez öt szabályt alkalmaztam, melyek a következők voltak: két vonal nem fedheti egymást, egy vonal nem fedheti önmagát, két vonal nem keresztezheti egymást, egy vonal nem keresztezheti önmagát és végül nem lehet multipart geometria. A topológiai vizsgálat összesen 66 hibát adott, melyek nagyrésze a vonalak kereszteződésénél alakult ki. A javítás során ezek túlnyomó többségéről kiderült, hogy nem valós hiba, mivel olyan helyeken is kiemelte ezeket a pontokat, ahol a vasútvonalak vertikálisan, több szintben metszik egymást, tehát az adatbázisban ezeken a helyeken nem szükséges a vonalas elemeknek megszakadniuk.

Ezután a „*Select by Location*” funkcióval leválogattam azokat a vasútvonalakat, amelyek metszik az agglomeráció területét. Ehhez azért nem elegendő egyszerűen a „*Clip*” funkciót használni, mert előfordul olyan eset is, hogy a vasútvonal kilép az agglomeráció területéről, azonban egy elágazást követően visszatér az agglomeráció területére. Mivel szükségem volt ezekre a vonalszakaszokra is, ezért a kijelölésnél az „*Intersect*” funkciót választottam. Ezután a leválogatott vasútvonalakat egy külön shapefájlba mentettem el.

4.3. Az elérhetőség kiszámítása

Az elérhetőség kiszámításához szükségem volt még a vonal hosszát, a vonalon alkalmazható legnagyobb sebességet, valamint a vonal bejárásához szükséges idő megadására is. Ehhez két új mezőt hoztam létre a vasúthálózat attribútumtáblájában. A hosszadatok kiszámításához a „*Calculate Geometry*” funkciót használtam, azokat kilométerben adtam meg. Erre azért volt szükség, mivel a sebességre vonatkozó adatokat is km/h-ban adtam meg. A sebességre vonatkozó adatokat a korábban említett adatbázisból, a vasútvonalak megfelelő szakaszaihoz csatoltam. Ezután a vonal bejárásához szükséges időt könnyedén kiszámolhattam az előző két adat segítségével. Az időt percekben számoltam ki.



4. ábra: Az elkészült hálózati adatbázis (fejlesztéseket megelőzően), amely a hálózat éleiből és csomópontjaiból áll (saját szerkesztés)

Emellett egy negyedik mezőbe megadtam az egyes szakaszok menetidejét is, melyet a menetrendi adatbázisból gyűjtöttem. Mivel az elérhetőség kiszámítás során a program az egyes poligonok kiterjedését a vonalhálózaton automatikusan számolja, ezért nem szükséges minden megállóköz menetidejét megadni, hanem elég egy-egy nagyobb szakaszhoz hozzárendelni a bejáráshoz szükséges menetidőt. Azokon a vonalszakaszokon, amihez nem tudtam a menetrendi adatokból megállapítani a menetidőt (jellemzően rövid, összekötő szakaszok, illetve a hálózat szempontjából fontos kitérők), a korábban a hosszából és a sebességéből kiszámított időt alkalmaztam. Fontos, hogy minden szakaszhoz tartozzon adat.

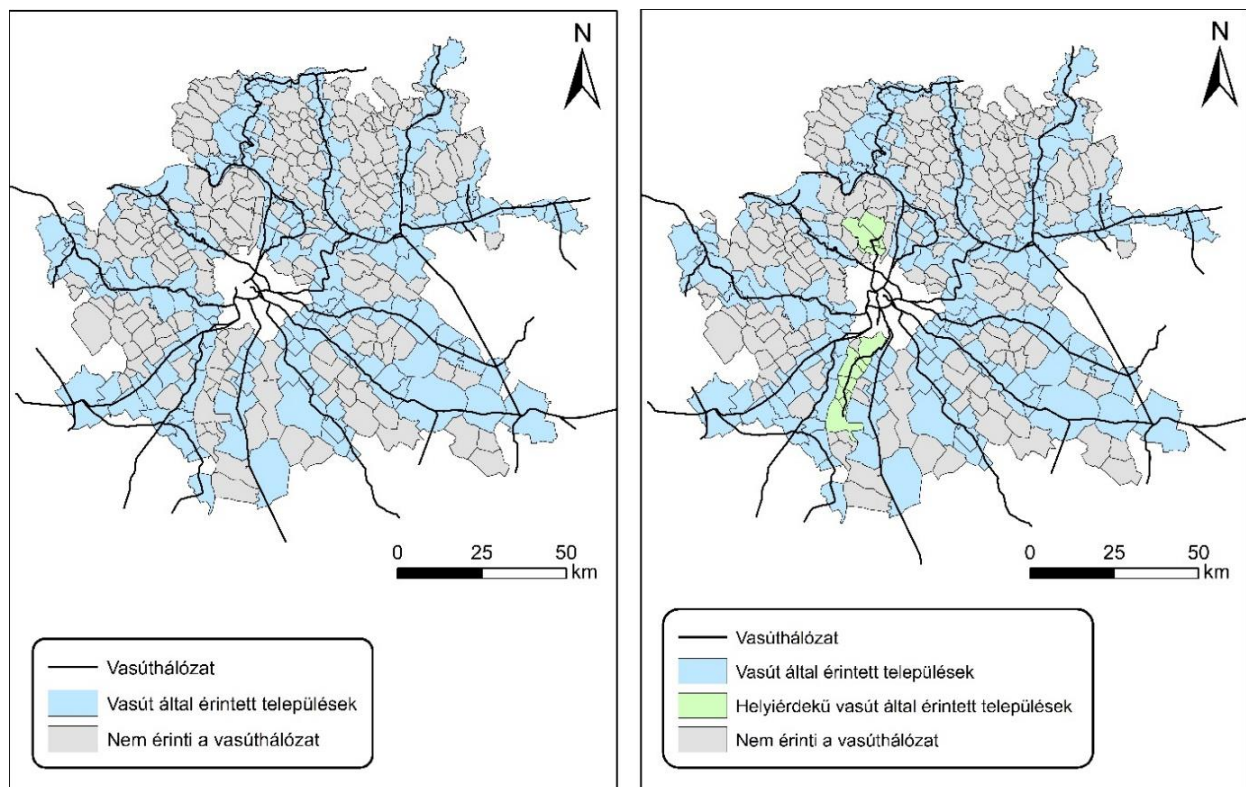
Miután minden szükséges adatot megadtam, a vetületet is beállítottam és a hálózat topológiáját is ellenőriztem, megkezdhettem az elérhetőség kiszámítását. Ehhez először egy új hálózati adatbázis (Network Dataset) létrehozása szükséges. Itt szükséges beállítani a korábban kiszámított költségeket, jelen esetben a vonalszakasz hosszát és a bejáráshoz szükséges menetidőt. Az elkészült hálózati adatbázisból az ArcMap „Network Analyst” eszköztárban különböző elemzéseket hajthatunk végre, az elérhetőséghez a „Service Area” funkciót alkalmaztam, amely a megadott költségnek megfelelően alakítja ki az egyes elérhetőségi poligonokat.

A poligonok létrehozása előtt azonban szükséges néhány beállítás elvégzése. Elsőként meg kell adnunk azt a pontot, aminek az elérhetőségét vizsgálni szeretnénk. Ehhez a Nyugati-pályaudvart választottam, mivel a Budapesti Agglomerációs Stratégia fejlesztéseinek köszönhetően ez a pályaudvar lesz a legjelentősebb vasúti csomópont. Amellett, hogy a főváros pályaudvarai közül ez található a legközelebb a szűken értelmezett bevároshoz, a Nyugati-pályaudvar a városi közlekedésben is jelentős szerepet játszik majd, számtalan közlekedési kapcsolatának köszönhetően. A Nyugati-pályaudvart jelölő pontot egy külön shapefájlban rögzítettem, amit a többi állomáshoz hasonlóan UTM vetületben tároltam. A leszúrásnál figyelembe kellett venni, hogy a pont illeszkedjen a vasúthálózat eleimre, hiszen csak így lehetséges a hálózat menti elérhetőség kiszámítása. Ezután a poligon generálás paraméterei következtek. Először a kívánt időintervallumok megadására volt szükség. A vizsgálatomhoz az egy órás elérhetőséget választottam, mivel ennyi idő alatt az előzőleg lehatárolt agglomeráció nagy része elérhető. Ezen felül 5 perces különbségeket vizsgáltam, tehát program úgy alakítja ki az egyes poligonokat, hogy azok szélei között 5 perc utazási idő legyen szükséges. Az eredmény egy 5 perces léptékű elérhetőségi izokrón lett, amit egy külön shapefájlba mentettem el.

Ezt követően a Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia szerint módosítottam a meglévő vasúthálózatot. A Duna alatti alagutat, illetve a csepeli- és soroksári helyi érdekű vasutakat a szentendrei helyi érdekű vasúttal összekötő alagutat a pontos tervek hiányában kézzel, az ArcMap alapértelmezett szerkesztő eszközeivel módosítottam. A Duna alatti alagút esetében viszonylag jól kidolgozott, részletes tervről beszélhetünk, ezért azt pontosabban tudtam megrajzolni. Az észak-déli regionális vasút esetében főleg az áttekinthető térképek és fejlesztési dokumentumokra hagytam. Mindkét esetben az ArcMap alapértelmezett funkcióját használtam, amely segítségével különböző online alaptérképek érhetők el. A nyomvonalak digitalizálásához a műholdképet használtam. A módosításokat követően újra elkészítettem az elérhetőségi poligonokat. Fontos, hogy a vasúthálózatot és a menetidőket leszámítva minden paraméter változatlan maradt annak érdekében, hogy az elérhetőség összehasonlítható legyen a fejlesztések előtt és után is.

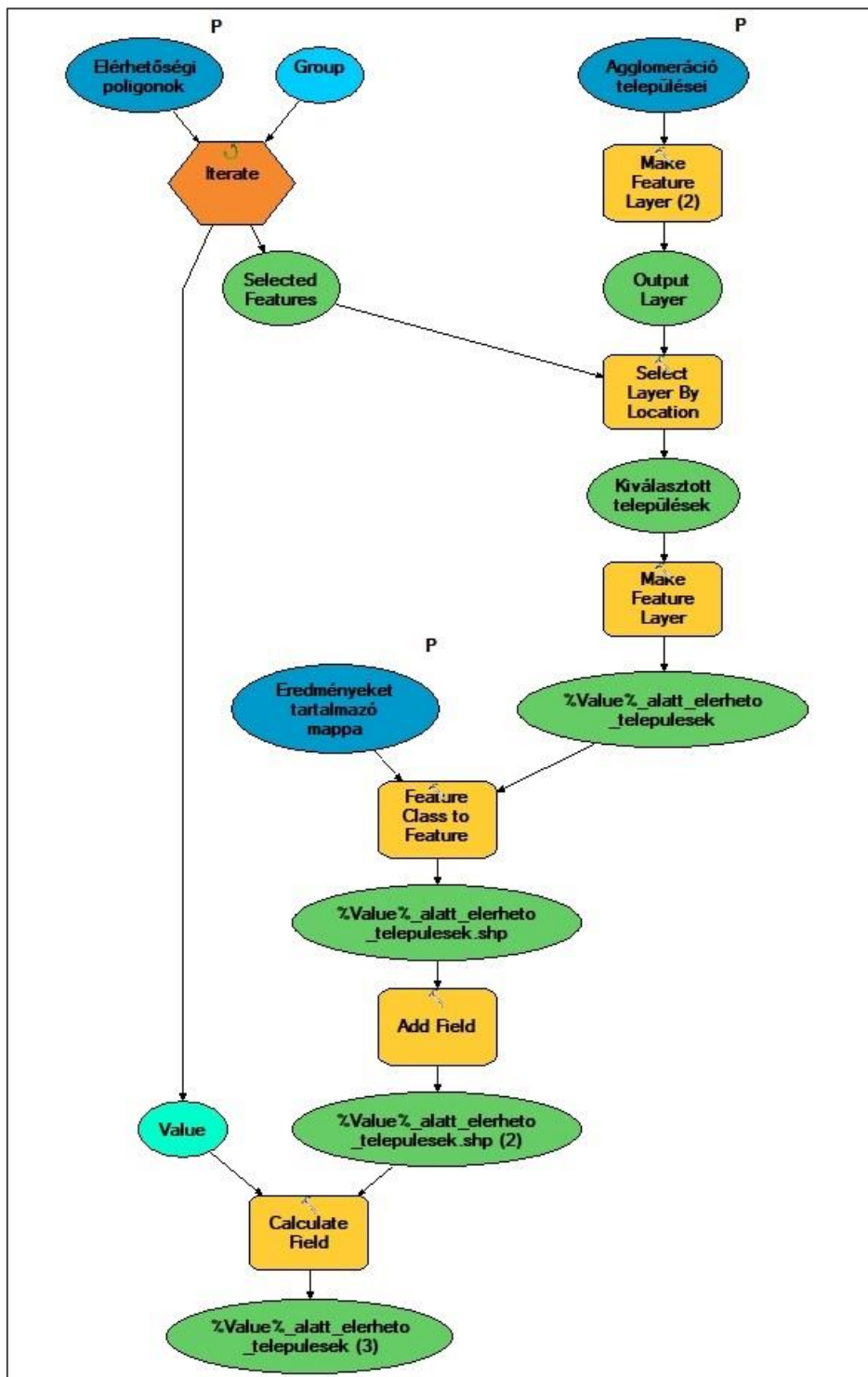
A létrejött poligonokból ezután kiszámítottam, hogy melyik települések tartoznak az adott elérhetőségi övezetbe. Mivel ehhez az összes poligonnal el kellett volna végezni a leválogatást, ami igen sok időbe vett volna igénybe, ezért a ModelBuilder segítségével készítettem egy toolt, ami leválogatja az egyes településeket elérhetőségük szerint (6. ábra). A ModelBuilder egy olyan felület az ArcMap programban, amellyel modelleket hozhatunk létre, szerkeszthetjük és kezelhetjük őket. A modellek olyan munkafolyamatok, amelyek a térbeli elemzésekhez használt tool-ok sorozatát fűzik egymás mellé, és az egyik tool kimenetét egy másik tool bemenetként adja meg. A ModelBuildert a munkafolyamatok létrehozására szolgáló vizuális programozási nyelvként is felfoghatjuk (ESRI).

A modell futtatását megelőzően a „*Select by Location*” funkcióval leválogattam a mintaterületből azokat a településeket, amelyeket érintenek a vasúthálózat elemei. Erre azért volt szükség, mivel az elérhetőségi poligonok interpolációval készültek és ezért olyan településeket is kiválasztana a modell, amelyek területén nem található vasúti megállóhely. A leválogatást, a jelenlegi és a fejlesztések utáni vasúthálózattal is megcsináltam, mivel a helyiérdekű vasutakat összekötő alagút közvetlen kapcsolatot biztosít a meglévő HÉV vonalak és a Nyugati-pályaudvar között és ennek köszönhetően további települések rendelkeznek vasúti kapcsolattal, azok száma a fejlesztéseket követően növekedett.



5. ábra: A mintaterület Nyugati-pályaudvarral közvetlen vasúti kapcsolattal rendelkező települései a fejlesztések előtt és után (saját szerkesztés)

A modell két bemeneti paraméterrel dolgozik, melyek az elérhetőségi poligonok, valamint az agglomeráció kiválasztott települései. A folyamat során végig iterál az egyes elérhetőségi zónákon és a „*Select Layer by Location*” tool segítségével leválogatja azokat a településeket, amelyek az éppen soron lévő elérhetőségi poligonon belül találhatóak. A leválogatás módjánál az „*COMPLETELY_WITHIN*” lehetőséget választottam. Ez azokat a településeket fogja kiválasztani, amelyek teljes területe az adott elérhetőségi poligon területére esik. Azért esett erre a módra a választásom, mert ezzel, bár generalizáljuk az eredményt, biztosíthatjuk, hogy az adott település mindegyik része elérhető Budapestről vasúton a megadott időn belül. Ezután a modell egy külön shapefájlba menti a leválogatott településeket, majd a végén egy új mezőt hoz létre az attribútum táblájukban, ahová az elérhetőséget be is írja percben.



6. ábra: A települések leválogatására használt modell sematikus rajza (saját szerkesztés)

Ezután a „Merge” tool segítségével összevonom a létrejött, leválogatott és elérhetőségi idővel ellátott településeket. Mivel az elérhetőségi poligonok fedték egymást, ezért a települések a saját elérhetőségüknél nagyobb poligonokba is belesznek és ezért a települések esetében előfordul, hogy egy település akár többször is szerepel az összevont állományban. Ezért ezeket a geometriákat el kell távolítani és az ismétlődő poligonok közül csak azt tartom meg, amelyiknek a legalacsonyabb az

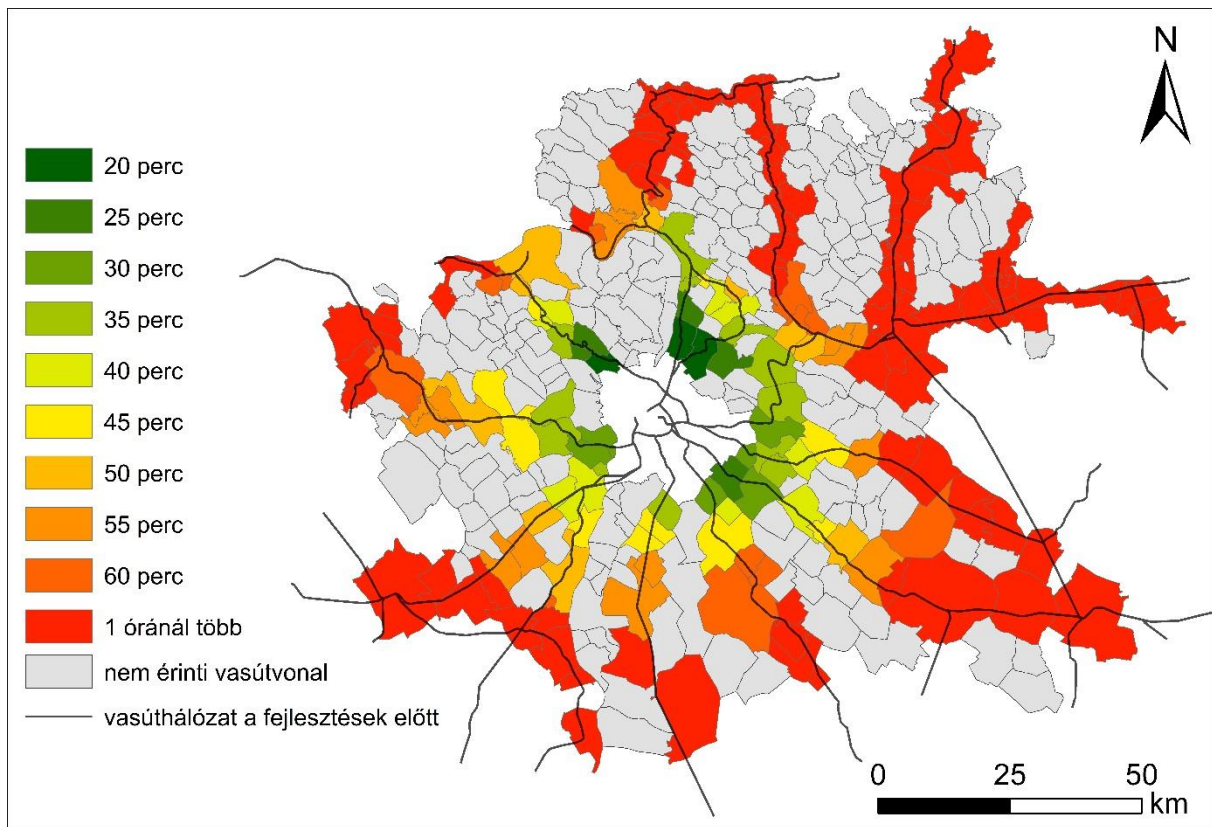
elérhetősége. Ehhez a „Dissolve” toolt használtam. A beállítások során az összevonást az OBJECTID nevű mező alapján végeztem el, mivel az mindegyik település esetében egyedi, valamint megadtam, hogy a modell során létrehozott elérhetőséget tartalmazó mezőkből a legalacsonyabbat, azaz a minimum értéket tartsa meg az összevont poligon.

Az elérhetőségi értékekkel rendelkező állományok attribútum adataiból ezután az ArcMap „*Field Calculator*”, illetve „*Statistics*” funkciójával kiszámolhattam a szükséges statisztikai adatokat, összevettem azokat a közúti elérhetőséggel, valamint megállapíthattam a fejlesztések potenciáját. Előbbi számtalan műveletet tesz lehetővé az attribútumtábla mezői között, utóbbi pedig egyes mezők statisztikáinak meghatározására alkalmas. Ezután az eredményeket különféle ábrákon jelenítettem meg, melyeket a következő fejezetben mutatok be.

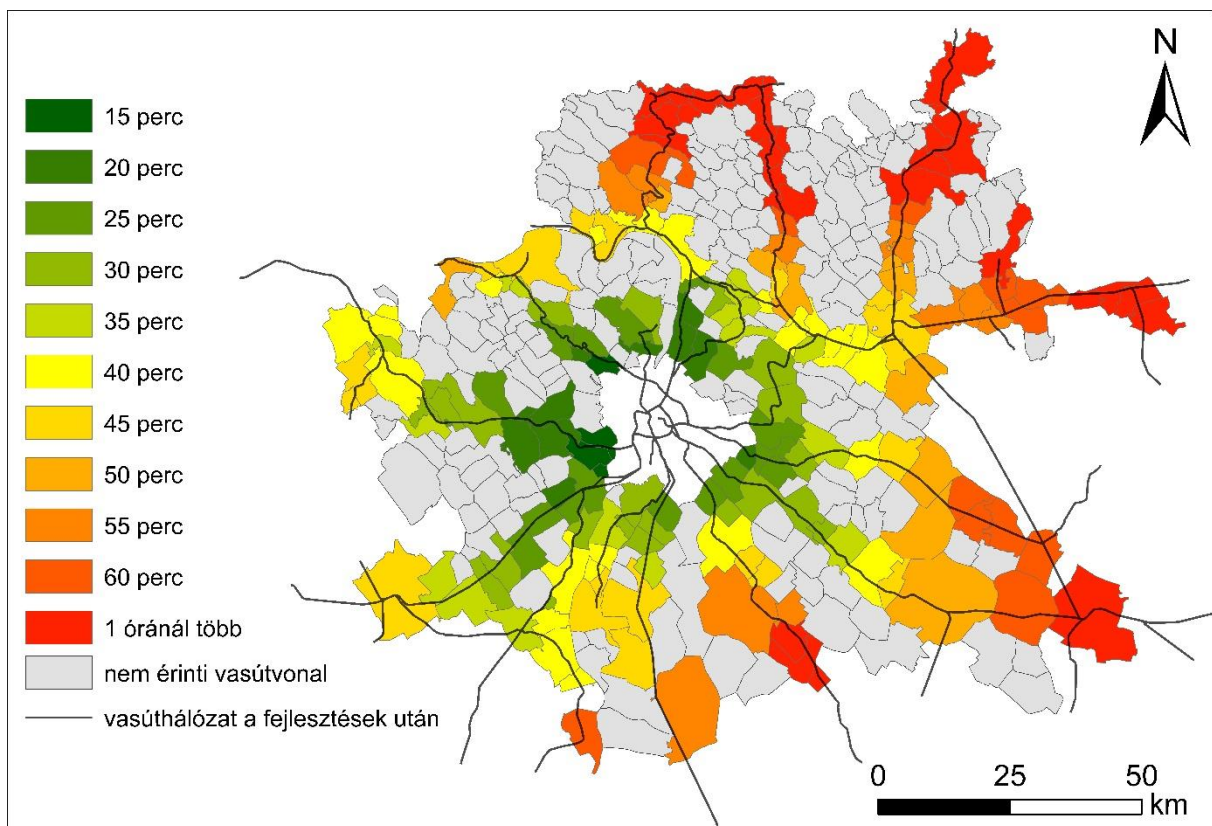
5. Eredmények

Az elérhetőségi vizsgálatok eredményeként két térkép jött létre: az egyik a Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia tervezett beavatkozásai előtti, a másik a fejlesztések utáni elérhetőségi állapotokat tükrözi. Az ábrákön azoknak a településeknek az elérhetőségét láthatjuk, melyeket érintenek a budapesti elővárosi vonalak. 389 településből 167-et érint a vasúthálózat a fejlesztések előtt. Ezek száma a stratégia fejlesztéseit követően 177-re emelkedik, köszönhetően a három helyi érdekű vasútvonal Nyugati-pályaudvart is érintő összeköttetésének, amely közvetlenül becsatolja őket a főváros vasúthálózatába.

A fejlesztéseket megelőző elérhetőséget bemutató ábrán (7. ábra) láthatjuk, hogy a jelenlegi menetrendnek megfelelően a kiválasztott mintaterület nagyjából fele érhető el vonattal egy órán belül a Nyugati-pályaudvarból. A települések jelentős része ezen az idősávon kívül esik, összesen 84 település érhető el a fővárosból egy óra alatt. Ez a vasúti kapcsolattal rendelkező települések mindösszesen 50,3%-a. A legkevesebb idő alatt elérhető település esetén is 20 perces utazásra van szükség. A 9. ábrán láthatjuk a települések százalékos eloszlását az elérhetőségi értékük szerint. A legnagyobb arányú csoport az 55 perc alatt elérhető települések, melyek 8,98%-ot tesznek ki az egy óránál kevesebb idő alatt elérhető településekből. A legalacsonyabb részaránnyal rendelkező csoport a fél óra alatt elérhető települések, ahová csupán három település tartozik. A mintaterület vasúti kapcsolattal rendelkező települései átlagosan 54,7 perc alatt érhetőek el a Nyugati-pályaudvarról.

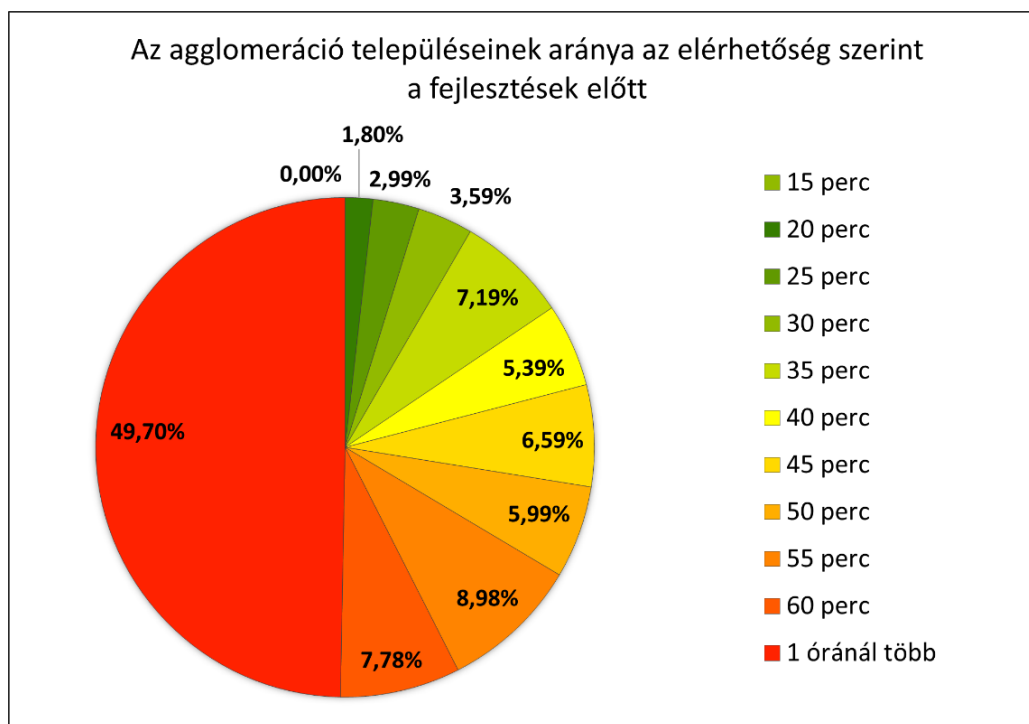


7. ábra: Települések elérhetősége Budapestről vasúton a fejlesztések előtt (saját szerkesztés)

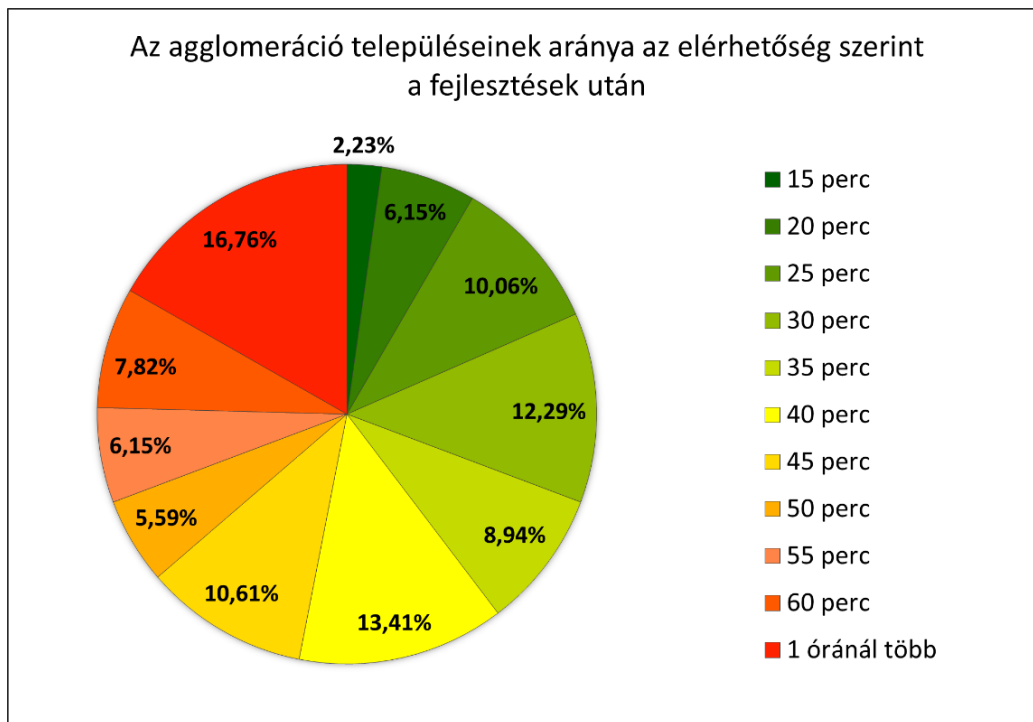


8. ábra: Települések elérhetősége Budapestről vasúton a fejlesztések után (saját szerkesztés)

A 8. ábrán láthatjuk a fejlesztések utáni elérhetőséget a vasút által érintett településeken. Jelentősen javult az elérhetőség a fővárosi agglomeráció nyugati részén, azonban az észak-keleti és dél-keleti területeken továbbra is találunk olyan településeket, amelyek csak egy óra alatt, illetve akár annál is többi idő alatt érhetőek el. A különböző elérhetőségi csoportok megoszlását a fejlesztéseket követően a 10. ábra mutatja be. Az egy óra feletti elérhetőségű települések aránya továbbra is a legmagasabb (16,8%), azonban számuk jelentősen csökkent, a stratégia beavatkozásai után már csak 30 település tartozik ide. Az egy óra alatt elérhető települések közül a legtöbb a 40 perces, valamint a 30 perces övezetben található, számuk 24 (13,4%) és 22 (12,3%). A 45 perc alatt elérhető települések száma is 19-re emelkedett, amivel immár az összes település 10,6%-át adják. A legkevesebb idő alatt elérhető település a fél órától 15 percre csökkent, ezen települések összesen 2,3%-ot jelentenek. Emellett megjelentek másik új csoportok is, a 20 és a 25 perc alatt elérhető települések. A fejlesztéseknek köszönhetően a mintaterület vasúti kapcsolattal rendelkező településeinek 30,7%-a elérhető kevesebb mint fél óra alatt vasúton a Nyugati-pályaudvarról. Ezek jellemzően a főváros közigazgatási határával szomszédos települések. A teljes agglomeráció elérhetőségének átlaga a fejlesztéseket követően 42,8 percre csökkent.



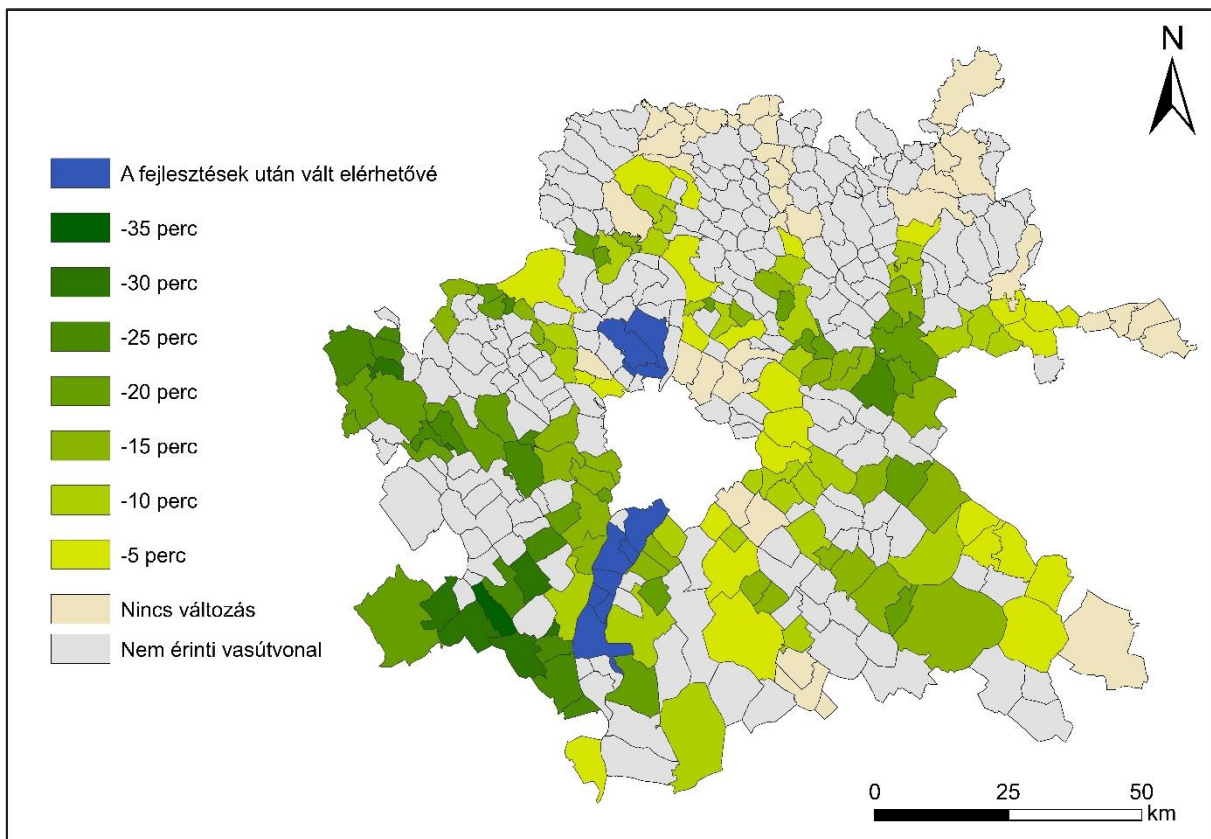
9. ábra: A települések aránya elérhetőség szerint a fejlesztések előtt (saját szerkesztés)



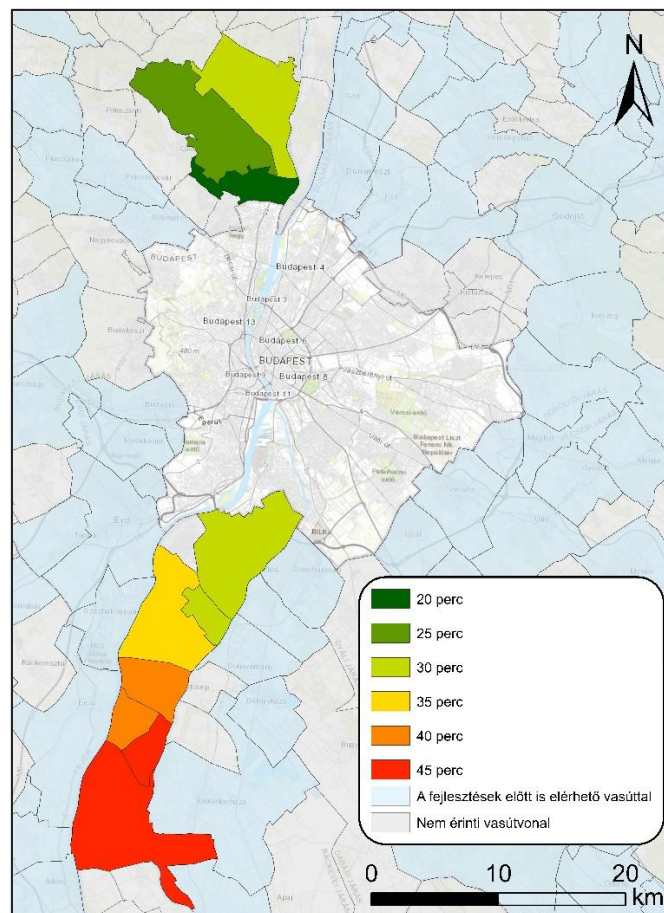
10. ábra: A települések aránya elérhetőség szerint a fejlesztések után (saját szerkesztés)

A 11. ábrán láthatjuk az egyes települések elérhetőségének változását a Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia beavatkozásai előtt, illetve után. Zöld színnel jelöltem azokat a településeket, amelyek elérhetősége javult a Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia beavatkozásait követően. Világosbarna színnel azokat a településeket láthatjuk, amelyek elérhetősége nem változott a jelenlegi helyzethez képest. Azok a települések, melyek a fejlesztéseket követően, a helyiérdekű vasutak becsatolásával kerültek bele a vizsgálatba, kék színnel jelöltem. Ezen települések esetében nem értelmezhető az elérhetőség változása, mivel a fejlesztéseket megelőzően nem képezték részét a vizsgálatnak és ezért azok utáni elérhetőségüket (12. ábra) nem lehet mihez viszonyítani. A sötét szín a vasúti kapcsolattal nem rendelkező településeket jelzi.

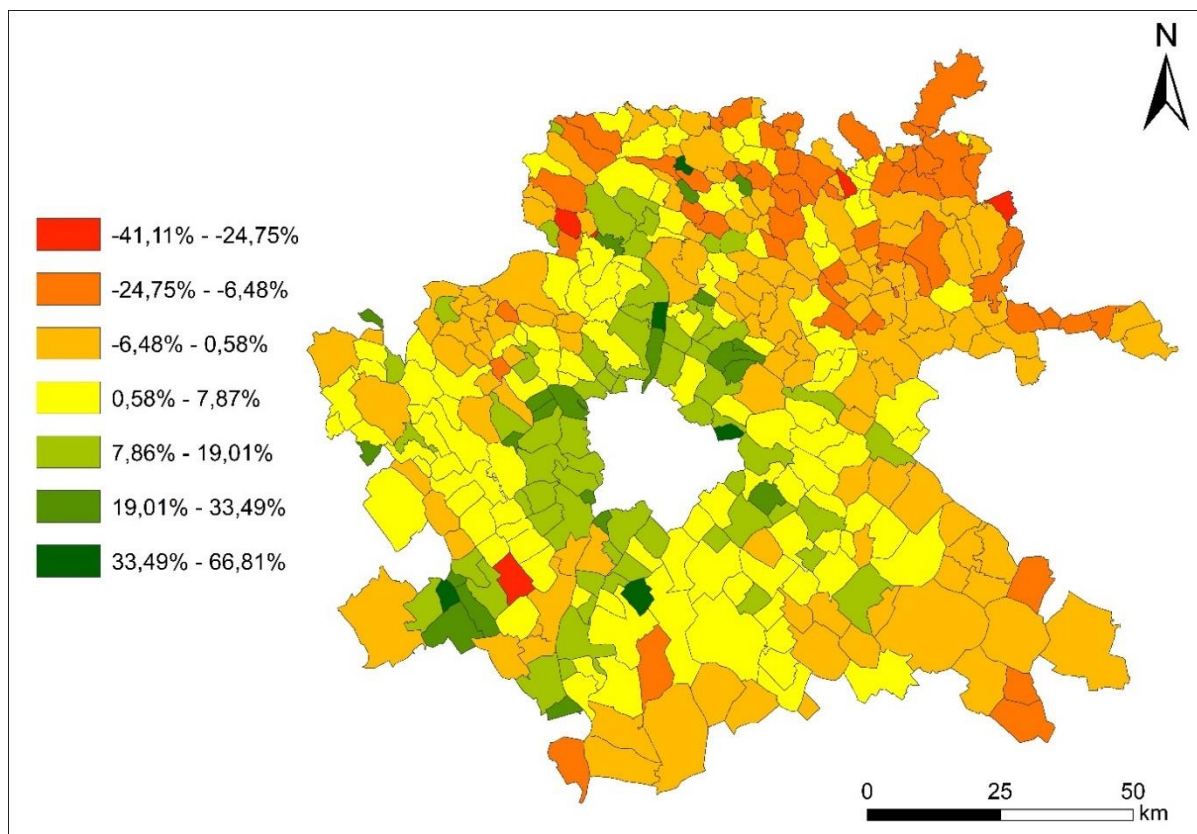
Itt is jól kivehető az a fővárostól nyugatra található terület, amelyet leginkább csökkent az elérhetőségük a stratégiában szereplő projekteknek köszönhetően. Az itt fekvő települések mindegyikének csökken az ingázási ideje a fejlesztéseket követően. A legjelentősebb változás Velence, Beloiannis, Gárdony, Pákozd és Pusztaszabolcs, Újbarok és Vértesszőlős esetében történt. Az első település esetében 35, utóbbiak esetében 30 perccel rövidült meg az utazás a főváros irányába. A többi település esetében 5 és 15 perc közötti csökkenés figyelhető meg. Ilyen településekből már az agglomeráció keleti részén is találkozunk, azonban ezek nem alkotnak összefüggő területet.



11. ábra: A települések elérhetőségének változása a fejlesztéseket követően (saját szerkesztés)

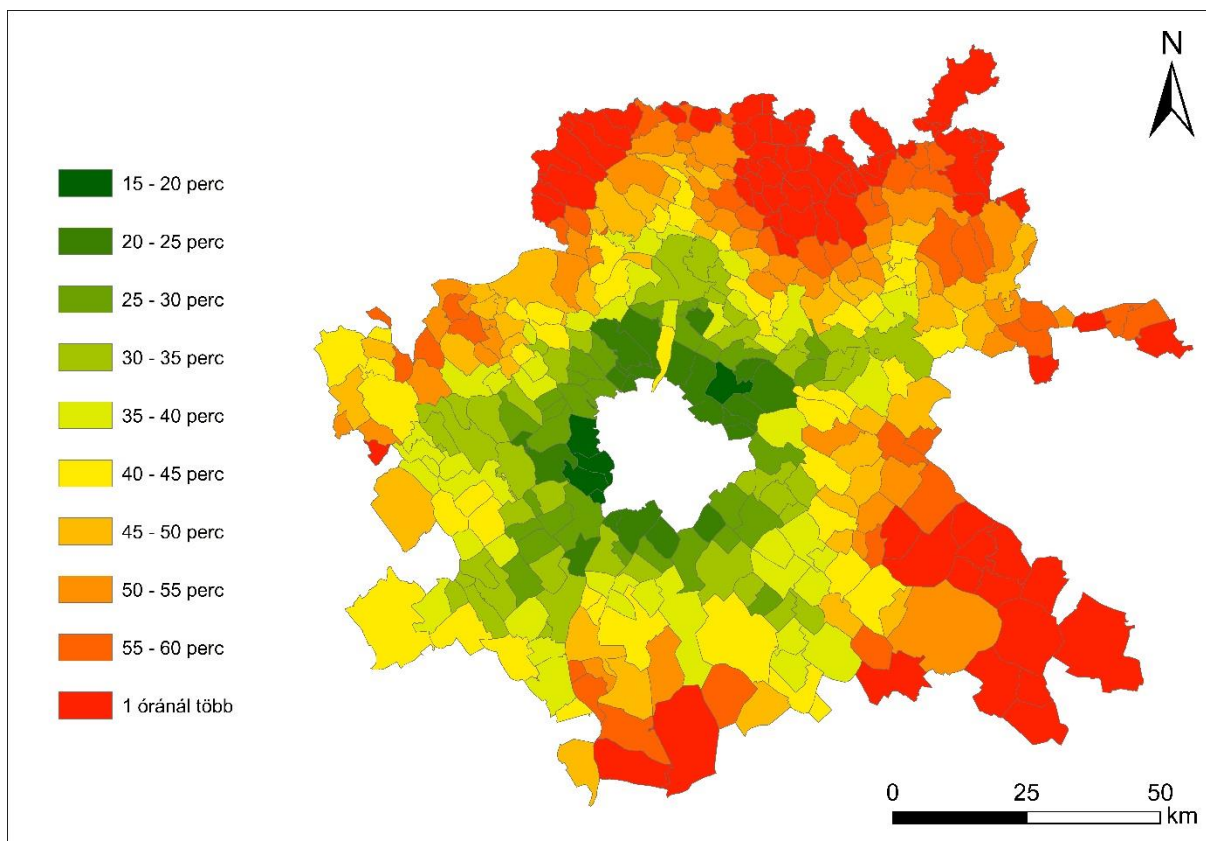


12. ábra: A fejlesztések után elérhetővé vált települések elérhetősége (saját szerkesztés)



13. ábra: A települések lakónépességének változása 2011 és 2021 között (adatforrás: KSH)

Az elérhetőséget ezután összevettem a népességi adatokkal, hogy megvizsgálhassam, hogy milyen mértékben függ össze a szuburbanizáció és az elérhetőség javulása. A 10. ábrán a települések lakónépességének változását láthatjuk a 2011 és 2021 között. A főváros közelében található települések közül szinte mindegyikben növekedett a lakosságszám a vizsgált 10 év alatt, míg a mintaterület Budapesttől távolabb eső részein csökkent. A mintaterület észak-keleti, illetve dél-keleti területein inkább csökkenő lakónépességgel találkozunk, míg a dél-nyugati, nyugati területeken a népesség növekedése jellemző. A legjelentősebb változás Délegyháza, Sukoró és Nagytarcsa esetében volt. A lakosságszám ezeken a településeken esetében több mint 50%-kal gyarapodott 2011 és 2021 között. A csökkenő népességű települések közül a legjelentősebb Márianosztra, ahol a lakosság több mint 40%-al csökkent. Jelentős csökkenést figyelhetünk meg továbbá Baracska és Cserhátszentiván lakónépességében is. Előbbi 26,7%-kal, utóbbi esetében pedig 26,4%-kal csökkent a lakosság. Településkategóriákat figyelembevéve megállapítható, hogy Érdet leszámítva az összes megyei jogú város és megyeszékhely lakossága csökkent. A mintaterület legnépesebb városai közül csak azoknak növekedett a népessége, amelyek közvetlenül határosak a fővárossal. A csökkenő népességű településekben jellemzően alacsonyabb az ingázási arány, mint azokban, ahol növekszik a népesség. Előbbiekben átlagosan a lakosság 4,21%-a ingázik a fővárosba, utóbbiakban pedig 10,48%.



14. ábra: A települések elérhetősége közúton (saját szerkesztés)

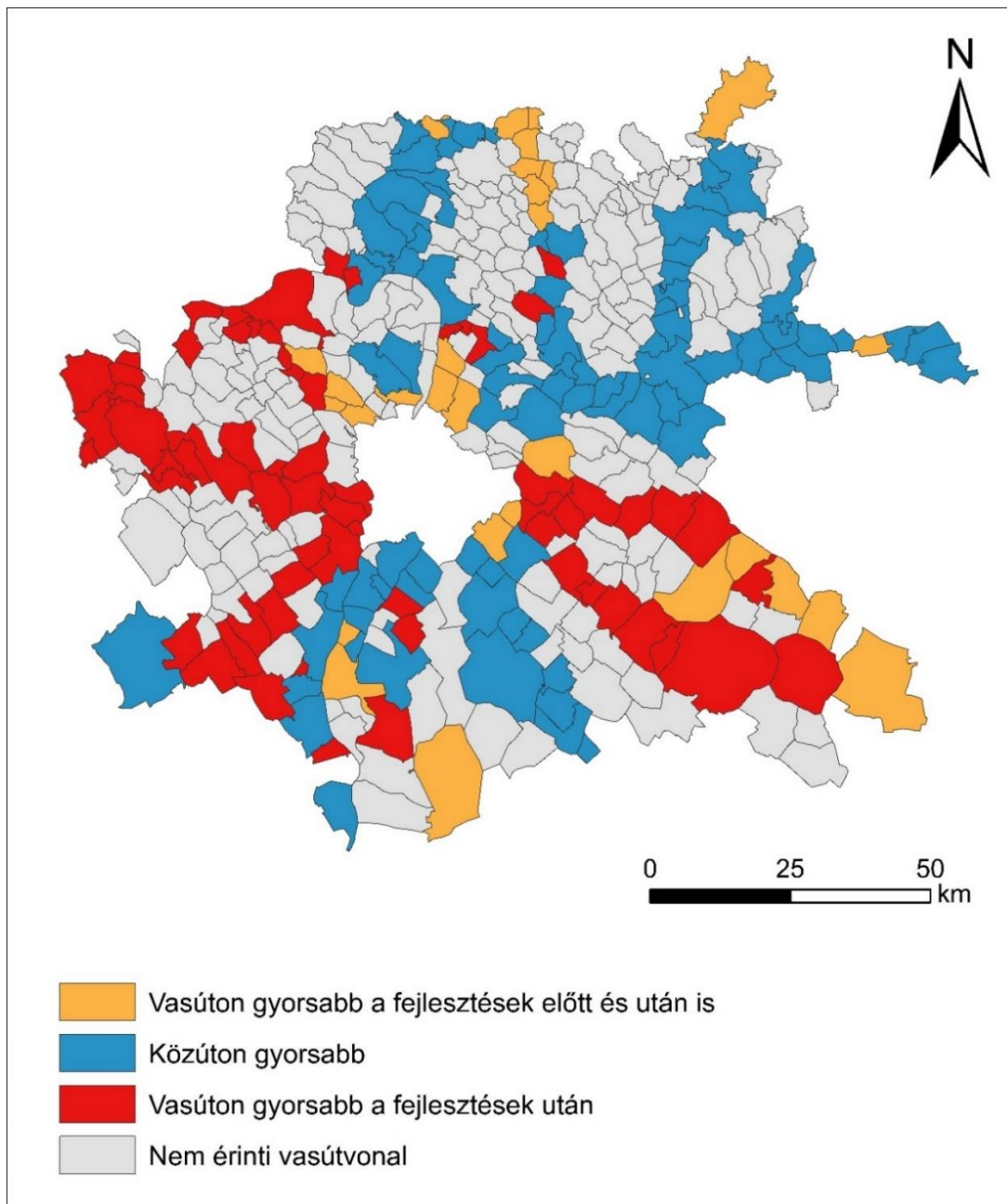
A 13. ábrán a mintaterület településeinek közúti elérhetőségét láthatjuk. A vasúti elérhetőséghez hasonlóan, közúton is elérhető a települések nagyrésze egy óra alatt, azonban a vizsgált terület Budapesttől távolabb eső részeinek eléréséhez több idő kell. A fővárostól észak-keletre elhelyezkedő települések tartoznak ide, azonban az agglomeráció dél-keleti részei is jelentősen több időt vesznek igénybe, mint a vasúton. A legkevesebb idő alatt elérhető település az agglomerációban Budaörs, ami kicsivel több, mint 16 percet vesz igénybe. A legtöbbet Nógrádsipek településre kell utazni, aminek eléréséhez több mint 93 perc szükséges. A teljes mintaterület átlagosan 46,2 perc alatt érhető el közúton.

Az előző adatok segítségével jött létre a 14. ábra, amely azokat a településeket mutatja be a mintaterületen, amelyek vasúton gyorsabban elérhetőek Budapestről, mint közúton. A kézzel jelölt települések közúton kevesebb idő alatt érhetőek el, mint vasúton. A zölddel jelölt települések elérhetősége a fejlesztéseket megelőzően rövidebb időt vett igénybe, mint azok után. A pirossal jelölt települések a fejlesztéseknek köszönhetően kevesebb idő alatt érhetőek el vasúton, mint közúton, a narancssárga színezésű településeknek pedig a Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia beavatkozásai előtt és után is a vasúti elérhetőségük volt kedvezőbb.

Ezen az ábrán is jól lehatárolhatóak azok a területek, amelyet pozitívan érintenek a stratégia fejlesztései. A fővárostól nyugatra fekvő településeket érintő vasútvonalak mindegyikén kevesebb ideig tart a Budapestre vezető út vasúttal, mint közúton. Ez leginkább az 1-es, a 2-es és a 30a vonalon történt változásoknak köszönhető. Emellett a mintaterület dél-keleti részén láthatunk egy viszonylag nagy kiterjedésű területet, ahol szintén rövidebb idő alatt érhetőek el a települések vasúton, mint közúton. Ezt a területet a 100a és a 120a vasútvonalak szolgálják ki. A fővárostól északra és délre is találunk olyan településeket, amelyek jobb elérhetőséggel rendelkeznek a vasúton, azonban ezek nem alkotnak egységes területet.

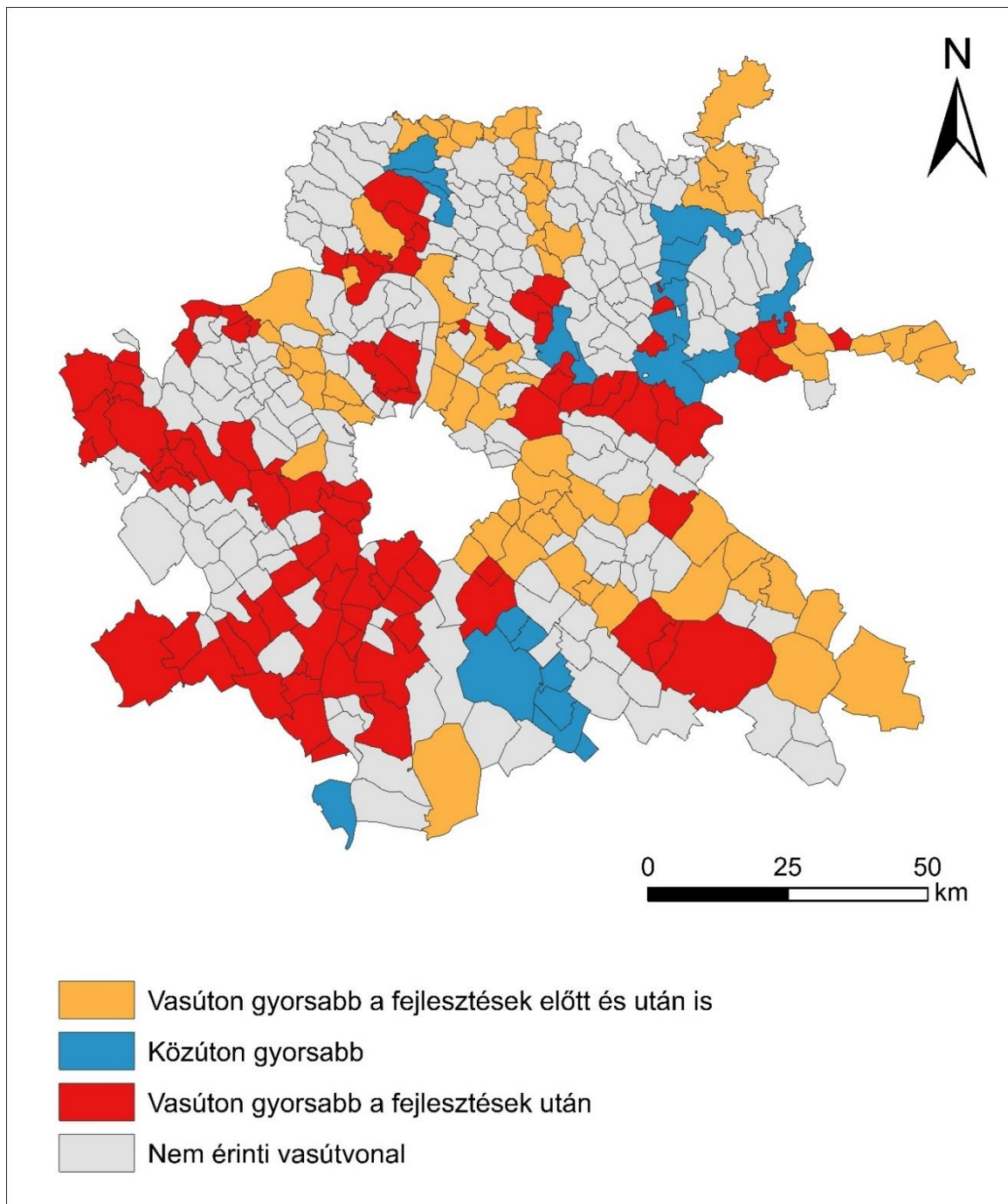
Összesen 94 olyan települést találunk, ahol a vasút gyorsabb elérést biztosít a fejlesztések után, mint közúti közlekedés. Ez a teljes mintaterület településeinek több mint felét, összesen 53,1%-át jelenti. Ezen települések átlagos elérhetősége 37,7 perc a vasúton, ami kevesebb, mint a teljes mintaterületé, valamint kevesebb, mint a közúti elérhetőség.

Ezen a területen az ingázási arány átlagosan 9,9%, de ide tartozik számos olyan település is, amelyek a legmagasabb ingázási aránnyal rendelkeznek. Ilyen például Dunakeszi, Maglód és Ecsér is, amelyek ingázási aránya közel 25%. Az ingázók száma átlagosan 1050,8 fő volt településenként, összesen pedig elérte a 98.773 főt.



15. ábra: A települések elérhetősége a legkevesebb időt igénylő módok szerint a fejlesztések előtt és után (saját szerkesztés)

Általánosságban elmondható, hogy a fejlesztéseknek köszönhetően jelentősen javul a szuburbanizáció által érintett települések elérhetősége. Azok a települések, amelyek gyorsabban elérhetőek lesznek vonattal, átlagosan 370,8 fővel gyarapodott a lakónépesség 2011 és 2021 között. Igaz, igen vegyes területről van szó, éppúgy idetartozik Salgótarján, ami az egyik leginkább érintett a népességcsökkenésben, ahogyan Érd is, ami ezzel szemben a legtöbbet gyarapodott település volt a mintaterületen. Előbbi lakossága közel 5000 ezer fővel csökkent, míg utóbbié 6432 fővel növekedett a vizsgált időszakban.



16. ábra: A települések elérhetősége a legkevesebb időt igénylő módok szerint torlódó forgalom mellett (saját szerkesztés)

Sok településre igaz, hogy igen alacsony az eltérés a közúti elérhetőség a vasúton értelmezett elérhetőség között. Azonban fontos megjegyezni, hogy a közúti elérhetőségre vonatkozó adatok a torlódásokat nem veszik figyelembe, ezért a reggeli és délutáni csúcsforgalom során az ahhoz szükséges idő akár 10-15 perccel is megnövekedhet. Éppen ezért készítettem el a 13. ábrát, amelyen a közúti elérhetőséghez hozzáadtam további 10 percet. Ennél hosszabb torlódások is előfordulhatnak,

de a vizsgálat szempontjából már ezzel az értékkel számolva is jelentős előnyt szerez a vasúti közlekedés.

Az ábrán azt láthatjuk, hogy csupán 10 perc torlódással számolva, jelentősen megváltozik a mintaterület vasúti kapcsolattal rendelkező településeinek elérhetősége. Ezekkel az adatokkal számolva már 156 település esetében gyorsabb a vasúti közlekedés, ami a vizsgált települések 88,1%-a. Ezen települések átlagos elérhetősége 41,02 perc, ami körülbelül 3 perccel több, mint a torlódás nélküli értékekkel számolt települések átlaga. Az ingázók átlagos aránya 9,29%-ra csökkent, azonban számuk azonban 153.054 főre növekedett (a 2011-es adatok alapján), ami közel 55.000 új, potenciális ingázót jelent.

2011 és 2021 között ezen települések lakónépessége átlagosan 4,08%-kal növekedett, de ahogy a torlódás nélküli idők alapján kiválasztott települések esetében, úgy itt is elmondható, hogy igen erős szélsőségekkel találkozunk. Ide tartozik Baracska, amely a legnagyobb arányban veszített lakónépességéből a vizsgált időszakban (-26,76%), ahogy Délegyháza is, amely a legnagyobb népességnövekedésen esett át (66,81%).

6. Diskusszió és következtetések

Az előző fejezetben bemutattam az elérhetőségi vizsgálat eredményét valamint az ahhoz kapcsolódó statisztikai adatokat. A következőkben ezen eredményeket szeretném értékelni, valamint rávilágítani arra, hogy azok milyen mértékben járulnak hozzá a stratégia célkitűzéseéhez, jövőképehez.

A stratégia egyik kulcsfontosságú eleme a Dunán átívelő vasúti kapcsolat kialakítása és a budapesti vasúthálózat átmenő vasúti rendszerre fejlesztése. Ezen célok elérésének elsődleges módja a Duna alatti vasúti alagút, valamint az észak-déli regionális vasút megépülése. Az elérhetőség vizsgálatánál én is ezekkel az új kapcsolatokkal dolgoztam. Ahogy az elérhetőség változását bemutató 11. ábrán láthattuk, a két beruházás jelentősen javította az agglomerációban található települések elérhetőségét, különös tekintettel a fővárostól dél-nyugatra eső területeken. A vonatok jelenleg erről a területről vagy a Déli-pályaudvar felé közlekednek, vagy a belső körvasúton, a Keleti-pályaudvarra érkeznek. Mindkettő esetében elmondható, hogy a belvároson kívül esnek, így az ide érkező utasok kénytelen további közösségi közlekedési eszközöket is igénybe venni. Utóbbi esetében ráadásul többlet időt jelent a belső körvasút bejárása (menetrendi adatok szerint nagyjából 15 perc). Az új alagút létesítésével az utasok átszállás nélkül, közvetlenül a Nyugati-pályaudvarra érkező vonatokkal utazhatnak, a budai oldalról érkező elővárosi vonatoknak nem lesz szükséges a belső körvasúton megkerülni a belvárost. Emellett a helyiérdekű vasútvonalakat összekötő alagútnak köszönhetően a

belváros közvetlenül elérhetővé válik az agglomeráció déli és északi területei élők számára, kiváltképpen a Csepel-sziget és Szentendre környékén fekvő települések lakosainak. Elmondható tehát, hogy a mintaterület településeinek elérhetősége az átmenő rendszerű vasúthálózat kialakításának köszönhetően javul.

Bár a vizsgálat során a gödöllői helyiérdekű vasútvonal nem került bele az elemzésbe, mivel nincs közvetlen kapcsolata az elővárosi vasúthálózattal (eltekintve a körvasúton újonnan létesülő Rákosfalva megállóhelytől, ahol az utasoknak lehetősége lesz átszállásra, igaz, csak az utazás megszakításával), azonban a stratégiában is szerepel a 2-es számú metróvonallal való kapcsolatának létrehozása, ami ezt a HÉV vonalat is bekötné a város gyorsvasúti hálózatába, és így újabb településeket kapcsolna össze közvetlenül a belvárossal. Ráadásul a metróvonal keresztezi a belső körvasútat, a csomóponton pedig szintén új vasúti megállóhely (Törökőr) is épülne, ezzel tovább integrálva a városi és az agglomerációs közlekedést.

Fontos azonban megjegyezni, hogy annak ellenére, hogy az eredmények főleg az agglomeráció nyugati, dél-nyugati területein mutattak jelentős javulást, az alagút nem felétlenül csak budai agglomeráció fejlesztésében játszik fontos szerepet. A vizsgálat hasonló eredményt hozott volna a pesti agglomerációra nézve is, ha a mérési középpont a Déli-pályaudvar lett volna. A számítások során azért a Nyugati-pályaudvar elérhetőségét vizsgáltam, mert a főváros térszerkezetét figyelembe véve azt mondhatjuk, hogy a Duna bal oldala a fő adminisztrációs központ, itt található a munkahelyek döntő többsége. Emellett a stratégia is a Nyugati-pályaudvart emeli ki, nem csak a földrajzi helyzete miatt, hanem azért is, mert a fejlesztéseknek köszönhetően ez a pályaudvar fog a legtöbb közlekedési kapcsolattal rendelkezni.

Azonban nem csak a Dunától nyugatra tapasztaltunk jelentős csökkenést az elérhetőségi adatokban. A fővárostól keletre és dél-keletre fekvő települések elérhetősége is javult, igaz nem akkora mértékben, mint a nyugati területeken. Ezen vonalak közül a dél-keleti irányba futó 100a és 142-es vasútvonalakon közlekedő vonatok végállomása jelenleg is a Nyugati-pályaudvar, melyet a belső körvasúton érnek el, így ezek elérhetőségének változását nem az új infrastruktúra, hanem a meglévő vonalak fejlesztésének tudható be. A stratégia is megemlíti, hogy elengedhetetlen a belső vonalszakaszok felújítása és korszerűsítése ahhoz, hogy a fejlesztések elérjék céljukat.

A jelen kutatás a fejlesztések utáni állapotot az elvi menetidőkkel írta le. Az időre vonatkozó adatok a pálya hosszából és a legnagyobb alkalmazható sebességből számítottam, így az valamennyire eltérhet a valós adatoktól. Mivel nem álltak rendelkezésemre tervezett menetrendi adatok, ezért kénytelen voltam ezzel az értékkel számolni. A dolgozat célja, hogy a stratégia tervezett beavatkozásai után érvényes általános tendenciákat mutassa be, így általánoságban elmondható, hogy

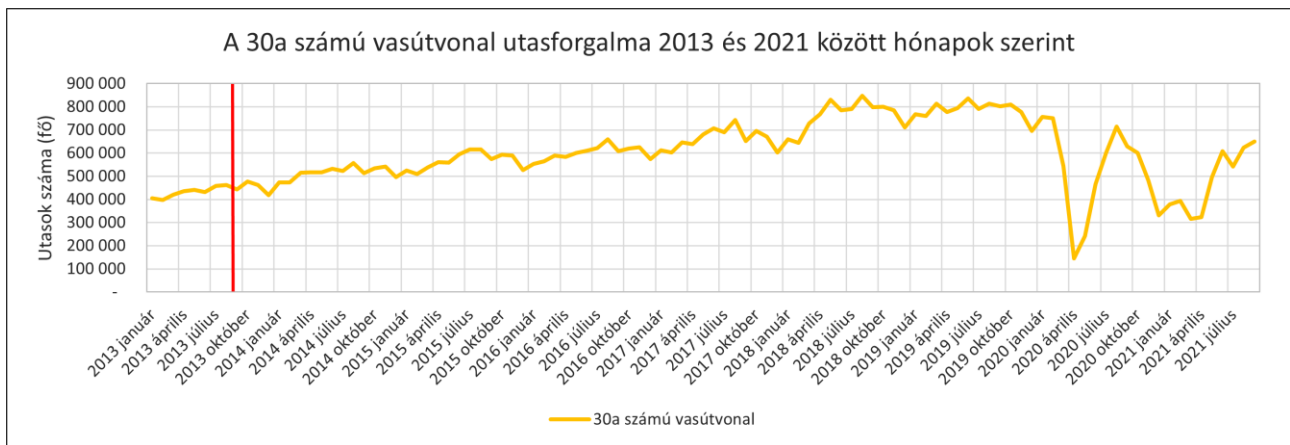
a számított adatok megfelelőek a változások elemzésére. Az eredmények itt is megfelelnek a Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia állításainak, miszerint az új infrastruktúra mellett legalább olyan fontos, hogy a meglévő vonalakat is fejlesszék, hiszen csak így érhető el az elérhetőség javulása, ami versenyképessé teszi a vasutat a közúti forgalommal szemben.

A dolgozat egyik célja az volt, hogy megállapítsam, hogy összesen mennyi potenciális utast érintenek a Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia tervezett fejlesztései. A 2011-es ingázási adatok alapján arra következtetésre jutottam, hogy a nagyjából 100.000 fő napi ingázása lenne gyorsabb a vasúton, mint a közúti forgalomban. Ez a szám az átlagosan 10 perccel számolt torlódásokkal körülbelül 150.000 főre növekedett. Mivel az ingázási adatok nem az aktuális állapotokat tükrözik, ezért számuk akár többszöröse is lehet ezeknek az értékeknek. A szuburbanizáció során az agglomerációba költözők nagy része feltehetően továbbra is a fővárosba ingázik a munkahelyére, ezért feltételezhetjük, hogy az ingázók aránya is növekedett a lakosságszámmal együtt.

A korábban felújított és átadott vonalak esetében is, a lerövidült menetidőknek köszönhetően jelentős utasszám növekedéseket figyelhettünk meg. Jó példa erre a 2-es (Budapest-Esztergom), illetve a 30a (Budapest-Székesfehérvár) vasútvonalak, melyek utasforgalmi adatait a 16. és 17. ábrán láthatjuk. Az adatok 2013 és 2021 között, hónapok szerint jelennek meg. A piros vonal a felújítások befejezését jelöli. Az esztergomi vonalon 2015 augusztusában, a székesfehérvári vonal pedig 2013 szeptemberében indult újra a teljeskörű forgalom. Ahogy azt korábban említettem, a MÁV-START Zrt. adatbázisa kizárólag 2013 után nyújtanak megbízható adatokat, de az ezutáni időszakban is jól látható, hogy mindkét vonal esetében növekedett az utasok száma a felújításokat követően, egészen 2020 márciusáig, amikor a Covid19-pandémia okozta korlátozások miatt drasztikusan lecsökkent a vonattal utazók száma.



17. ábra: A Budapest-Esztergom vasútvonal utasforgalma 2013 és 2021 között (adatforrás: MÁV-START Zrt.)



18. ábra: A Budapest-Székesfehérvár vasútvonal utasforgalma 2013 és 2021 között (adatforrás: MÁV-START Zrt.)

A 30a vonalon egyenletesebb az utasok számának alakulása, mint a 2-es vonal, ahol jelentős fluktuációt figyelhetünk meg, különösen a nyári hónapokban. Ennek oka, hogy amíg a székesfehérvári vonal számottevő országos forgalmat is bonyolít, addig az esztergomi vonal főként elővárosi vasútként működik, ezért a nyári hónapokban az iskolai szünetek miatt lényegesen csökken az utasok száma.

A vonalakat a Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia is példaként említi. A változásokat a felújítások előtti utolsó teljes üzemév adataihoz viszonyítva állapítják meg. A 2-es vonal esetében, 97%-os utasszám növekedést figyeltek meg 2019-ben a 2008-as bázisához képest. Hasonló módon a 30a vonal esetében is jelentősen nőtt az utasszám, a szintén 2008-as bázisához képest 76%-os növekedést mértek (BFK, 2021). Mindkét vonalra igaz, hogy a szuburbanizációs folyamatok által leginkább érintett területeken haladnak át. Feltételezhető tehát, hogy a többi vonal felújítása során is hasonló utasszám növekedésre számíthatunk.

A vizsgálat során összevettem a vasúton értelmezett elvi elérhetőséget a közúti elérhetőséggel (14. ábra). Az eredményekből kiderült, hogy a mintaterület többsége gyorsabban elérhető lesz vonattal, mint a személyautóval a fejlesztéseket követően. Ez az arány tovább növekedett, amikor a forgalmi torlódásokat is beleszámítottam a közúti elérhetőségbe. Ez részben hozzájárul a stratégia jövőképeben megfogalmazott cél elérésében, miszerint a vasútnak ideális alternatívát kell nyújtania a közúti forgalommal szemben.

A budapesti agglomerációs vasúthálózat elemzése során számos akadályba ütköztem. Számos alkalommal előfordult, hogy az adatok nehezen vagy egyáltalán nem voltak hozzáférhetőek. Jó példa erre a népszámlálás ingázási adatsora. Ahogy korábban említettem, a legfrissebb adat 2011-es, ami azt jelenti, hogy több, mint 10 éves helyzetet tükröz. A népesség adatokból is láthattuk, hogy azóta

bizonyos mértékben átrendeződött a lakónépesség, sokan költöztek Budapestről a környező településekre, azonban feltételezhető, hogy ezen emberek többsége továbbra is a fővárosba ingázik a munkahelyére. Amennyiben elérhető válnak az újabb népszámlálás adatai érdemes lehet megismételni a vizsgálatot, hogy pontosabb képet kapjunk a jelenlegi ingázási szokásokról, amely segíthet megbecsülni, hogy pontosan hány ember napi ingázását segítik a stratégia beavatkozásai.

A vizsgálatom során kizárólag a vasúthálózaton értelmezett elérhetőséget vizsgáltam, a vasútállomások elérhetőségét az egyes településeken belül nem, mivel ahhoz jelentősen több adatra lenne szükség. A vasútállomások gyalogos, esetleg személyautóval való elérhetőségének megállapításához a településeken belül, olyan részletes adatokra lenne szükség, amilyen adatbázissal egyelőre nem rendelkezünk, azonban ennek további kutatása még pontosabb képet adna a közösségi közlekedéssel való ingázás elérhetőségéről.

Összességében elmondhatjuk, hogy a Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia pozitívan befolyásolja a fővárosi agglomeráció településeinek vasúti elérhetőségét. A Duna alatti alagút és az észak-déli regionális vasút megépülése feloldja a vasúthálózatra jellemző szűk keresztmetszetet, ami jelentősen növeli a főbb pályaudvarok vonatbefogadó kapacitását, ezzel pedig jobb elérhetőséget biztosít a környező településeknek. Az alagút és a helyi érdekű vasutakat összekötő vasúti kapcsolat is számottevően csökkenti az agglomerációból érkező utasok menetidejét, valamint számos ingázó számára lehetővé teszi a közvetlen utazást a belváros irányába. A vizsgálat mérési középpontja meghatározza, hogy az agglomeráció mely területein javul az elérhetőség, azonban feltételezhető, hogy a hasonló eredményhez jutottunk volna, ha más mérési középpontot választunk.

Emellett kiemelten fontos a meglévő infrastruktúra állapotának megőrzése és fejlesztése. A vonatok csak abban az esetben képesek felvenni a versenyt a személyautós forgalommal, ha tartani tudják a közútinál kedvezőbb elérhetőséget. Ennek elengedhetetlen feltétele, hogy a vonatok tartani tudják a vonalon engedélyezett legnagyobb sebességet, illetve, hogy a késések számát a lehető legalacsonyabbra redukáljuk.

Megállapíthatjuk tehát, hogy az átmenő vasúti rendszerek jobb elérhetőséget biztosítanak a város és az agglomeráció között. Kulcsfontosságú, hogy a vasúthálózat milyen kapcsolattal rendelkezik a többi közösségi közlekedési rendszer felé. A széttagolt, különálló vonalak összekötése az elővárosi vasúthálózattal újabb településeket kapcsol be a város vérkeringésébe, ahogy azt a budapesti helyi érdekű vasutak esetében is láthattuk. Ez nem csak a regionális vasutakra igaz, hanem esetlegesen a metróhálózat elemeire is.

7. Összegzés

Napjainkban egyre nagyobb gondot jelent a nagyvárosi régiókban az autós forgalom folyamatos növekedése. A vasút vonzó alternatívája lehet a közúti közlekedésnek, hiszen kevesebb károsanyagkibocsátással jár és a megfelelő körülmények között gyorsabb eljutást biztosít az agglomeráció a belvárosi területek között, mint a közúti közlekedés. Az elmúlt közel 70 évben Budapest vasúthálózata leromlott, nem képes kiszolgálni a modern kor igényeit, rendszerszintű fejlesztésekre van szükség ahhoz, hogy a vasút fel tudja venni a versenyt a többi közlekedési móddal szemben.

Diplomamunkámban a Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia fejlesztéseit elemeztem térinformatikai módszerek segítségével, azon belül is különös tekintettel arra, hogy a tervezett beavatkozások milyen módon változtatják meg az agglomerációban található települések elérhetőségét. A kutatás nyilvánosan elérhető adatokra épül, célja pedig, hogy megállapítsa az elérhetőség változását a vizsgált területen.

A mintaterület lehatárolása az ingázási adatok alapján történt, az elérhetőség mérési középpontjának a Nyugati-pályaudvart választottam. Ezután két elérhetőségi térképet készítettem: az első a jelenlegi elérhetőséget ábrázolja a meglévő vasúthálózaton menetrendi menetidők alapján, a második a stratégia két legfontosabb fejlesztését (a Duna alatti alagút és az észak-déli regionális gyorsvasút) követően létrejött, elvi elérhetőségnek felel meg. Az adatokat ezután összehasonlítottam a közúti elérhetőséggel, mely alapján lehatároltam azokat a területeket, amelyeken vasúttal gyorsabban elérhető a belváros, mint közúton. Végezetül ezen települések statisztikai adatait összegeztem.

Az eredmények alapján elmondható, hogy a fejlesztéseknek köszönhetően kialakuló átmenő rendszerű vasúthálózat jobb elérhetőséget biztosít az agglomeráció településeinek, mint a jelenlegi rendszer, azonban az új szakaszok kiépítése mellett elengedhetetlen a meglévő infrastruktúra karbantartása, felújítása is. A stratégia beavatkozásait követően a vizsgált települések több mint fele esetében igaz, hogy kevesebb idő alatt érhető el a belváros vasúton, mint közúton. Ezek a települések ma is kimagasló ingázási aránnyal rendelkeznek, a szuburbanizáció által leginkább érintett területek tartoznak ide, így hasonlóan a korábbi felújított vonalakhoz, itt is jelentős utasszám növekedéssel számolhatunk.

A dolgozat elkészítése során korlátozottan álltak rendelkezésre az aktuális ingázási adatok, ezért a vizsgálatot ajánlott a későbbiekben újra elvégezni, hogy a potenciális utasszámokat pontosabb tudjuk megbecsülni.

8. Summary

Today, the steady increase in car traffic in metropolitan regions is a growing problem. Rail could be an efficient alternative to road transport with lower emissions and under the right conditions, it could provide faster access between agglomerations and city centres. Over the past 70 years, Budapest's rail network has deteriorated and is no longer able to meet modern needs. Systemic improvements would be required to enable rail to compete with other modes of transport.

In my thesis I analysed the Budapest Agglomeration Railway Strategy using geographic information systems, with special focus on how the planned interventions will change the accessibility of the settlements in the agglomeration. The research is based on publicly available data and aims to identify changes in accessibility in the study area.

The sample area was delimited on the basis of commuting data, with the Budapest Nyugati railway station as the centre of measurement of accessibility. I then produced two accessibility maps: the first shows the current accessibility on the existing rail network based on timetables, the second corresponding to the theoretical accessibility created following the two main developments in the strategy (the tunnel under the river Danube and the North-South regional railway). I then compared the data with road accessibility, which delineates the areas from which are faster to reach the city centre by rail than by road. Finally, I summarised the statistics for these municipalities.

The results show that the transit rail network that will be developed will provide better accessibility to the agglomeration's settlements than the current system, however in addition to the construction of new sections, it is essential to maintain and upgrade the existing infrastructure as well. Following the strategy's interventions, more than half of the municipalities surveyed can be reached by rail in less time than by road. These settlements have a high commuting rate, and are the areas most affected by suburbanisation, so as with the previously upgraded lines, they are likely to experience a significant increase in passenger numbers.

The availability of actual commuting data was limited at the time of writing, and it is therefore recommended that the study be repeated in the future to provide a more accurate estimate of potential ridership.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom témavezetőmnek, Szalkai Gábornak, aki végig segített a munkám során, a téma kiválasztásától, az adatgyűjtésen át a dolgozat megírásáig. Figyelemmel kísérte az elemzést és számos hasznos tanáccsal látott el, melyek nélkül nem jöhetett volna létre ezen dolgozat.

Szeretném megköszönni családomnak, hogy mindvégig bíztattak és támogattak a tanulmányai során. Hálásan köszönöm kitartó türelmüket és a mindennapi feladatokban nyújtott segítségüket.

Végezetül köszönöm a barátaimnak, hogy motiváltak és megértőek voltak a dolgozatom elkészítése során.

Irodalomjegyzék

- Ahmed S., Ibrahim R. F., Hefny H. A. (2017): GIS-Based Network Analysis for the Roads Network of the Greater Cairo Area. *Proc. of 2nd International Conference on Applied Research in Computer Science and Engineering*. p. 9.
- Ciepluch, B., Jacob, R., Mooney, P., Winstanley, A. C. (2010): Comparison of the accuracy of OpenStreetMap for Ireland with Google Maps and Bing Maps. *Proceedings of the Ninth International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences*, p. 337.
- Das, D., Ojha, A.K., Kramsapi, H. et al. (2019): Road network analysis of Guwahati city using GIS. *SN Applied Sciences* 1, p. 11.
- De Luca, M., Dell'Acqua, G., Lamberti, R. (2012): High-Speed Rail Track Design Using GIS And Multi-Criteria Analysis. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 54, pp. 608-617.
- Dolinayova, A., Danis, J., Cerna, L. (2018): Regional Railways Transport—Effectiveness of the Regional Railway Line. *Lecture Notes in Mobility*, Springer kiadó. pp. 181–200.
- Erdeiné Késmárki-Gally Sz., Erdei A., Grotte J. (2020): A biztonság szerepe a kötöttpályás közösségi közlekedésben Budapest agglomerációjában. *Belügyi Szemle* 68(11), pp. 89-103.
- Fischer, M. M. (2006): *Spatial Analysis and GeoComputation*. Springer, Heidelberg, p. 336
- Ford, A., Barr, S., Dawson, R., James, P. (2015): Transport Accessibility Analysis Using GIS: Assessing Sustainable Transport in London. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 4(1). pp. 124–149.
- Horeczki R. (2013): A várossá válás egyik eszköze: az ipari fejlődés. *11. Országos Interdiszciplináris Grastyán konferencia. Pécs*. pp. 140-148.

- Jovanović, V., Njeguš, A. (2008): The Application of GIS in Tourism and Its Components. *Yugoslav Journal of Operations Research* 18(2). pp. 261-272.
- King, M., Thomas, I., Stenning, A. (2017): Crossrail project: machine-driven tunnels on the Elizabeth line, London. *Civil Engineering*, 170 (CE5), pp. 31-38.
- Kiss J. P., Szalkai G. (2018): Az ingázás mobilitási jellemzői a legutóbbi népszámlálások adatai alapján, *Területi Statisztika* 58(2), pp. 177–199.
- Kumar, P., Kumar, D. (2016): Network analysis using GIS techniques: a case of Chandigarh city. *International Journal of Science and Research* 5(2), pp. 409–411.
- Le, K. G., Tran, Q. H. (2021): The Sustainable Development of Railway System in Vietnam by GIS-based Technologies. *E3S Web of Conferences* 310, p. 9.
- Liu, S., Zhu, X. (2004): Accessibility Analyst: An Integrated GIS Tool for Accessibility Analysis in Urban Transportation Planning. *Environment and Planning B: Planning and Design* 31(1). pp. 105–124.
- Mayer, T., Trevien, C. (2017): The impact of urban public transportation evidence from the Paris region. *Journal of Urban Economics* 102. pp. 1-21.
- Morgado, P., Nuno C. (2011): Graph-based model to transport networks analysis through GIS. *Proceedings of European Colloquium on Quantitative and Theoretical Geography*. pp. 2-5.
- Stanley, J. K., Hensher, D. A., Loader Ch. (2011): Road transport and climate change: Stepping off the greenhouse gas. *Transportation Research Part A*. pp. 1020-1030.
- Vermote, L., Macharis, C., Hollevoet, J., Putman, K. (2014): Participatory evaluation of regional light rail scenarios: A Flemish case on sustainable mobility and land-use. *Environmental Science & Policy* 37, pp. 101-120.

Internetes források:

BFK (2021): Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia. Budapest Fejlesztési Központ, Budapest, 165 p.

Irwin, D., Tamash, N. (2016): Building a Spatial Data Infrastructure for Crossrail. *Crossrail Learning Legacy*. Letöltve: 2022.04.25. <https://learninglegacy.crossrail.co.uk/documents/building-a-spatial-infrastructure-for-crossrail/>

Kalácska-Nagy N. (2022): Százötven éves elképzelés lépett a megvalósítás útjára: ezért szükséges a Duna alatti vasúti alagút. *Magyar Építők*. Letölve: 2022.04.18. <https://magyarepitok.hu/vasutfejlesztes/2022/03/szazotven-eves-elkepzeles-lepett-a-megvalositas-utjara-ezert-szukseges-a-duna-alatti-vasuti-alagut-?fbclid=IwAR2c5S3H05jGMJdz9-0lg9iqzU8dMHZPb2bLwoR3jgzSVE6URIs5MszSzzg>

Pécsi Zoltán előadása (2017): Vasúti informatika a kezdetektől napjainkig: ELektronikus Vasúti InfoRmációs Alrendszer (ELVIRA). Közlekedéstudományi Egyesület, Közlekedéstechnikai napok 2017.09.27. Letöltve: 2022.05.07. <https://www.ktenet.hu/uploads/events/2017-09-27-kozlekedestechikai-napok/doc/elvira-pecsi-zoltan-eloadasa.pdf>

Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia hivatalos honlap [Letöltve: 2022.05.11. https://budapestvasut2040.hu/](https://budapestvasut2040.hu/)

Geofabrik hivatalos honlap Letöltve: 2022.04.20. <https://www.geofabrik.de/geofabrik/openstreetmap.html>

Vasúti Pályakapacitás Elosztó Kft. adatbázisa Letölve: 2022.04.26. https://www.kapella2.hu/ehuszfelulet/vonalak?vonal_id=&vizsgalt_idopont=2022-04-26&vizsgalt_idoszak_kezdo=2022-04-26&vizsgalt_idoszak_veg=2022-04-26&infra_id=58987

Vasúti Pályakapacitás Elosztó Kft. honlapja Letöltve 2022.04.26. <https://www2.vpe.hu/szervezet/cegismerteto>

ESRI ArcGIS hivatalos honlap Letölve: 2022.04.29. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/analyze/modelbuilder/what-is-modelbuilder.htm>

Leaflet hivatalos honlap Letöltve: 2022.05.07. <https://leafletjs.com/>