



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar
Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék

SZAKDOLGOZAT

**A budapesti elektronikus jegyrendszerhez
kapcsolódóan az elővárosi megállókba telepítendő
validátorok elhelyezési lehetőségeinek vizsgálata**

2015

Tartalomjegyzék

Bevezetés	5
1 Elektronikus jegyrendszerek története és fejlődése	7
1.1 Manuális Díjbeszedési rendszer	8
1.1.1 Alkalmazott utasmédiák	8
1.1.2 Érvényesítési és ellenőrzési módok	9
1.2 AFC- Automatic Fare Collection/ Automata Díjbeszedő rendszerek	11
1.2.1 Alkalmazott utasmédiák	11
1.2.2 Érvényesítési és ellenőrzési módok	13
2 Elektronikus jegyrendszerhez kapcsolódó technológiai háttér bemutatása	14
2.1 Az Elektronikus jegyrendszer elemeinek bemutatása	14
2.1.1 Utasmédiák	14
2.1.2 Értékesítési pontok	25
2.1.3 Érvényesítő berendezések	25
2.1.4 Központi rendszer	34
2.1.5 Kommunikációs hálózat	35
2.1.6 A viteldíj kalkuláció módozatok bemutatása	37
2.1.7 Utazás alapú díjkalkuláció	37
2.1.8 Utas alapú díjkalkuláció	42
2.2 Kiépíthető rendszerváltozatok bemutatása és felülvizsgálata	43
2.2.1 CI- Check in	43
2.2.2 CI/CO- Check in/ Check out	44
2.2.3 BI/BO- Be in/ Be out	44
2.2.4 WI/WO- Walk in/ Walk out	45
2.2.5 Technológiák összehasonlítása	45
3 A Budapestre tervezett rendszer bemutatása	48
3.1 A budapesti AFC rendszer által támogatott utasmédiák	49
3.1.1 BKK kártya	49
3.1.2 Anonim papír alapú kártyák	50
3.1.3 NEK kártya	50
3.1.4 Érintésmentes bankkártya	51
3.1.5 NFC, RFID eszközök	51
3.2 Értékesítés	54

3.3	Díjszabási stratégia.....	55
3.4	Érvényesítő berendezések.....	58
3.4.1	Beléptető kapuk	59
3.4.2	Peroni validátor.....	61
3.4.3	Járműfedélzeti érvényesítő készülékek	63
3.4.4	Ellenőri kézi készülék	64
3.5	Utasmédia érvényesítésének technológiai megvalósítása Budapesten	65
3.5.1	CI- Check In rendszer	65
3.5.2	CI/CO- Check in/ Check out.....	66
3.6	Kommunikációs hálózat	67
3.7	Arcitektúra	70
4	Matematikai modell bemutatása.....	71
4.1	A „születés-halálozási” folyamat összefüggéseinek ismertetése.....	71
4.2	A vizsgált rendszer esetében alkalmazott matematikai modell bemutatása	75
4.2.1	A vizsgált rendszer mérőszámai	78
5	Mikroszimuláció.....	81
5.1	Tervezés lépései	81
5.1.1	Szükséges eszköz darabszámok meghatározása a rendelkezésre álló utasszámok alapján.	81
5.1.2	Validátor topológia megtervezése.....	82
5.1.3	Tervezett elhelyezés minősítése.....	83
5.2	Pomáz H	89
5.2.1	Számítás.....	90
5.2.2	Eszköz topológia variációk.....	93
5.3	Békásmegyer H.....	97
5.3.1	Számítás.....	98
5.3.2	Eszköz topológia variációk.....	103
5.4	Szentlélek tér H.....	108
5.4.1	Számítás.....	109
5.4.2	Eszköz topológia variációk.....	112
6	Értékelés.....	115
6.1	Pomáz H	115
6.2	Békásmegyer H.....	116
6.3	Szentlélek tér H.....	118

Összefoglalás	120
Felhasznált irodalom	123
Ábrajegyzék	127
Táblázatok.....	129

Bevezetés

Budapest Magyarország fővárosaként az ország kulturális, gazdasági és politikai központja. Az ország lakosságának egyötöde, azaz közel kétmillió fő él a városban, így az Európai Unió hetedik legnagyobb városa.[1]

A motorizáció magas foka, valamint a várost átszelő fontos regionális és nemzetközi útvonalak okozta gépjárműforgalom nagy problémát jelent a hétköznapiak során. Nem csupán az állandó torlódások és az ebből eredő időveszteségek miatt, hanem az okozott környezetterhelés miatt elsősorban. Ezért kiemelkedően fontos feladata a Fővárosi önkormányzatnak a megfelelő modal-split megteremtése. A jobb munkamegosztás elérésére több nemzetközileg bevett gyakorlat ismert, melyekből a legkézenfekvőbb a közösségi közlekedés vonzóbbá tétele a mindaddig egyéni közlekedést preferálók körében. Ennek több módszere ismert, melyek közül a legkézenfekvőbbek: a szolgáltatási szint növelése újabb járművekkel; jobb, utazási igényekre optimalizált vonalhálózattal és menetrenddel; intermodális kapcsolatok létesítésével, valamint kedvezőbb tarifapolitika bevezetésével. Ezek közül dolgozatomban a tarifálási problémákat illető kérdésekkel kívánok foglalkozni.

A Budapesti közösségi közlekedés jelenlegi alacsony versenyképességének oka a rugalmatlan és elavult tarifarendszer. A világ számos nagyvárosában használatosak olyan technológiák, melyek segítségével kivitelezhető a használat arányos díjfizetés, azonban Budapesten ez még mind a mai napig nem megoldott. A Fővárosi közgyűlés ezért döntött úgy, hogy a mindaddig alkalmazott tarifarendszert meg kell változtatni. Ezen szándék megnyilvánulásaként 2011. április 6-án hozott 601-603/2011. számú határozataival az elektronikus jegyrendszer előkészítésével és megvalósításával a BKK-t bízta meg. Az erre a célra létrehozott munkacsoport ezt követően elkészítette a projekt előzetes megvalósíthatósági vizsgálatát, amelyet a Közgyűlés 2012 januárjában fogadott el.

Az elektronikus jegyrendszer bevezetése a közösségi közlekedést használó utasok/ügyfelek számára modern és felhasználóbarát platformot nyújt. A rendszer a szolgáltatás színvonalának emelkedését éppúgy elősegíti, mint a közösségi közlekedési rendszer finanszírozásának fenntarthatóságát. A javasolt projekt várhatóan minőség-, és hatékonyságbeli fejlődést eredményez, valamint a budapesti közösségi közlekedésről kialakult képet is kedvező irányban változtatja meg.[1]

A tervezett rendszer rengeteg sajátossággal rendelkezik, melyekről kevés nemzetközi üzemeltetési tapasztalat áll rendelkezésre.

A bevezetni kívánt tarifarendszer egyszerre alapul zonális illetve idő alapú díjszabási elveken. Ennek megfelelően a díjtermékek érvényesítésére használt rendszer is sajátos tulajdonságokkal rendelkezik, melyre jó példa a HÉV vonalakon kiépíteni kívánt kívánt technológia.

Dolgozatom célja a tervezett rendszer rendszereszközeinek, felépítésének, valamint alkalmazott tarifapolitikájának bemutatásán túl egy tervezési metódus felállítása a HÉV viszonylatok megállóinak átépítésére. A felállított módszer segítségével 3 általam kiválasztott megállóra elvégzem a tervezést és javaslatot teszek gazdasági, valamint szolgáltatás minőségi szempontok alapján a legoptimálisabb változat kiépítésére.

1 Elektronikus jegyrendszerek története és fejlődése

A közlekedés kiemelt jelentőséggel bír egy város, régió, vagy az ország társadalmi és gazdasági fejlődésében, a szomszédos városokkal, országokkal fenntartott kapcsolatokban. Közlekedés alatt személyek vagy anyagi javak önálló vagy tömeges, egyéni vagy szervezett és többnyire rendszeres helyváltoztatását értjük. Ezen helyváltoztatási igények, biztonságos, gazdaságos és környezetkímélő lebonyolítására a közlekedési rendszer hivatott.[2][3] Ezen rendszer két alapvető csoportra egyéni és közösségi közlekedésre osztható. A közösségi közlekedés egy közszolgáltatás, melyet alapvetően az különbözteti meg az egyénitől, hogy a közlekedés szervezésekor nem egyéni, hanem köz érdekek kerülnek előtérbe. A szolgáltatást önkormányzati, vagy állami megbízás alapján egy közlekedési szolgáltató nyújtja az általa, vagy alvállalkozói által üzemeltetett járműparkkal a saját, vagy külső tulajdonban lévő infrastruktúráján. Ezen szolgáltatás igénybevételére az általa, vagy integrált közlekedésszervező által meghatározott díjfizetési kötelezettség teljesítése ellenében van mód. Ezen díjak úgynevezett közlekedési díjtermékek formájában rögzítettek. A díjtermékek megvásárlására kétféle rendszer alakult ki a világon a PIA és PAYG.

a) PIA- Pay in advance

Az utas a közösségi közlekedési szolgáltatások igénybevételéhez szükséges díjtermékeket az utazás megkezdése előtt vásárolja meg.

b) PAYG- Pay as you go

Az utazás, vagy utazások díjainak elszámolására utólag az utas pénzeszámláján vezetett egyenleg terhére történik.[4]

A közösségi közlekedés díjainak beszedése hosszú fejlődési folyamaton megy keresztül. A díjtermékek az eszközök az árképzési politika megvalósításához, valamint a gazdasági célok eléréséhez. A díjtermékek kezelhetőségét az úgynevezett utasmédiák biztosítják. Az utasmédia tehát nem más, mint egy eszköz, melyre a díjtermék kibocsájtásra kerül. Mivel közlekedési társaságok gazdálkodó szervezetek, ezért a hatékonyabb díjbeszedés elemi érdekük, ugyanis az ebből származó bevételek a szolgáltatás minőségének növelésére fordíthatók, melynek köszönhetően tovább nőhet a szolgáltatást igénybevevők száma. A menetdíj bevételek a közlekedési társaság teljes bevételeinek több, mint egyharmadát teszi ki. A különböző járulékos bevételekkel, illetve

támogatásokkal összevetve ez a legnagyobb részarány a bevételi források között. Belátható, hogy e forrás kezelése kiemelt jelentősséggel bír, hiszen a társaság mutatóit legfőképpen ez alapján határozzák meg.



1. ábra: A BKV Zrt. 2010 évi üzemi bevételeinek szerkezeti összetétele
(BKV ppt.)

Azonban a díjtermékek érvényességének, valamint az utazási kedvezmények igénybevételére jogosító dokumentumok ellenőrzése roppant bonyolult és energia igényes. Ezért megszületett az elhatározás a menetdíj beszedő rendszerek korszerűsítésére, későbbi AFC (Automatic Fare Collection) rendszerek kiépítésére.

A rendszer működését elsősorban az alkalmazott utasmédiák, valamint a hozzájuk tartozó ellenőrzési rendszerek határozzák meg.

1.1 Manuális Díjbeszedési rendszer

1.1.1 Alkalmazott utasmédiák

a) Papír alapú utas média

A legősibb díjtermék értékesítési módszer. Maga az utasmédia egy papír alapú eszköz, melyre különböző azonosítók kerülnek felírásra attól függően, hogy milyen szolgáltatások igénybevételére jogosít fel. A papír alapú utasmédia tartalmazhat

egyszeri (menetjegy), illetve többszöri utazásra (átszálló jegy, napijegy, havi bérlet, sttb.) feljogosító díjterméket. Az utasmédia nem választható el a magába foglalt díjterméktől ezért elvesztés esetén az utas elveszíti a szolgáltatás igénybevételére való jogosultságát is.



2. ábra: Papír alapú több napos menetjegy

(Forrás: <http://www.delpestibusz.hu>)

1.1.2 Érvényesítési és ellenőrzési módok

a) Járművezető általi értékesítés és ellenőrzés

Az utas a járművezetőtől vásárolhatja meg az utasmédiát. Ebben az esetben külön érvényesítésre nincs szükség, hiszen a járművezető csakis érvényes menetjegyet állít ki, mely attól a pillanattól kezdve jogosítja az utast a szolgáltatás igénybevételére.

Ezt a rendszert mára már inkább csak helyközi, illetve távolsági járatokon alkalmazzák. Legnagyobb hátránya, hogy a jegyek kiállítása, illetve adminisztrálása túlságosan lassítja az utas cserét.

b) Elővételi jegyvásárlás, járművezetői érvényesítés, ellenőrzés

Az utazni szándékozók elővételben megvásárolhatják menetjegyüket. A megvásárolt jegyet a felszálláskor a járművezető, vagy a jármű fedélzetén utazó kalauz kézi érvényesítő készülékkel érvényesíti. A többszöri utazásra jogosító utasmédiák ellenőrzése is manuálisan történik.

- c) Elővételi jegyvásárlás, utas által történő érvényesítés, szűrőpróba szerű ellenőrzés

A legtöbb nagyvárosban a nagy utasmennyiség, illetve a forgalom gyorsabb lefolyása miatt az a megoldás, hogy az utazásra jogosító médiát elővételben vásárolják az utasok és a jármű fedélzetén elhelyezett validátorok (érvényesítő berendezések) segítségével érvényesítik azt az utazásuk megkezdésekor. A validátor roncsolásos, vagy pecsételős eljárással aktiválja az utasmédiát, melynek következtében a benne foglalt díjtermék felhasználásra kerül.



3. ábra: Fedélzeti érvényesítő berendezés
(Forrás: <https://images.gutefrage.net>)

Annak ellenére, hogy rengeteg helyen használják a mai napig, a rendszer rendkívül elavultnak számít, ugyanis a jegyeket könnyű hamisítani, az érvényes jegyek is gyorsan amortizálódnak. Az ellenőrzése nehezkesebb és időigényesebb, mivel a kedvezményes díjtermékek megvásárlására és használatára jogosító dokumentumok semmilyen rendszerben nincsenek rögzítve, ellenőrzésük mindig helyszínen és mindig manuálisan történik. Az érvényesítő készülékek mechanikus elven működnek, fejlett informatikai rendszerbe nem illeszthetők, így nem nyerhető semmilyen utazásokra vonatkozó információ. Fontos megemlíteni hátrányként, hogy a távértékesítés nem, vagy csak nagyon nehezen, jókora árnövekedéssel valósítható meg. Használatának oka, az olcsó előállítási költség, és a kezdetleges infrastruktúra elégségessége.

1.2 AFC- Automatic Fare Collection/ Automata Díjbeszedő rendszerek

1.2.1 Alkalmazott utasmédiák

a) Mágnes csíkos kártyák

A fejlett jegyrendszerek első generációja a mágnes csíkos kártyák, melyek fejlesztése, illetve felhasználása a közösségi közlekedés díjbeszedésében a 1970-es években kezdődött. Ez volt az első lépés a ma is használt Smart Cardok kialakulásához.

A légi közlekedésben már az 1980-as évektől alkalmazzák az elektronikus jegyeket, de ezek kevés jellemzőben hasonlítanak a közösségi közlekedésben alkalmazott elektronikus jegyekhez. 1993 Június elsején New Yorkban az MTA (Metropolitan Transportation Authority) 3000 mágnescsíkos kártyát bocsájtott forgalomba az új rendszer teljes metró, illetve buszhálózaton történő tesztelése céljából [5]. 1997-ben New Yorkban és Chicagóban is megszüntették az addig használt papír alapú utasmédiák forgalmazását, helyettük mágneses adattárolású kártyákat vezettek be.

b) Smart Cardok

Maga az ötlet, hogy több funkciót kombináljunk egyetlen plastic kártyába nem új keletű dolog. Az ötvözés ötlete már 1968-ben megszületett. Az első nagyobb volumenű kísérleteket az 1980-as években végezték. 1992-ben francia pénzügyi cégek lecserélték a mágnescsíkos kártyáikat, hogy csökkentsék a csalások és visszaélések lehetőségét. Ezen új kártyák legfőbb különbsége a mágnescsíkos kártyákhoz képest, hogy rendelkeznek egy beépített microchippel, mely felelős az adatok szerkesztéséért, valamint azok tárolásáért. Körülbelül 64.000 byte-nyi adatot képesek tárolni.

Először 1995-ben Szöul városában alkalmazták az érintésmentes kártyákat közlekedési célokra. Az Egyesült Királyságban, az első ilyen rendszert 1996-ben vezették be Milton Keynes-ben. A rendszert az autóbuszokon tudták használni a felhasználók és körülbelül 15.000 utas használta. Ugyanebben az évben Southportban is bevezettek egy hasonló rendszert, ahol mintegy 10.000 idős korú utas próbálhatta ki 80 autóbuszon. A rendszer kiemelt figyelmet fordít az utasok elégedettségére. Szintén ebben az évben London egy kerületében Harrow-ban vezettek be elektronikus jegyrendszert a közösségi közlekedésben. A projekt, mely később PRESTIGE néven vált híressé, az utasok elégedettségét, valamint a rendszer robosztusságát hivatott vizsgálni. Az így nyert

tapasztalatokat később a TFL (Transport for London) felhasználta a teljes rendszerének kiépítéséhez. 1997-ben Hertfordshire-ben bevezettek egy elektronikus jegyrendszert egyetemisták és nyugdíjasok részére, mellyel utazhattak a helyi buszjáratokon. 1999-től a mintegy 20.000 kártyával, melyet Omnicard-nak neveztek el már az ország minden autóbusz járatán utazhatnak, valamint az egyetemisták fizethetnek vele a kampusz területén.

Különböző országokban és területeken sokféle rendszer fejlődött ki egymással párhuzamosan, mely komoly átjárhatósági problémához vezethet. Az 1998 Júliusában kiadott Fehér Könyv „*A new deal for Transport*”, kifejezetten úgy említi az intelligens kártyákat, mint a jövő csúcsmínőségű integrált jegyrendszere, melynek hatására 1999-ben létrehozzák az ITSO-t (the Integrated Transport smart-card Organisation) hogy megoldja az integrálási és interoperabilitási problémákat a különböző szolgáltatók között. [6]

Típusok:

- Contact based- Érintés alapú
- Contact less- Érintés mentes

c) Mobiltelefonos megoldások

Napjainkban a népesség túlnyomó része rendelkezik mobiltelefon készülékkel. A megkötött előfizetések, valamint az eladott SIM kártyák száma Magyarországon meghaladja a népesség számát. Ezért a közlekedési vállalatok is igyekeztek kihasználni az ebben rejlő tartalékokat és felhasználni a menetdíjak beszedésére.

Az AFC rendszerekhez használható mobiltelefonos technológiák:

- SMS- Short Message Service
- OCR- Optical Character Recognition
- IVR- Interactive Voice Response
- SIM Toolkit
- Telefonos applikáció
- NFC- Near Field Communication [6]

d) RFID- Radio Frequency Identification chippel felszerelt eszközök

Napjainkban egyre több hétköznapi használati cikket: gyűrűt, órát, karkötőt szerelnek fel rádiós microchippel, mely képes korlátozott mennyiségű adat tárolására, illetve

érintésnélküli kommunikációra. Ezen eszközök széleskörű használata egyenlőre fesztiválokon, valamint szórakoztató és wellness központokban elterjed, de egyre nagyobb számban alkalmazzák a közösségi közlekedésben, mint utasmédiát. [6][31]

1.2.2 Érvényesítési és ellenőrzési módok

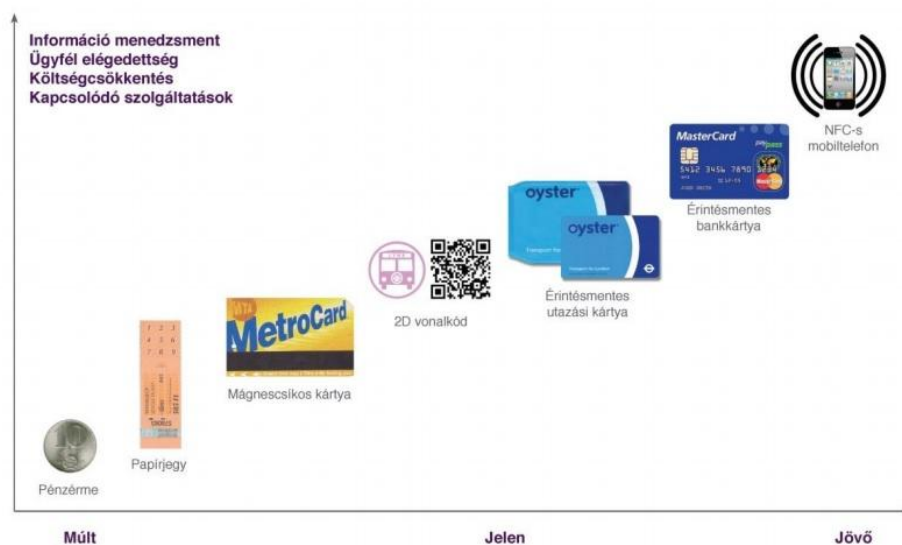
Az AFC rendszerek esetén az utasmédiák érvényesítése úgynevezett validátorok segítségével történik. Ezek lehetnek:

Végállomási beléptető kapuk

- Peroni validátorok
- Járműfedélzeti validátorok
- Bizonyos rendszerek esetében (BI/BO, WI/WO) a jármű belsejében lévő alacsony, illetve magas frekvenciás ráióhullámok végzik az érvényesítést.

A médián szereplő díjtermékek érvényességének ellenőrzése automatikusan végrehajtódik az érvényesítést követően. Az esetleges érvénytelenségről, vagy éppen az érvényességről a validátor meghatározott fény és hangjelzéssel tájékoztat.

A visszaélések elkerülése végett a jegyellenőrök kézi ellenőrző készülékkel is rendelkeznek. A 4. ábrán a pénzürmétől egészen a jelenleg legkorszerűbbnek tekintett



NFC technológiáig szemléltetem az utasmédiák fejlődését.

4. ábra: Utasmédiák evolúciója

(Forrás: [7])

2 Elektronikus jegyrendszerhez kapcsolódó technológiai háttér bemutatása

Az automatikus menetdíj beszedő rendszerek olyan integrált, nagy komplexitással rendelkező rendszerek, melyek megfelelő működése komoly háttér infrastruktúrát és irányítást igényel. Ebben a fejezetben a rendszer fizikai elemeit, valamint logikai kapcsolatait mutatom be.

2.1 Az Elektronikus jegyrendszer elemeinek bemutatása

A rendszer a következő alapelemekből épül fel:

2.1.1 Utasmédiák

Az utasmédia lehet mobil eszköz, vagy az utazásra jogosító kártya, menetjegy. A kártya kibocsátása történhet a közlekedésszervező, vagy akár harmadik fél által is. Az ily módon kiadott kártyák szerveralapú rendszer esetén jól elkülönülnek a díjterméktől. A kártya a beépített memóriától függően csak a személyazonosításra vonatkozó adatokat tartalmazza, illetve a kedvezményes utazásra jogosító igazolványok azonosítóit, így jól megszemélyesíthető, elvesztése viszonylag alacsony károsodással jár.[4][7] A Kártyák az alábbi felosztás szerint csoportosíthatók:

a) Csak egyszer írható kártyák:

Általában külön speciális célra gyártott, nem a banki hálózatot használó kártyák. Az ilyen típusú kártya nem más, mint egy eszköz, mely a kézpénzt elektronikus tranzakcióvá alakítja. Rendelkezik memória chippel, de micro processzorral nem. A kártya kiváltásakor előre kifizetjük azt az összeget, melyet később felhasználhatunk.

b) Újraírható kártyák

Az újraírható smart cardokat általában közlekedési társaságok, önkormányzatok, pénzügyi cégek bocsátják ki, ám beszerzésük mégis egyszerűbb, mint egy bank, vagy hitelkártyáé. Megvásárlásukhoz, valamint újratöltésükhöz nem szükséges bankfiókba fáradni. Egyéb értékesítő ponton, vagy interneten is megtehető. A kártya nyitott sok külső alkalmazásra, könnyen implementálható más rendszerekbe.

A kommunikációs kapcsolat alapján az alábbi típusokat különböztetjük meg:

2.1.1.1 Érintés alapú

a) Mágnes csíkos kártyák

Legfőbb előnye a papíralapú jegyekhez képest, hogy az utasmédia és a megvásárolt díjtermék egymástól jobban elválasztható, internetes távértékesítésre van lehetőség. Az utasmédia rongálódás alacsonyabb szintű, mint a papír alapú rendszer esetében, az érvényesítés azonban itt is minden esetben fizikai kontaktussal jár, tehát ha csekélyebb mértékben is, de számolni kell a kártya, valamint az érvényesítő készülékben lévő mechanikus alkatrészek kopásával, az esetleges eltömődésekkel, rongálásokkal.



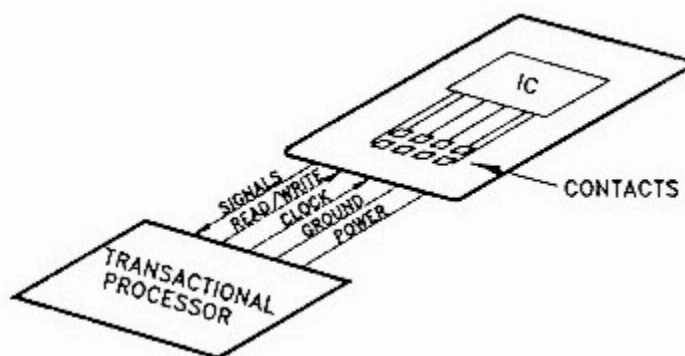
5. ábra: Mágnes csíkos kártya és a hozzá tartozó érvényesítő berendezés

(Forrás: <http://themidtowngazette.com>)

Az utasok számára mégis kedvezőbb, mert gyorsabbá és egyszerűbbé válik a jegyérvényesítés, gördülékenyebb az utas áramlás, valamint nincs szükség közvetlen készpénzes fizetésre. A rendszer bevezetésével menetdíj bevétel növekedés feltételezhető, mivel az ilyen utasmédiák hamisítása nehezebb, az ellenőrzések nagyobb hatásfokkal végezhetők, így várhatóan csökken a bliccelési hajlandóság, valamint ezen felül azért is előnyös az üzemeltető számára, mert az utasmédia alkalmas többszöri újratöltésre, így nincs szükség olyan volumenű gyártásra, mint a papírbélyeg esetében. Csökkennek a visszaélési lehetőségek, pontosabb elszámolást tesz lehetővé, valamint információkkal szolgál az utasok utazási szokásairól, mely információk a későbbiekben felhasználhatók hálózati fejlesztésekhez, illetve menetrendi finomhangolásokhoz.[6][7][8]

b) Érintés alapú chip kártya

A kártyákra az ISO/IEC781 szabvány vonatkozik. Egy mikro-chipet helyeznek a műanyag kártyába. A chip a kártya felszínén nincs lefedve, hiszen kapcsolatot kell teremtenie a leolvasó készülékkel. A chip hat, vagy nyolc fémérintkezővel rendelkezik, melyek az olvasóba történő behelyezéskor egy rugós érintkező berendezéshez csatlakoznak, így létrehozva az adatcsere útját. Mivel az adatcsere mechanikus kontaktuson alapul, ezért bizonyos mértékű elhasználódással itt is számolni kell. [6][8][9][10]



6. ábra: Érintésen alapuló chip kártya működése

(Forrás:[10])

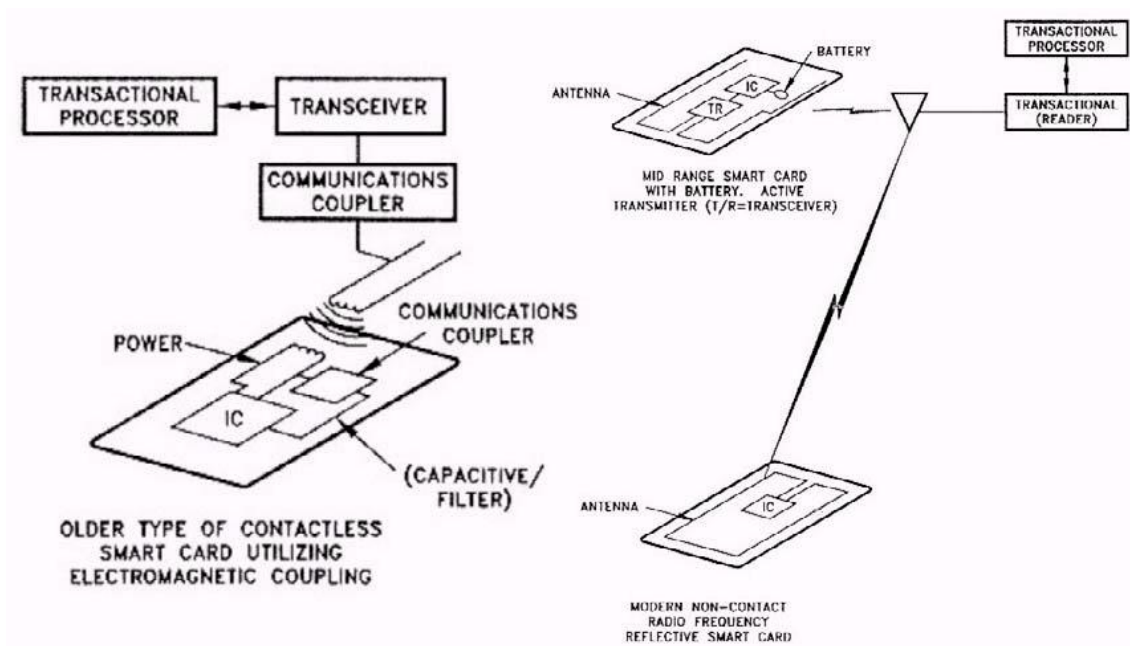
2.1.1.2 Érintésmentes Smart Cardok

Az adatcsere megindításához nem szükséges fizikai kontaktus létrehozása, elegendő egyszerűen csak közelíteni a kártyát az érvényesítő berendezéshez. A szükséges távolság az alkalmazott technológiától függ. Az adatcsere lehetséges sebessége 106 kbit/s- tól 846 kbit/s- ig terjed. Mivel a felhasználás során kevés mechanikai hatás éri az utasmédiát viszonylagos hosszú élettartam, valamint alacsony rongálódás jellemzi.

A kártyák RFID (Radio Frequency IDentification), vagy NFC (Near Field Communication) technológiát alkalmaznak az adatok továbbítása során.

Beépített energiaforrással nem rendelkeznek, hanem a feladatok végrehajtásához szükséges energiát a kártyába épített indukciós hurok képes felvenni.

A chipeken lévő memória kapacitás kellő nagyságú ahhoz, hogy az utas személyes adatait, kedvezményre jogosító igazolványainak azonosítóit tartalmazza, így könnyebben részesülhet az őt megillető kedvezményekben, valamint jobban a magáénak érzi az utasmédiát. A kártyákra vonatkozó legfontosabb paramétereket az ISO/IEC 14443 szabványcsalád tartalmazza. [6][8][9]



7. ábra: Érintésmentes kártya működése

(Forrás:[10])

Biztonsági szempontból ezek a kártyák hatalmas előrelépésnek számítanak a mágnes csíkos kártyákhoz képest. A chipkártyákról történő illetéktelen adatszerzés, illetve manipulálás aránytalanul nagy erőforrás befektetést igényel, illetve hétköznapi eszközökkel nem megoldható. [7] Kommunikáció létrejöttéhez szükséges távolság alapján az érintésmentes chip kártyák az alábbi kategóriákra oszthatóak:

- a) Proximity kártya – Működési távolság 10 cm
- b) Vicinity kártya – Működési távolság eléri az 1 métert
- c) Long, wide –range kártyák – Működési távolság nagyobb, mint 1 méter

A kártyának rendelkeznie kell töltéssel, melynek segítségével végbe mehet az adatkommunikáció. Ezt az energiát a már fentebb ismertetett indukciós elven nyeri a kártya. Az adatovábbítás rádiófrekvenciás elven valósul meg. [8]

2.1.1.3 Mobiltelefonos technológiák

a) SMS

Az utas egy megfelelő szintaktikával megírt SMS üzenet küldésével kezdeményezheti a díjtermék megvásárlását. Ha az üzenet minden szükséges adatot tartalmaz (díjtermék típusa, kedvezményre jogosultságok...) akkor sikeres a tranzakció, melyről a szolgáltató egy válasz SMS-ben értesíti a felhasználót. A díjtermék ára a következő számlázási ciklusban kerül kiírásra. [6][7]

b) OCR (Optical Character Recognition)

A díjtermék megvásárlása után az utas üzenetben egy képet kap, mely magába foglal minden információt a díjterméket illetően. Ez a kép lehet egy vonalkód, vagy QR kód, melynek beolvasása a validátor aljába épített OCR szkennel segítségével történhet. [6][7]



8. ábra: QR kód beolvasása

(Forrás: <https://encrypted-tbn1.gstatic.com>)

c) IVR- Interactive Voice Response alapú megoldás

A díjtermék megvásárlása nem egy SMS elküldésével, hanem egy telefonszám felhívásával történik. Az ügyfél hívását egy automata gépi hang fogadja, mely végigkalauzolja a választásos menürendszeren. Az intelligens menüből a telefon gombjainak segítségével kiválasztható a megfelelő díjtermék. Ha végbement a tranzakció, akkor a vásárló egy szöveges, vagy képi üzenetet kap telefonjára a szolgáltatótól.[7]

d) SIM toolkit

A szolgáltatókkal való egyeztetést követően, már a kibocsájtáskor a SIM kártyára felírásra kerül egyközlekedési applikáció, melyet a telefon menüjében kiválasztva az ügyfél könnyedén tud a közösségi közlekedési hálózaton történő utazásra jogosító díjterméket vásárolni. A vásárlást követően az uas SMS-ben kapja meg a virtualizált díjterméket.[7]

e) Telefonos applikáció

Hasonló a SIM toolkit rendszerhez, azonban az applikációt a felhasználó telepítheti a mobilkészülékére. Előzetes regisztrációt követően könnyedén vásárolhat díjtermékeket, melyeket tárolhat a készüléken, illetve egy központi szerveren is. Az értékesítéshez, illetve érvényesítéshez kapcsolódó funkciók képi technológián alapulnak (vonalkód, QR kód). A SIM toolkithez képest alacsonyabb biztonsági szintet képvisel.[7]

f) NFC- Near Field Communication

Az NFC egy kis hatótávolságú vezeték nélküli technológia, amely a Philips és a Sony közös fejlesztésének eredménye. A technológia jellegzetessége az érintésmentesség és kommunikáció funkció, amely alkalmassá teszi kényelmi szempontból kritikus felhasználói alkalmazások megvalósítására.

Az NFC mágneses mező indukcióval működik, a globálisan elérhető és szabad hozzáférésű 13.65 MHz-es hullámhosszon. Az NFC technológia 2004-ben vált elfogadott ISO/IEC szabvánnyá (ISO/IEC 18092:2004). Ezt megelőzően az ECMA (European association for standardizing information and communication systems) és az ETSI (European Telecommunications Standards Institute) is szabványként fogadta el. (ECMA-340, ETSI 102.190). Mindezek a szabványok írják le a Near Field Communication Interfészt és Protokollt (NFCIP-1), amelyek meghatározzák a modulációs eljárásokat, a kódolást, az átviteli sebességet, valamint egyéb technikai részleteket.

Az NFC kompatibilis a gyakorlatban jelenleg is használt érintésnélküli infrastruktúrával, és azokkal az érintésnélküli intelligens kártyákkal, amelyek az ISO/IEC 14443 szabványra épülnek. A biztonságos tárolóeszközön található alkalmazás és az NFC olvasó (NFC chipen keresztül) közötti kommunikáció két szabványon alapszik. Az ISO/IEC 14443 lehetővé teszi az olvasó és a NFC chip közötti kapcsolat

létrehozását, míg az adatcsere szerkezetét az ISO/IEC 7816-4 írja le. Az NFC technológia lényege, hogy az eszközök képesek egymással kapcsolatba lépni és adatcserét folytatni, anélkül, hogy fizikai kontaktusba kerülnének. Az NFC működési távolsága legfeljebb 10 cm, bár erősen függ a megvalósítástól, mivel a hatótávolságot az antenna átmérője határozza meg. [11]. Az NFC adatcsere sebessége legfeljebb 424 kbit/s. [12] Az NFC chipen tárolt adat gyakorlatilag egy link, mely a központi rendszerben tárolt adatainkra mutat. Megszemélyesített díjterméket képez, mely nem ruházható át más felhasználóra. [13] A díjtermék nehezen hamisítható, így viszonylag biztonságosak tekinthető. Előnye, hogy az utas bármikor és bárhol megvásárolhatja az utazásra jogosító díjterméket. [7]



9. ábra: NFC technológia alkalmazása a londoni közösségi közlekedésben.

(Forrás: <http://www.railtechnologymagazine.com>)

Az NFC-vel történő fizetés lehetőségét 2012-ben vezették be a londoni buszközlekedésben, amely az Oyster feltöltőkártyák által okozott nehézségeket igyekezett orvosolni. A szolgáltatást 2014 szeptemberéig 825 ezer utas használta 17 millió utazás alkalmával, amely napi lebontásban 65 ezer utat jelent. [14]

g) Mobiltelefonos technológiák értékelése

A mobileszközök felhasználása új dimenziókat nyit meg az elektronikus jegyrendszerek fejlesztési lehetőségeit illetően. Nagymértékben növeli az értékesítés komfortját, csökkennek a díjtermék vásárlására fordítandó idők, valamint megkönnyíti az integrációt más rendszerekbe. Azonban a rendkívül sok előnye mellett hátrányai is vannak, melyeket érdemes figyelembe venni:

- Az NFC technológia kivételével a díjtermékek ellenőrzése fennakadásokhoz vezethet, ugyanis a felhasználónak a telefon menüjéből kell kikeresnie a díjtermék meglétét igazoló üzenetet, vagy ábrát.
- Bizonyos megoldások esetében (SMS, IVR, SIM toolkit) a rendszer kívánt szintű működése nagymértékben függ a szolgáltató által nyújtott szolgáltatás színvonalától. Gyakran szükségessé válhat szerződés megkötése is a felek között
- Egyes megoldások (SMS, OCR, IVR) többletköltségekkel terhelhetik az utast.
- A mobilkészülék folyamatosan használatban van, ezáltal előfordulhat, hogy az akkumulátor lemerül. Amennyiben ez bekövetkezik, az utas nem tudja igazolni az utazásra jogosító díjtermék meglétét.

2.1.1.4 Egyéb érintésmentes eszközök

RFID (Radio Frequency Identification) chip alapjaiban hasonlít a vonalkódos, illetve QR kódos rendszerhez, azonban képes adatok szerkesztésére, valamint kommunikációra más RFID/ NFC eszközzel. Maga a chip egy integrált áramkörből (IC) és egy apró antennából áll, bonyolultabb szerkezet esetében önálló áramforrással integrálják, amit esetenként védőborítással is ellátnak. Az RFID címkék és olvasók rádióhullámok segítségével kommunikálnak egymással. Az adatok tárolásáért az integrált áramkör a felelős, a kommunikációért pedig az antenna. Az elektronikus kártyarendszerhez kiépített infrastruktúrát használja a díjtermékek érvényesítéséhez. Könnyen összekapcsolható más rendszerekkel. A mobiltelefonos felhasználáshoz hasonlóan az utasmédia itt is megszemélyesített, nem átruházható. A díjtermék tárolása történhet az eszközön, illetve központi serveren is. A chip viszonylag kis mérete miatt a legkülönbözőbb eszközökben elhelyezhető. Előfordulnak okos karkötők és gyűrűk is, melyek használhatók a közösségi közlekedési hálózaton.



10. ábra: RFID chippel felszerelt karkötő

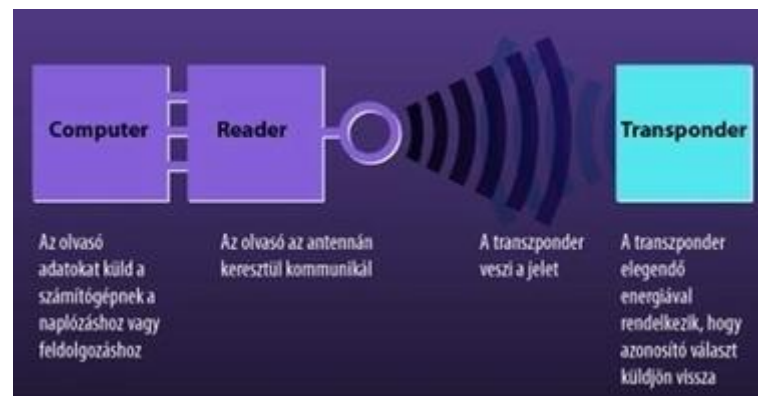
(<http://www.nfcworld.com/>)

Az RFID eszközök műszaki paramétereit különböző nemzetközi szabványokban rögzítik. Az ISO 18000 szabványcsalád, csak a rádiófrekvenciás protokollokat tartalmazza, frekvenciákra vonatkozóan. Az ISO 11784 definiálja a tag-ek adatstruktúráját, az ISO 11785 pedig az „air interface protocol”-t. Az ISO két további szabványt definiált az RFID „air interface protocol”-ra, ezeket a díjfizető rendszereknél és smart card-okban (ISO 14443, ISO 15693) érvényesítik. A tesztelések egységesítésére további két szabvány szolgál: ISO 18047 (megfelelőség) és ISO 18046 (sebesség). [15]

Az eszközök energia ellátását illetően az alábbi változatok alakultak ki:

- Passzív tag: Nem köthető hozzá áramforrás, így a memória olvasáshoz illetve a kommunikációhoz az olvasó által gerjesztett mágneses mezőt használja. Olvasási távolsága 5 méternél nem nagyobb.
- Szemi- Passzív tag: Rendelkezik saját áramforrással, de ezt csak a memóriaegység működtetéséhez használják, az adatok továbbításához az olvasó által gerjesztett elektromágneses mező szükséges. Az adatforgalom akár 100 méteres távolságból is megvalósulhat.
- Aktív transzponderek: beépített áramforrással és adó készülékkel rendelkeznek, így akár kilométerekről is képesek adatokat továbbítani. Nagy olvasási távolságot biztosít

A közösségi közlekedésben leginkább az indukciós kialakítást alkalmazzák. Az olvasó primer tekercs antennája és a tag szekunder tekercs antennája között induktív kapcsolat áll fenn. A transzponder mikrochipje a mágneses mező energiájából áramot kap, ezzel megváltoztatja az antennaterhelését. Mivel mindkét egység közrejátszik az elektromágneses tér létrehozásában így közel kell egymáshoz elhelyezkedniük. [15]



11. ábra: RFID technológia (Forrás:[15])

Az adatok írása, illetve olvasása szempontjából megkülönböztetünk többféle chipet, mint például:

- RO- Read Only: Csak olvasható tag-ek. Az adatbevitel a memóriába a címke gyártásakor történik, ezután az adattartalom csak olvasható formában lesz jelen.
- WORM- Write Once Read Many: Az írás történhet gyártáskor vagy a felhasználónál, de csak egyetlen alkalommal. Az adatmódosításra nincs lehetőség a későbbiek során. Egyszerű azonosításra használható.
- Read/ Write: Írható/ olvasható. A legáltalánosabban alkalmazható adathordozó. Több adat tárolására is alkalmas, mint egy egyszerű azonosító szám.[15]

2.1.1.5 Utasmédiák összevetése

A legfőbb szempontokat figyelembe véve összehasonlítottam a közösségi közlekedésben napjainkig alkalmazott utasmédiákat, mely összevetés eredményét a következő táblázatban szemléltetem:

1. táblázat: Utasmédiák összehasonlítása

(Forrás: Saját szerkesztés)attachment.pdf!!!!!!

Szempontok			Papír alapú	Mágnes-csíkos kártya	Smart Cardok		SMS, IVR, OCR	NFC	RFID eszköz
					Hagyományos	Szerver alapú			
Érvényesítés módja	Mechanikus		X						
	Elektronikus, érintéses			X					
	Elektronikus, érintésmentes				X	X	X	X	X
Előnyök	Felhasználók számára	Regisztráció mentes	X	X					
		Alacsony rongálódás			X	X	X	X	X
		Utazás történet visszanezézhető		X	X	X	X	X	X
		Megszemélyesíthető			X	X	X	X	X
		Elvesztés esetén letiltható				X	X	X	X
		PAYG, utólag fizetés			X	X		X	X
	Üzemeltető számára	Olcsó előállítás	X	X				X	X
		Alacsony infrastruktúra igény	X						
		Időalapú díjszabás lehetséges		X	X	X		X	X
		Nehezen hamisítható			X	X	X	X	X
		Utazási szokások ismertek		X	X	X	X	X	X
Hátrányok	Felhasználók számára	Magas rongálódás	X	X					
		Regisztráció szükséges			X	X		X	X
		Utasmédia és a díjtermék nem választható szét	X	X					
		Utazástörténet nem ismert	X				X		
		Mobiltelefont igényel					X	X	
		Akkumulátor lemerülhet					X	X	
	Üzemeltető számára	Könnyen hamisítható	X	X					
		Drága infrastruktúra		X	X	X	X	X	X
		Függés más szolgáltatóktól					X		
		Utazási szokásokról nincs információ	X						
		Kevés üzemeltetési tapasztalat						X	X
Interoperabilitás					X	X		X	X
Távértékesítés jól megoldható, nem igényel különleges eszközt						X	X	X	X

2.1.2 Értékesítési pontok

Azok a helyszínek, objektumok, vagy csatornák, melyen keresztül az utasmédiák megvásárolhatók, illetve melyeken keresztül a díjtermék felvihető, vagy összekapcsolható az utasmédiával. Ezen értékesítés történhet ügyfélközpontok, multifunkciós papír és plastik kártya kiadására is alkalmas automaták, mobiltelefonos, illetve internetes távértékesítés útján.[4]

2.1.3 Érvényesítő berendezések

Az érvényesítő berendezések a végállomási beléptető kapuk, megállókba, járművekre felszerelt készülékek, valamint ellenőri kézi készülékek. Ezeknek az egységeknek a feladata az utasmédiával való kommunikáció, a kártya adatainak azonosítási céllal történő olvasása, az érvényesítéshez szükséges adatok továbbítása a központi rendszer felé. A készülék nem csak továbbít adatot, hanem kap és kezel is. Az eszközöknek tudniuk kell kommunikálni minden olyan érintés nélküli kártyával, szabványos NFC eszközzel, amit utasmédiaként használhatnak az utasok.

Az érvényesítő berendezések működése master-slave elv alapján történik. Járművenként, illetve állomásonként ki kell jelölni egy elsődleges (master) érvényesítő készüléket. Ez az egység lesz felelős a központi rendszerrel való kapcsolattartásra, kezeli az érvényesítési listákat, tárolja és felküldi a keletkezett naplókat és vezérli a hozzákapcsolt másodlagos (slave) érvényesítő eszközöket. A master érvényesítő készülék meghatározásának módja dinamikus kell lennie, hogy a készülék meghibásodása esetén egy másik érvényesítő készüléket lehessen master-nek kijelölni. Mivel nem garantálható minden körülmények között a megfelelő kommunikáció a központi háttérrendszerrel, ezért szükséges, hogy a járműveken levő eszközök önállóan, hálózati adatkapcsolat nélkül is tudjanak döntést hozni az engedélyezésről. Ez a készülék „helyi” intelligenciájával, tiltólista (black/deny list) használatával oldható meg. A tiltólistán elsődlegesen azoknak az utasmédiáknak az azonosítója szerepel, amelyek lejártak, elvesztés, csalás vagy lopás miatt letiltásra kerültek. A tiltólistán szereplő utasmédiákat érvényesítési kísérlet esetén elutasítja a készülék. A listák szinkronizálása minden járművön és állomáson az master eszköz feladata. A központi rendszer felelős a listák összeállításáért, folyamatos frissítéséért és disztribúciójáért.

Szintén listakezelési feladat az egyes állomások, járművek esetén a közelmúltban érvényesítésre került utasmédiák nyilvántartása. Ez a megoldás hivatott minimalizálni egy, ismert csalás kockázatát, nevezetesen az azonos utasmédiával történő többször, egymás utáni belépést, érvényesítést (passback). Minden érvényesítésre került utasmédiát egy megadott ideig (általában 5-10 percig) tárol egy külön listán az érvényesítő eszköz. A listán szereplő utasmédiákkal nem engedélyezi az ismételt érvényesítést. A megadott időtartam után az utasmédia automatikusan lekerül a listáról. Az elsődleges érvényesítő ebben is kulcsszerepet játszik, ugyanis nem lenne elegendő ezt a szűrést az egyes eszközökben megvalósítani, össze kell hangolni az egy járművön, illetve egy állomáson működő eszközöket a hatékony ellenőrzés érdekében. [7][16]

2.1.3.1 Végállomási beléptető kapuk

Beléptető kapukat a világ legkülönbözőbb területein (bevásárló központok, sportlétesítmények, üzemi területek, stb.) alkalmazzák. Céljuk, hogy az adott területre történő jogosulatlan belépéseket megakadályozzák. A közlekedési szektorban történő alkalmazás elsősorban aluljárókban, vagy olyan megállóknál elterjed, mely jól lekerített és további építkezést, átalakítást már nem, vagy csak kis mértékben igényel. Az aluljárók esetében rendelkezésre álló kevés hely miatt a rendszer kiépítése komoly tervezést és előkészítést igényel. Általában ezen állomások, vagy megállók metró, illetve elővárosi vasút megállói, melyek kiemelten veszélyes üzemnek számítanak. Az esetleges építészeti átalakításokhoz egyeztetni kell különféle hatóságokkal és engedélyező szervekkel. A telepítendő eszközöknek szigorú előírásoknak kell megfelelniük ahhoz, hogy a rendszer telepítését el lehessen kezdeni. A mechanikai behatásokkal szembeni ellenállóságot az CEI/IEC 60529, valamint az IEC 62262 szabvány tartalmazza. Az IP skála szabályozza a szennyeződésekkel szembeni ellenállás, míg az IK az ütésállóságot. Az IP skála értékeit úgy kell értelmezni, hogy az első számjegy a szilárd szennyeződésekkel szembeni ellenállás, míg a második a cseppfolyós szennyeződésekkel szembeni ellenállás mértékét rögzíti. Minél nagyobbak ezek a számok az eszköz annál ellenállóbb az adott szennyeződésnek. Az általánosan megkívánt IP érték a beltéri, valamint az aluljárókban elhelyezett kapuk esetén IP40-től IP44-ig terjed, mely annyit jelent, hogy a kapu apró méretű szilárd tárgyak (<1mm) ellen védett, valamint a második számjegytől függően lehet a vízzel szemben védetlen, vagy akár a minden irányból fröccsenő víznek is ellenálló. Az üzemeltető választhat

azonban ettől ellenállóbb kialakítást is. Kültéri kapuknál az elvárt IP értéket célszerű magasabban meghatározni, akár IP54-re emelni, mely szerint már az apróbb szemcséjű pornak is, valamint a fröccsenő víznek ellenáll. Az IK érték a helyszíntől általában nem függ. Ütésállóság szempontjából célszerű a maximális, azaz IK09-es értéket meghatározni, mely szerint a berendezés 20 J energiának képes ellen állni (ami egy 5 kg-os súly, 40 cm magasságból történő ráejtésének felel meg. [17][18]

Biztonsági szempontokból kiemelkedően fontos, hogy a kapuk könnyen és gyorsan teljesen áramtalaníthatóak legyenek, valamint, hogy áramkimaradás, vagy áramtalanítás esetén mechanikusan ki lehessen nyitni. Az egyes kapuknak a vészjelző és tűzjelző rendszerrel folyamatosan összeköttetésbe kell lenniük, hogy egy esetleges vészhelyzetben ne akadályozzák a menekülést, továbbá minden állomás be- és kijáratánál kell lennie legalább egy, illetve amennyiben lehetséges két szervizkapunak, amely az utasok, az állomásszemélyzet és a mentőszolgálat áthaladását biztosítja vészhelyzet esetén. Az áthaladás ez esetben nem igényel érvényes utasmédiát.

Üzemelésüket illetően megkülönböztethetünk egy, illetve kétirányú közlekedésre alkalmas kapukat A tervezés során az esélyegyenlőségi szempontokat figyelembe véve kötelező irányonként egy, vagy egy darab kétirányú működtetésre alkalmas szélesebb kapu elhelyezése a kerekesszékes utasok számára

A kapuk rendelkeznek egy fényjelző berendezéssel, mely az üzemi állapotról ad információt az utasok számára. Alap esetben kétféle színnel képesek világítani (de létezik három színű változat is). A zöld fény jelzi, hogy a kapu üzembe van helyezve, a piros pedig, hogy jelenleg nem üzemel. [16]

Adatkapcsolat a központtal történhet vezetékes (LAN), illetve vezeték nélküli mobilhálózat (3G, 4G) segítségével.[7]

A különböző mérések alapján nyert utazási adatok alapján kiszámítható, hogy milyen áteresztő képességű és mekkora mennyiségű kaput kell telepíteni (a számítási módot a 3. fejezetben ismertetem). A gyártók a kapuk áteresztő képességét [fő/perc] egységben határozzák meg, mely konstrukciótól függően általában ~20-40 [fő/perc]. A tervezésnél azonban figyelembe kell venni azt, hogy egy kapu kiszolgálási ideje átlagosan 2 [s] (érvényesítés, ami áthaladás közben történik külön megállás nélkül, nyitás, áthaladás, zárás), amiből adódik, hogy 60 [s] alatt $60/2=30$ fő lehet a reális átbocsátási képessége egy beléptető kapunak [19]. A gyakorlati tapasztalatok azonban azt mutatják, hogy a beléptető kapuk maximum 20-25 [fő/perc] áteresztő képességgel képesek működni.

A közösségi közlekedésben alkalmaznak forgóvillás, lengő, valamint csúszó ajtós kialakítást is, melyeket a 12. ábra szemléltet.



Forgóvillás kialakítás



Alaphelyzetben nyitott kapu, csak érvénytelen díjtermék esetén záródik (Baku)



Egész alakos kialakítás



Lengőajtós kialakítás



Lengőajtós kialakítás, üvegajtóval



Csúszóajtós kialakítás

12. ábra: Beléptető kapu kialakítások lehetséges változatai
(<http://lotgroup.eu/>)

2.1.3.2 Peroni validátorok

A peroni érvényesítő berendezéseket olyan megállók, illetve állomások területén alkalmazzák, ahol a beléptető kapus rendszer a hely hiánya miatt nem építhető ki a kívánt kapacitásnak megfelelően, valamint ha a rendszer kiépítése irreálisan nagy tőkeigényű, azaz a helyszín csak komoly építkezési beruházással zárható le.

A peroni validátoroknak tudniuk kell kezelni a rendszer által támogatott összes utasmédiát. A média érvényesítését követően jól látható fényjelzéssel, illetve legalább 1,5 méter távolságból halható hanghatással kell jelezniük a tranzakció sikerességét, vagy éppen elutasítását.

Az adatkommunikáció történhet vezetékes kapcsolat (LAN), vagy vezeték nélküli mobilhálózat (3G, 4G/LTE) használatával. Az esetleges adatkapcsolati hibák kiküszöbölése érdekében az eszközök rendelkeznek beépített memóriával, melyben tárolják az előzetesen letöltött listákat, valamint a tranzakciós naplót, majd az adatkapcsolat helyreállítását követően ezt szinkronizálják a központi adatbázissal. Korszerű berendezések esetében az eszköz rendelkezik egy távolról vezérelhető kapacitív kijelzővel, melyen keresztül utazásra vonatkozó információk közölhetők az utazóközönséggel.



13. ábra: Peroni érvényesítő berendezés
(Forrás: <http://www.scheidt-bachmann.com>)

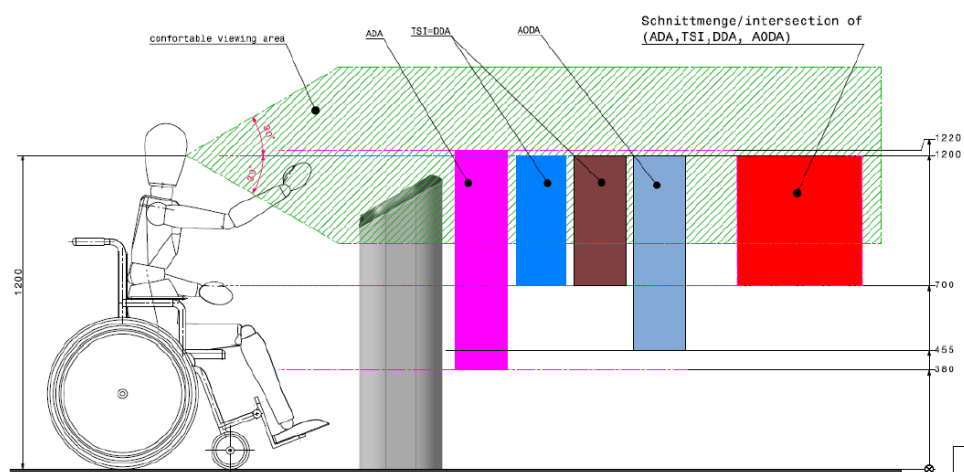
Az eszközök érvényesítő sebessége, azaz áteresztő képessége magasabb, mint a kapuk esetében, ugyanis rövidebb a technológiai idő, mert nincs szükség a kapuszárnyak nyitására, illetve zárására.

Áramellátásuk a megállóban kiépített hálózatról történik. Célszerű a kivitelezőnek beiktatni egy szünetmentes tápegységet, melynek segítségével az esetleges áramszünetek esetén is a rendszer még egy rövid ideig (~10-15 perc) működőképes.

Az egyes állomásokon elhelyezett eszközök master-slave elven működnek. A kiszolgáló egységek naplózzák a tranzakciókat, mely naplókat továbbítanak a master egységnek, mely kommunikál a központi háttér rendszerrel.

Az eszközök telepítésekor figyelembe kell venni különböző ergonómiai és műszaki szempontokat. Olyan érvényesítő oszlopokat célszerű kiépíteni, melyeknek minden éle megfelelően lekerekített. Az oszlopok elhelyezését úgy kell megvalósítani, hogy közvetlenül a le és felszállási folyamatokat ne akadályozzák.

Az ergonómiai és esélyegyenlőségi szempontokat figyelembe véve, az eszközöknek meg kell felelniük az ADA, DDA, AODA, TSI-PRM szabványokban foglalt előírásoknak. Minden esetben olyan oszlopmagasságot kell alkalmazni, mely mozgássérült, kerekesszékes utasok számára is jól elérhető, valamint a kijelzőn megjelenített információk olvashatók. Ezen elvárásokat a 14. ábrán, grafikus módon szemléltetem.



14. ábra: Ergonómiai szempontok peroni validátorok esetén

(Forrás: BKK)

Mivel a megállóknál elhelyezett validátorok folyamatosan ki vannak téve a környezeti hatásoknak, ezért célszerű magasabb IP, illetve IK szintet meghatározni, mint a járműfedélzeti, vagy beltéri eszközök esetében. Az IP65 pornak teljes mértékben, valamint alacsony nyomású vízszugárnak ellenáll, az IK09 pedig 20J behatásnak. Ezen kritériumok megemelik a beszerzési költséget, de az üzemeltetési költségük feltehetően alacsonyabb lesz, hiszen jobban ellenállnak a rongáló hatásoknak.

2.1.3.3 Járműfedélzeti berendezések

A járműveken elhelyezett validátorok (érvényesítők) működése érintésmentes technológián alapul. Rádióhullám segítségével érzékeli az utasmédiát. Az eszközt célszerű felszerelni egy OCR szkennelvel is. Áramellátásuk megvalósulhat a járművön rendelkezésre álló 24V-os egyenárammal, vagy külső áramforrással. Erős elektromágneses zavarással szembeni védelem és túlfeszültség-tűrési képesség főleg villamos és trolis járművek esetén. Mechanikai behatásokkal szembeni ellenállóságot az CEI/IEC 60529, valamint az IEC 62262 szabvány tartalmazza. [16]. Az általánosan megkívánt IP és IK érték az IP54, illetve IK07 melyek annyit jelentenek, hogy por ellen, illetve fröccsenő folyadék ellen védett (nem károsító mennyiségű behatolás, illetve szivárgás megengedett), valamint 6 J energiának (ami 1,5 kg súly 40 cm magasságból történő ráejtésének felel meg) képes ellenállni [17][18]. Léteznek kapacitív kijelzővel, illetve nyomógombbal felszerelt validátorok. Az utasmédia érvényesítést követően hang, illetve fény jelzések adásával jelzi, hogy egy tranzakció van folyamatban. Minimum kétféle, különböző magasságú hang szükséges a jóváhagyási és a visszautasítási tranzakció megkülönböztetőségéhez.

A 15. ábrán néhány napjainkban használt járműfedélzeti validátor típust szemléltetünk. Jól látható a képek alapján, hogy nincsen szigorú differenciálódás az eszközök között. Az egyes funkciók jól ötvözhetők, így akár olyan átmeneti eszközök alkalmazhatók, melyek képesek egyszerre hagyományos, papír alapú jegy pecsételésre, valamint smart cardok olvasására.



**Alapfelszereltségű
fedélzeti validátor**



**Jegynyomtatóval ellátott
fedélzeti validátor**



**Papír jegy pecsételővel
ellátott
fedélzeti validátor**



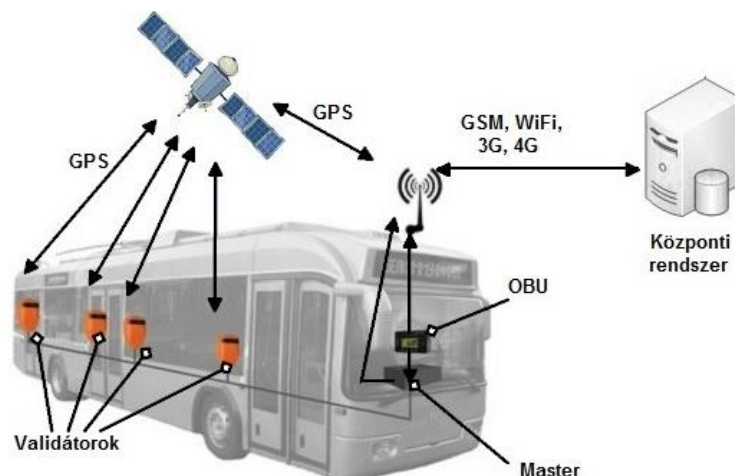
**OCR szkennerral felszerelt
fedélzeti validátor**



**Nyomógombos
fedélzeti validátor**

15. ábra: Járműfedélzeti validátor kialakítások
(Forrás: <http://www.mikroelektronika.com>)

A validátorok kapcsolatban állnak a közlekedési társaság által üzemeltetett helymeghatározó rendszer fedélzeti egységével OBU-jával (On Board Unit) LAN, WLAN, Bluetooth, 3G, vagy 4G technológiák valamelyikével és lekérlik a pontos GPS, viszonylat, rendszám és idő adatokat. Az OBU esetleges GPS jel vesztese esetén az érvényesítő készülékeknek önállóan is alkalmasnak kell lenniük a helyszín koordinátáinak megállapítására, ezért mindegyik külön-külön is fel van szerelve egy „meleg tartalékként” funkcionáló SIM kártyával. Az eszközök master-slave rendszerben működnek. A kiszolgáló eszközök a master (vezérlő) egységnek továbbítják az adatokat, mely ezt követően továbbküldi azokat a központi rendszernek. A vezérlő egységekből az adattovábbítás történhet real-time, vagy ciklikus (napi egyszeri, vagy többszöri) módon. A tranzakciók végrehajtása a központi háttérrendszerben történik, mely real-time rendszer esetében azonnal információt küld vissza a vezérlőnek, ciklikus lekérdezés esetén ráterheli az utas által megadott számlára a felhasznált díjterméket. Amennyiben az adatkapcsolat megszakadna a vezérlő és a központi rendszer között az előzetesen letöltött listák alapján (engedély lista, tiltó lista) üzemelnek az eszközök. A készülékbe épített memória tárolja a tranzakciók adatait, majd ha helyreáll a kapcsolat egy adatszinkronizációval helyreállítható a konzisztencia. A master-slave rendszer felépíthető úgy, hogy a vezérlést egy erre fejlesztett egység végzi, azonban szerencsésebb, ha a validátor csoport egyik készülékét nevezzük ki master-nek. Ennek feltétele, hogy minden eszköz alkalmas legyen a master funkciók ellátására, így egy esetleges meghibásodás esetén másik készülék nevezhető ki vezérlő szerepre.[16]



16. ábra: Járműfedélzeti kommunikációs rendszer

(Forrás: Saját szerkesztés)

2.1.3.4 Ellenőri készülék

Az ellenőri kézi készülékeknek nagy sávzélességű 3G, vagy 4G/LTE mobil adatkapcsolat segítségével folyamatosan összeköttetésben kell lenniük a központi AFC rendszerrel. Minden ellenőri kézikészülék valós időben frissíti alapadatait. Amennyiben releváns változás történne a nap során, akkor azt ésszerű időn belül frissíti. Az ellenőri kézikészülék az alap- és az egyéb adatokat (hely, útvonal, dátum, jegyellenőri azonosító) használja az eszközre előzetesen lementett adatösszesítő sablonok kitöltéséhez. A helyszínre vonatkozó adatokat a beépített GPS adó alapján határozza meg. Az eszköz képes valós idejű kéréseket küldeni az AFC Központi Irányítórendszerében levő konkrét kártyákkal kapcsolatos díjtermék és használati információkra vonatkozóan. A készülékeknek egy esetleges szerver meghibásodás esetén is üzemelniük kell, ezért a validátorokhoz hasonlóan időszakosan frissíti a memóriájába letöltött engedély, illetve tiltó listákat. [16]

2.1.4 Központi rendszer

A megbízható működés kulcsfontosságú a rendszer megfelelő működése érdekében. Az adatok redundás tárolása kiemelt jelentőségű. Az utasmédia és a díjtermék összekapcsolása, valamint a különböző viteldíjak számítása a rendszer e szintjén történik. Alapvetően kétféle rendszerváltozatot különböztetünk meg:

2.1.4.1 Hagyományos érintésmentes kártyarendszer

Az utasmédia tárolja az utazásra szánt teljes összeget. Nincs kapcsolatban központi szerverrel. Internetes vásárlás esetén biztosítani kell a feltételét annak, hogy a díjtermék az utas médiára kerülhessen.

Biztonsági szempontból elmondható, hogy minél több adatot tárolunk egyetlen kártyán, annál jobban kiszolgáltatottá válik a rendszer a csalók számára. A legsebezhetőbb része ugyanis éppen maga a kártya. A kártyákra vonatkozóan nincs egyetlen, univerzális szabvány, ezért az utasok számára ez komoly interoperabilitási problémákat okozhat. Több szabványnak is megfelelhetnek az utasmédiák. Ezek például: ISO/IEC 14443, ISO/IEC 15693, ISO/IEC 15408, ISO/IEC 18092. [16]

2.1.4.2 Szerver alapú kártyarendszer

A szerveralapú kártyarendszer szintén érintésmentes kártyát használ, ám legfőbb különbsége a hagyományos rendszerhez képest, hogy a díjtermék és a felhasználó adatai nem magán az utasmédián tárolódnak, hanem egy központi szerveren, mely így növeli a biztonságot és az átjárhatóságot a különböző szolgáltatók között. Az utasmédia csupán az utas azonosítására szolgál. Ehhez azonban nagy sebességű és korszerű érvényesítő készülékekre van szükség, hogy az utasmédiát, valamint a központi szerveren lévő díjterméket és jogosultságokat az utazás megkezdésekor a pillanatok alatt összepárosítsa.

Mivel minden adat központi szerveren tárolódik, így a díjtermékek távértékesítése könnyen megoldható mindenféle különleges céleszköz beszerzése nélkül. Az utas egyszerűen egy internetes felületet meg tudja vásárolni, valamint vissza tudja ellenőrizni a korábbi tranzakciókat, megnézheti az eddigi utazástörténeteit.

A rendszer jól használható érintés nélküli bankkártyákkal is, mely tovább bővítheti a felhasználók rétegét. Az utasnak nem kötelessége utasmédia igénylése a szolgáltatótól, egyszerűen vásárolhat díjterméket bankkártyával. Ez főként turisták és átutazók számára jelent nagymértékű javulást.[7]

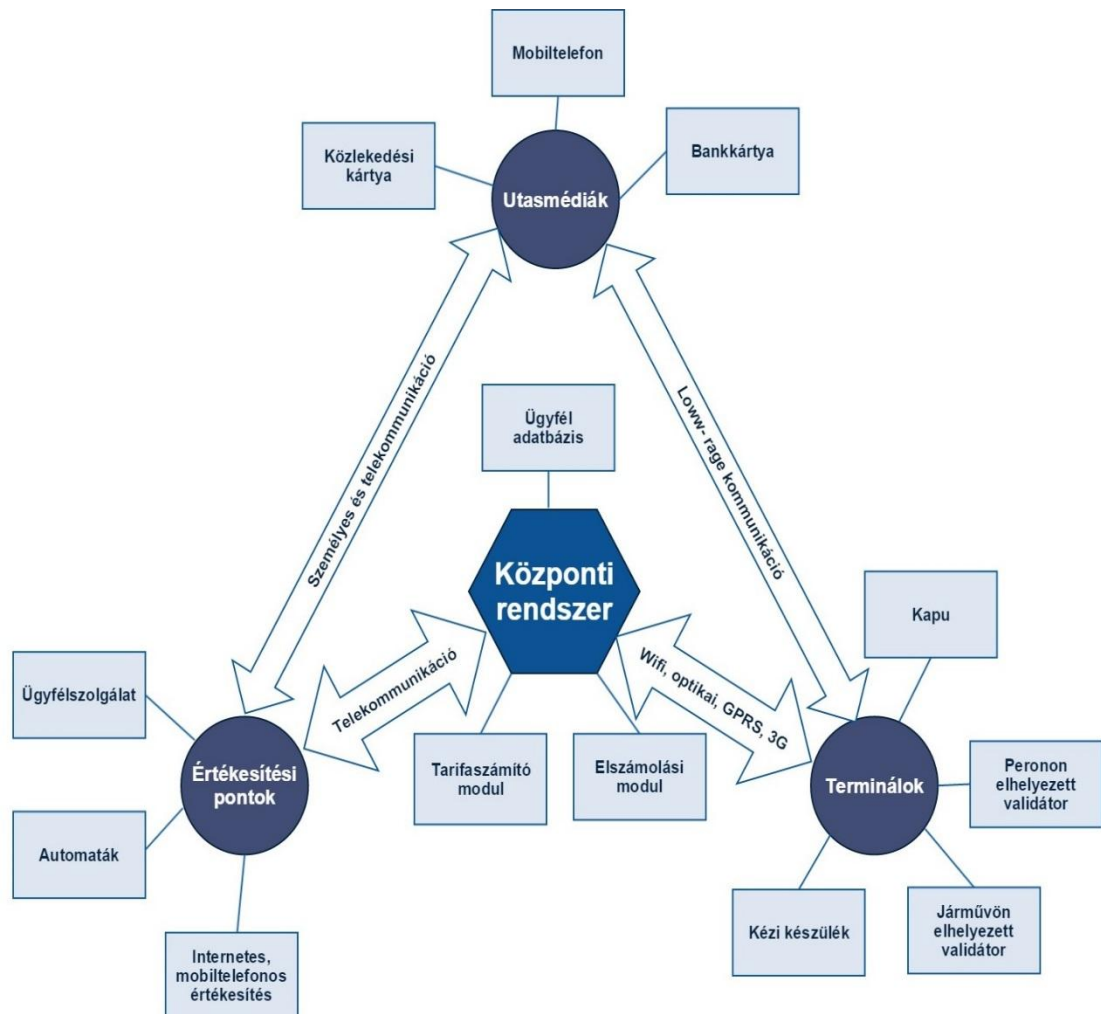
2.1.5 Kommunikációs hálózat

Az a csatorna, melyen keresztül történik az adatáramlás. Kellően gyorsnak és biztonságosnak kell lennie a megbízható működés érdekében. A teljes adatcsere folyamat egy lánc, mely több szegmensből tevődik össze. A járműbe épített GPS-es nyomkövető berendezés hely adatokkal szolgálja ki a fedélzeti érvényesítő berendezést. Az utasmédia érvényesítését követően a begyűjtött koordináta, idő, valamint utas adatokat továbbítja a központi szervernek. A peroni érvényesítő az adatokat a vezérlő egységnek küldi, mely továbbítja a központi szerver felé (master-slave rendszer). Az utasmédiák és az érvényesítő berendezések között zajló kommunikáció NFC, vagy RFID technológiával, míg a központi szerverrel GPRS, 3G, vagy 4G technológiával valósulhat meg.

Az elemek sokasága alapján belátható, hogy az automatikus menetdíj beszedő rendszerek, úgynevezett AFC (automatic Fare Collection) rendszerek komplex

rendszerek melyek több egymással kapcsolatban lévő és kommunikáló alrendszer integrációjával jönnek létre. [16]

Az AFC rendszerek általános architektúráját a 17. ábra szemlélteti.



17. ábra: Elektronikus jegyrendszer architektúra

(Forrás: Saját szerkesztés [4] alapján)

2.1.6 A viteldíj kalkuláció módozatok bemutatása

A fenntartható fejlődés, valamint élhetőbb nagyvárosi környezet kialakításához kulcsfontosságú az egyéni, illetve közösségi közlekedés városon belüli megfelelő részarányának kialakítása. A városszerkezet átalakításán kívül a közlekedés szervező ezt legnagyobb mértékben úgy tudja befolyásolni, ha szolgáltatásának színvonalát növeli és az egyéni közlekedés költségeihez képest egy kedvezőbb díjstratégiát vezet be. A jól kialakított díjszabás, ugyanis meggyőzheti a városban közlekedőket, hogy a személygépjárműves közlekedés helyett, vagy azzal kombinálva a közösségi közlekedés szolgáltatásait vegyék igénybe. Ennek érdekében többféle díjképzési stratégia alakult ki. Az utazási díjak utazás, vagy utas alapján differenciálhatók. [4][7]

2.1.7 Utazás alapú díjkalkuláció

Az utazás szerint árképzést több szempont befolyásolhatja, mint például: utazási idő, utazási távolság, közlekedési eszköz (pl.: libegő, hajó), valamint az utazás időpontja (csúcsóra). Az utazás alapú ármeghatározás tekinthető költség alapú árszabásnak, ugyanis az utazás ára összefüggésben van a szolgáltatás előállításának költségével. Magyarán szólva egyes közlekedési alágazatok üzemeltetése, a nagyobb távolság megtétele, illetve a csúcsidei közlekedés magasabb üzemeltetési költséggel jár, ezért a szolgáltatás igénybevételének díja is magasabb. [4][8] Ezen szempontok figyelembevételével az alábbi díjszabási módozatok alakíthatók ki:

2.1.7.1 Egységes menet díj

A legegyszerűbb viteldíj rendszer, melynél minden utas számára ugyanakkora utazási díj kerül felszámolásra függetlenül az utazási időtől, megtett távolságtól, vagy éppen az utazás időpontjától. A rendszer jól illeszkedik, olyan helyzetbe ahol a legtöbb utas körülbelül azonos távolságokat utazik átszállás mentesen, ugyanis az átszállást követően újra felszámolásra kerül a díjtétel. A reurbanizálódott nagyvárosok esetében a rendszer kifejezetten méltányos, ugyanis a belvárosban, illetve az ahhoz közeli területeken a módosabb polgárok élnek, míg a szegényebbek az agglomerációban, de mégis a nagyobb utazási távolságokért ugyanannyit fizetnek, mint a belvárosban közlekedők.[4]

2.1.7.2 Utazás tarifa

Egyes utazások meghatározott viteldíjjal rendelkeznek. Ezt a változatot olyan városokban alkalmazzák ahol a különböző franchise vállalatok egy-egy utazás kínálnak fix összegért. Az utasnak a teljes utazási lánc során ki kell választania előre, mely útszakaszon mely szolgáltatóval kíván utazni, ugyanakkor az előre meghatározott helyeken megengedettek a szolgáltatók közötti átszállások [4][8]

2.1.7.3 Szolgáltatás alapú tarifa

Külön viteldíj határozható meg a közlekedési mód, valamint a közlekedési sebesség alapján. A magasabb üzemeltetési költségű, vagy prémium szolgáltatásokért lehetőség van magasabb viteldíjat felszámolni. Ilyenek például: hajó, libegő, stb. [20]

2.1.7.4 Zonális viteldíj

A közlekedési hálózat zónákra van felosztva, melyek megegyező tarifával rendelkeznek. Az egyes zónahatárokat átszelve a zónák tarifája összeadódik. A végső viteldíj összeg tehát úgy számítható, hogy az egyes zónák díja, melyek határát az utazása során átszeli az utas összeadódnak. Ez a rendszer igazságtalan abban az esetben, ha egy rövid utazás induló és célállomása két különböző zónában található.[4][8]

2.1.7.5 Távolság alapú tarifa

Kilométerenkénti árat alkalmaznak. A hálózatot több övezetre bontják, melyeket megállók határolnak. A megállók közötti távolság határozza meg a viteldíjat. A rendszer annál igazságosabb minél finomabb a díjszabási skála. Mivel az utazási távolság egyenesen arányos a fizetendő összeggel, ezért a rendszer igazságosnak mondható, azonban kevésbé méltányos az olyan városokban, ahol az alacsonyabb jövedelemmel rendelkezők a külvárosi részekben élnek, hiszen épp nekik kell a legtöbbet fizetniük a szolgáltatás igénybevételéért. [4][8]

2.1.7.6 Időpont alapú tarifa

A viteldíjak az alapján differenciálódnak, hogy az utazás csúcsidőben, vagy azon kívül történik.

2.1.7.7 Távolság-időpont alapú tarifa

Egy speciális változata a távolság alapú viteldíj számításnak, mely annyit tesz, hogy a távolság mellett figyelembe veszi az utazás időpontját, tehát csúcsidőben esetlegesen drágább lehet a szolgáltatás igénybevétele, mint csúcson kívül.[4][8]

2.1.7.8 Idő alapú tarifa

Az utazási jogosultság egy meghatározott időtartamig érvényes. Az érvényességi idő alatt korlátlan számú átszállást végezhetünk, azonban az utolsó átszállásnak még az érvényességi időn belül kell bekövetkeznie. Ebben az esetben folytathatjuk utazásunkat az érintett járművön, attól függetlenül, hogy esetlegesen a díjtermék utazásra jogosító ideje már lejárt, azonban további átszállásra csak egy újabb díjtermék megvásárlásával van módunk.[4][8][20]

2.1.7.9 Piaci alapú árképzés

Általában valamelyik árképzési módszerrel kombinálva működik. A lényege, hogy az egyes díjtermékeket vásárló utasok kedvezményekben részesülnek. Általában így próbálják serkenteni a vásárlókat hosszabb érvényességi idejű díjtermékek megvásárlására. Általánosan elterjedt gyakorlat az is, hogy bizonyos utasmédiát használó utasok különböző utazási kedvezményekben részesülnek annak érdekében, hogy minél többen térjenek át az adott utasmédia használatára.[10]

A különböző viteldíj kalkulációs módok előnyeit, illetve hátrányait a 2. táblázatban foglaltam össze.

2. táblázat: Utazás alapú díjképzési stratégiák összehasonlítása

(Forrás: Saját szerkesztés)

Viteldíj számítási módozatok	Előnyök	Hátrányok
Egységes menet díj	Egyszerű, olcsó működtetés, könnyen érthető, visszaélés nehézkes, méltányos, hosszabb utazások esetén kedvező	Nem fedezi a működtetési költségeket, veszteséges; rövid utazások esetén igazságtalan, átszállási lehetőséget nem biztosít.
Utazás alapú tarifa	Egyszerű kiszámíthatóság, nehezen kijátszható	Ha több utazás igénybevétele szükséges az úti célunk eléréséhez, akkor drága
Szolgáltatás alapú tarifa	Prémium szolgáltatások is igénybe vehetők, utazásra fordított idő csökkenhet, utazó közönség jobban eloszlik, üzemeltetőnek magasabb bevétel	Bizonyos szolgáltatások drágák, így nem mindenki számára elérhetőek, átszállások bonyolultabbak.
Zonális viteldíj	Könnyen kiszámítható árak, zónán belül olcsó utazások.	Bizonyos esetekben méltánytalan és drága; pontos előkészítést igényel; zónahatárok igazságos meghúzása nehézkes
Távolság alapú tarifa	Igazságos, mert a fizetendő díj egyenesen arányos a megtett út hosszával. Szolgáltatónak magasabb bevétel	Nehéz adminisztrálni, pontos előkészítést igényel. méltánytalan a külvárosban lakókkal szemben.
Időpont alapú tarifa	Jobban eloszlik az utazó tömeg, mert akinek nem fontos nem csúcsidőben utazik majd; nagyobb távolságok esetén hasonlóan kedvező, mint az egységes menetjegy	Konfliktusok alakulhatnak ki, igazságtalan azokkal szemben, akik hivatásból csúcsban közlekednek; rövid utazások esetén igazságtalan.
Távolság- időpont alapú tarifa	Jobban eloszlik a tömeg, kényelmesebb utazás, igazságos díjszámítás távolság alapján	Igazságtalan azokkal szemben, akik hivatásból csúcsban közlekednek
Idő alapú tarifa	Átszállások száma nincs szabályozva; magasabb bevételek az üzemeltetőnek	Belvárosban a torlódások okozta menetidő növekedés többletköltséggel jár; bonyolultabb díjszámítás
Piaci alapú árképzés	Számos kedvezmény igény bevehető, innovatív megoldások elterjedését segíti;	Bonyolultabb díjszabás, esetleges hátrányos helyzet más utasmédia

	magasabb bevétel az üzemeltetőnek	kibocsátó cégek ügyfeleivel szemben
--	-----------------------------------	-------------------------------------

2.1.8 Utas alapú díjkalkuláció

Egy olyan díjszabási eljárás mellynél az utas életkora, illetve szociális jellemzői határozzák meg a viteldíjat. A különböző kereskedelmi társaságok ezt a módszert gyakran alkalmazzák olyan célból, hogy szélesebb rétegeket vonzanak be a vásárlóik körébe, ezzel is maximalizálva a profitot, azonban a közlekedési társaságoknál ez a fajta díjszabás sokkal inkább társadalmi, szociális, mintsem gazdasági érdekeket szolgál. Az egyéni kedvezményekre az alábbi csoportok lehetnek jogosultak:

- Gyermekek
- Tanulók és diákok
- Idősek, nyugdíjasok
- Mozgáskorlátozottak
- Hátrányos helyzetűek
- A rendőrség és hadsereg tagjai

Az egyéni kedvezmények adhatóságát, illetve mértékét a legtöbb országban jogszabály határozza meg. Bizonyos esetekben támasztanak korlátozásokat a kedvezménnyel szemben. Például sokhelyütt a nyugdíjas utazási kedvezmény nem vonatkozik a csúcsidei időszakokra. A kedvezmények biztosítása bevétel kieséssel, anyagi hátránnyal jár a közlekedési társaság számára, ezért gyakran az állam, vagy a helyi önkormányzat köteles kompenzációt fizetni a szolgáltatónak.

Az eddig említett struktúrák közül a közlekedési vállalatnak az alábbi szempontok alapján kell meghatározni a díjstratégiáját:

- Utasok számára átlátható, érthető legyen a díjszabás
- Egyszerű legyen a bevételek beszedése
- Átlátható, egyszerű, elszámolás az alvállalkozók felé
- Vonzóerőt jelentsen az utasok számára
- Bevétel maximalizálás
- Visszaélések lehetőségének minimalizálása [4][8]

2.2 Kiépíthető rendszerváltozatok bemutatása és felülvizsgálata

2.2.1 CI- Check in

A legegyszerűbb struktúra, mely csak az utazások kezdetének időpontját, illetve helyszínét regisztrálja. Kijelentkezésre nincs szükség. A járművön eltöltött idő, illetve a megtett távolság nem rögzíthető. Ezen technológiával a távolság alapú díjszabás nem megoldható, csak a közlekedésszervező által meghatározott időalapú díjstruktúra alkalmazható. Az utasok számára kedvező, mert egyszerűvé és gyorsá teszi az érvényesítést, azonban a szolgáltatóknak nem nyújt pontos adatokat a közlekedési szokásokról.



18. ábra: Utasmédia érvényesítés a felszállást követően
(Forrás: <http://www.instantamsterdam.com/inchecken.jpg>)

Az utazás megkezdésekor az érvényesítő készülék hang és fényhatással jelzi az utasmédia érvényességét, vagy a kellő fedezet meglétét. Ennek köszönhetően a járművezető könnyedén kiszűrheti a jogosulatlanul utazni szándékozó személyeket.
[4][6][7][8]

2.2.2 CI/CO- Check in/ Check out

Az előző megoldástól annyiban tér el, hogy az utasoknak az utazás befejezésekor ki kell jelentkezniük a fedélzeti érvényesítőknél, vagy a peronon, megállóban elhelyezett kapuk, illetve validátorok segítségével. A kijelentkezés esetleges elmulasztása az utast büntetéssel sújthatják, mikor folytatni szeretné utazását egy más viszonylaton.

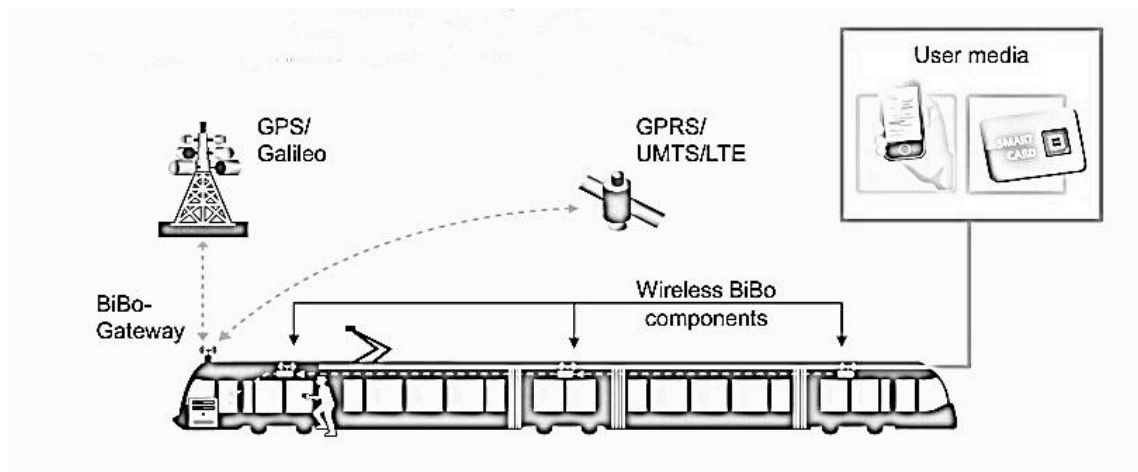
A rendszerrel megvalósítható menet, idő, távolság, valamint zóna alapú viteldíjrendszer is.

Legfőbb probléma, hogy a díjkalkuláció az utazás befejezésekor zajlik, ezért előfordulhat, hogy az utasmédián nem szerepel a szolgáltatás igénybevételéhez elegendő mennyiségű díjtermék. Intelligens rendszerek ezt úgy próbálják kiküszöbölni, hogy az utazás megkezdésekor végeznek egy előzetes ellenőrzést, és ha az utas nem rendelkezik a minimálisan meghatározott egyenleggel, figyelmezteti a berendezés és nem engedélyezi az utazást. További hátránya, hogy a kétszeri érvényesítés lassítja az utas cserét, így hosszabbá téve az utazást.

A közlekedésszervező számára lényegesen előnyösebb ez a rendszer kialakítás, mint az első pontban említett, mert pontos utazási információkat szolgáltat viszonylatokra, megállókra, időszakokra, területekre. Jól használható vonalhálózati továbbfejlesztésekhez, megállóterheltségek vizsgálatához, valamint menetrendi finomhangolásokhoz. [4][6][7][8][21]

2.2.3 BI/BO- Be in/ Be out

A rendszer legnagyobb újdonsága az előzőekhez képest, hogy nincs szükség az utasmédia kezelésére. Azt csupán elegendő, ha az utas magánál tartja az utazása során a rendszer pedig automatikusan érzékeli. A járművön elhelyezett magas frekvenciás antennák kommunikálnak a kártyával, vagy RFID eszközzel. A menetdíj kialakítása történhet távolság, idő, illetve távolság-idő alapon, melynek megtérítése lehet előre, vagy utólag fizetett.



19. ábra: BI/BO rendszer (Forrás:[22])

Hasonlóan a CI/CO rendszerhez nagy előnye, hogy pontos utas áramlási adatokhoz, valamint szokásjellemzőkhöz juthatunk általa, melyet a közlekedés szervező a hálózat további fejlesztéséhez, az átszállási kapcsolatok javításához használhat.

A rendszer hátránya, hogy az utasmédia érzékelését követően nem érkezik semmilyen visszacsatolás a jogosultságokról. A járművezető nem tudja kiszűrni a jogosulatlanul utazni szándékozókat. [4][6][22]

2.2.4 WI/WO- Walk in/ Walk out

A rendszer hasonlít a BI/BO rendszerhez, azonban ebben az esetben az utasmédia detektálása közvetlenül a felszállásnál történik. Az ajtókhöz elhelyezett érzékelőkön áthaladva a rendszer detektálja az utasmédiát és az utazást megkezdettnek tekinti. Mindaddig úgy érzékeli, hogy a járművön tartózkodunk, míg újból át nem haladunk az érzékelőn. A díjszabás történhet távolság, idő, illetve távolság-idő alapon. Hátránya a BI/BO rendszerhez képest, hogy nagyobb az infrastruktúra igénye, ugyanis minden ajtóhoz szükséges felszerelni az érzékelőket, valamint egy túl zsúfolt járművön előfordulhat, hogy az érzékelő nem érzékeli az utasmédiát, ha az nem jut be kellő mértékben az úrszelvénybe. [4][21]

2.2.5 Technológiák összehasonlítása

A már meglévő közlekedési hálózat, valamint a közlekedés szervező által kitűzött célok határozzák meg, hogy melyik rendszer kerüljön kiépítésre. Bizonyos esetekben nem minden rendszer alkalmazható megfelelően, vagy éppenséggel két, vagy több típus

kombinációjára van szükség a kívánt cél eléréséhez. A rendszerek összehasonlítását a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat: Elektronikus jegyrendszer változatok összehasonlítása

(Forrás:[20][21])

Rendszer változatok:		CI	CI/CO	BI/BO	WI/WO
Utazási információk	Viszonylat	Elérhető	Elérhető	Elérhető	Elérhető
	Felszálló hely	Elérhető	Elérhető	Elérhető	Elérhető
	Leszálló hely	Nem elérhető, átszállásnál esetleg megállapítható	Elérhető	Elérhető	Elérhető
	Utazási lánc	Nem elérhető	Elérhető	Elérhető	Elérhető
Utasmédia érvényességének ellenőrizhetőség		Elsőajtós felszállási rend esetén a járművezető által könnyen ellenőrizhető	Elsőajtós felszállási rend esetén a járművezető által könnyen ellenőrizhető	Nem ellenőrizhető közvetlenül, csak ellenőri készülékkel	Nem ellenőrizhető közvetlenül, csak ellenőri készülékkel
Infrastruktúra igény		Relatív alacsony.	Több érvényesítő berendezést igényel, mint a CI változat	Járműfedélzeti, illetve peroni érvényesítő berendezéseket nem igényel, helyettük magas frekvenciás antennák beszerelése szükséges	Járműfedélzeti, illetve peroni érvényesítő berendezéseket nem igényel, helyette a jármű minden ajtajához szükséges szenzort felszerelni
Megvalósítható díjszabás	Menetjegy	X	X	X	X
	Utazás tarifa	X	X	X	X
	Szolgáltatás alapú	X	X	X	X
	Zonális		X	X	X
	Távolság alapú		X	X	X
	Időpont alapú	X	X	X	X
	Távolság-időpont alapú		X	X	X
	idő alapú		X	X	X
	Piaci alapú	X	X	X	X

3 A Budapestre tervezett rendszer bemutatása

Budapest nemcsak, hogy Magyarország fővárosa, de a térség, valamint az egész ország gazdasági és kulturális központja is egyben. Az ország egyik fő oktatási központja, amely legalább hat nagyobb, valamint számos kisebb egyetemnek és főiskolának ad otthont, így közel 150 000 tanulót vonzva a fővárosba az országból és külföldről. Ez a tény alapvetően befolyásolja a közlekedési igényeket. A városon belüli utazásokon kívül Budapest átlagosan napi 400 000, a városhatáron kívülről érkező utast vonz: ez a lakosság majdnem egynegyedét jelenti. [16]

Az nagyvárosok egyik legnagyobb kihívása, hogy a modal split (egyéni és közösségi közlekedés aránya százalékban kifejezve) minél nagyobb részarányát tegye ki a városi közösségi közlekedés. Ennek elérése több szempont alapján valósítható meg. Ilyenek például a magas szolgáltatási minőség, az igények alapján optimalizált vonalhálózat, valamint a kedvező, igazságos és rugalmas tarifarendszer.

A mai budapesti jegyrendszer meglehetősen elavult. A régimódi technológia nem teszik lehetővé, hogy az egyszeri utakra szóló menetjegyeken és bérleteken kívül érdemben másfajta, más régiókban, városokban bevált, népszerű díjtermékeket is be lehessen vezetni, illetve a bliccelés és bérlethamisítás visszaszorítására érdemi intézkedések történjenek. [7] Ezen okokból kifolyólag kerül bevezetésre budapesten az új elektronikus jegyrendszer.

A projekt bevezetésének célja a jelenleg alkalmazott, elavult papír-alapú rendszer megújítása. A projekt valamennyi papír-alapú jegyet a fővárosi közlekedésszervező, azaz a BKK által kibocsátott smart kártyával, egyszeri papír-alapú smart jeggyel, vagy érintésnélküli (PayPass) bankkártyával hivatott helyettesíteni. A rendszer kiépítésétől kezdve alkalmas lesz az NFC eszközök kezelésére, de a kezdetekkor még nem kerül bevezetésre ez a fizetési lehetőség. A kártyával hozzáférhető terméktípusok közé tartoznak a heti, havi vagy éves bérletek és pénzegyenleg-alapú termékek. A smart paper kártyákat idő-alapú utazásra használják majd.

3.1 A budapesti AFC rendszer által támogatott utasmédiák

A budapesti Elektronikus Jegyrendszerben egyszerre lesz használható a BKK vagy harmadik fél által kibocsátott utasmédia. A harmadik kártyakibocsátó fél lehet a Közigazgatási és Elektronikus Közszolgáltatások Központi Hivatala (KEK KH), amely a diákok részére biztosítja a diákigazolványt, vagy az érintés nélküli bankkártyát kibocsátó kereskedelmi bankok.

3.1.1. BKK kártya

A közlekedés szervező olyan utasmédiát bocsát ki, amelyet a kártyára nyomtatott egyedi sorozatszám azonosít. A kártyák tulajdonosa a BKK, még akkor is, amikor a kártyák az ügyfelek birtokában vannak. A kártya megszemélyesített (fényképpel ellátott), valamint az egyéni kedvezményekre jogosító igazolásokkal összepárosított. A megszemélyesített kártya mellett lehetőség lesz anonim kártyát igényelni, mely korlátozott feltételekkel jogosít az utazásra. Az anonim kártya is regisztrálható a BKK rendszerébe, amennyiben később mégis meggondolná magát a birtokos, onnantól PIA díjtermékek megvásárlására is jogosulttá válik, továbbá az utazástörténet is rekonstruálható lesz. A-kártyák lejáratí ideje 10 év.

Az egyes BKK-kártyatípusok megjelenésükben különböznek majd egymástól. Az egyes ügyféltípusok (teljesárú, kedvezményes, ingyenes) számára kibocsátott BKK kártyák különböző színűek, illetve arculatúak lesznek. A BKK által kibocsátott kártyák egy aszimmetrikus jelölésű kétdimenziós vonalkóddal lesznek ellátva, amely tartalmazni fogja a kártya azonosítót, a kártyatulajdonos típusát és a lejáratí dátumot, miközben a papíralapú kártyák vonalkódjai esetén a lejáratí dátum határozott ideig, a gyártástól számított két évig lesz érvényes és a vonalkód az első használat alkalmával nem változik meg. A BKK Kártyáknak a kártyaolvasó készülékek bonyolultságának korlátozása érdekében vagy az EMV (Europay, Mastercard and Visa), vagy a NEK Nemzeti Egységes Kártyarendszer) technológiát fogják alkalmazni. A kártyának és a kártyaszámnak biztonságosnak kell lennie és ellen kell állnia a csalási és másolási kísérleteknek. [16]

3.1.2. Anonim papír alapú kártyák

Az alkalmi utasoknak lehetőségük lesz anonim BKK kártya vagy chipkártya technológián alapuló, papíralapú kártya használatára. A papíralapú kártya tulajdonosa a BKK, birtokosa az utas. Ezen kártyatípus nincs megszemélyesítve, bárki számára átruházható az érvényességi időn belül. Egyedi azonosító sorozatszámmal lesz ellátva. Kétféle papíralapú kártya kerül bevezetésre:

- a) A papíralapú kártya érvényessége a megvásárolt díjtermék területi érvényességén belül, a lejárat időpontjáig tart (pl. 60 perc).
- b) Olyan távolság alapú díjterméket tartalmazó kártya, melyet csak a HÉV ellenőröknél lehet megvásárolni.

A Papíralapú kártya érvényessége egy paraméter, amely független az ügyféltípustól és különböző lehet. Az utasmédia az első érvényesítésig átruházható másik utasra; használat után eldobható, újabb termék vásárlására nem alkalmas. Az anonim kártyával rendelkező ügyfelek csak PAYG típusú terméket vásárolhatnak, amelyhez kötelező lesz meghatározott összegű óvadékot elhelyezni. A médiák kétéves lejáratú idővel rendelkeznek majd. Magát a kártyát és az azonosítására használt kártyaszámot úgy kell kialakítani, hogy az esetleges visszaélésekre, illetve hamisításokra a legkisebb esélyt se adják. [7][16]

3.1.3. NEK kártya

A NEK-kártyákat a KEK KH bocsátja ki a NEK rendszer keretében, és ezek egyedi sorozatszámmal rendelkeznek. A NEK-kártya fényképpel ellátott, megszemélyesített kártya, amely a tervek szerint alkalmas lesz az utazási kedvezmény-jogosultság igazolására (pl. diák, nyugdíjas). A kártya használható lesz utasmédiaként a tervezett budapesti AFC rendszerben, hiszen érintés nélküli használati lehetőséget biztosító technológiával lesz felszerelve. Ha a NEK kártya birtokosa a kártyát közösségi közlekedésre kívánja használni, akkor szándékával a BKK-hoz kell fordulnia. A NEK Kártyák csak azután működnek majd közösségi közlekedési kártyaként, miután azt regisztrálták az AFC központi ellenőrző rendszerében. A NEK kártyával lehetősége lesz az utasnak PIA, illetve PAYG díjtermékek megvásárlására is. [7][16]

3.1.4. Érintésmentes bankkártya

Bármely pénzügyi intézet által kibocsájtott chipkártya alkalmas az utasmédia szerepének betöltésére a közösségi közlekedési hálózaton, mely az Europay, Mastercard és a Visa közös szabványán alapul, valamint alkalmas érintés nélküli fizetésre (Paypass). Bár a rendszer bevezetésekor még nem, de a későbbiekben American Express (ExpressPay) érintés nélküli bankkártya is elfogadható lesz utasmédiaként és ezért a rendszernek erre is alkalmasnak kell lennie. Az érintés nélküli bankkártyák az Elektronikus Jegyrendszerben történő nyilvántartásba vétele opcionális, anélkül is használhatók PAYG típusú termékek megvásárlására. Az ilyen kártyával rendelkező ügyfelek előzetes termékvásárlás nélkül az utazás megkezdésekor a kártya érvényesítésével veszik meg a PAYG terméket. Az első alkalommal, amikor a bankkártyát PAYG típusú utazásra használják, az Elektronikus Jegyrendszerben megnyílik egy nullás egyenlegű számla. [7][16]

3.1.5. NFC, RFID eszközök

A rendszer kiépítésekor és a kezdeti szakaszban még nem lesz lehetőség ezen eszközök utasmédiaként történő felhasználására, azonban a későbbiekben, ha az eszközök elterjedtsége eléri a megfelelő szintet, valamint ha rendelkezésre állnak majd üzemeltetési tapasztalatok a nemzetközi gyakorlatból, akkor bevezetésre kerül a budapesti hálózaton. Az eszközök kombinálhatóak lesznek a BKK, valamint harmadik fél által kibocsájtott kártyákkal így lehetőség nyílik PIA és PAYG típusú díjtermékek vásárlására egyaránt.

A jövőbeli AFC rendszerben a projekt megfelelő megvalósítási szakaszának lezárulását követő első évben, az eddigi értékesítési statisztikák alapján összesen körülbelül 10870 000 db. utasmédia kerül kibocsátásra, amelyből a tervek szerint 390000 db. megszemélyesített teljes áru, 160000 db. kedvezményes, és 720000 db. ingyenes utazási BKK Kártya lesz. Anonim kártyából 230000 db, valamint 8950000 db. papíralapú kártya is kiadásra kerül. Az AFC rendszerben harmadik fél által kibocsátott kártyák esetében, megközelítőleg 252000 db. NEK Kártya és 140000 db. érintés nélküli bankkártya lesz használatban. Amennyiben bármilyen előre nem látható okból a NEK Kártyákat az AFC rendszerben nem lehetne utasmédiaként használni, akkor a tervek

szerint a diákok kedvezményes BKK Kártyákat kapnak. A becsült számok alapján a budapesti AFC rendszernek képesnek kell lennie több, mint 10 millió utasmédia kezelésére. [16]

Az egyes utasmédiákra vonatkozó legfontosabb információkat a 4. táblázatban foglaltam össze.

4. táblázat: A budapesti AFC rendszer utasmédiáinak összehasonlítása. (Forrás: [16])

Utasmédia	BKK kártya			NEK kártya	Smart Paper	Bankkártya
Típus	Teljes ár	Engedmény	Anonim	-	-	-
Utasmédia tulajdonosa	BKK	BKK	BKK	ügyfél	ügyfél	kibocsátó bank
Utasmédia használója	ügyfél	ügyfél	ügyfél	ügyfél	ügyfél	kártyatulajdonos
Megszemélyesített	igen	igen	nem	igen	nem	igen
Fényképpel?	igen	igen	nem	igen	nem	nem
Név a kártyán?	igen	igen	nem	igen	nem	igen
Műanyag kártya lejárata	nem	nem	nem	NEK kártya lejáratainak időpontja	egyszeri	bankkártya lejáratainak időpontja
Eldobható	nem	nem	igen	nem	igen	nem
Értékesítési csatornák						
Automata	nem	nem	igen	nem	igen	nem
Ügyfélszolgálati központ / pénztár	igen	igen	igen	igen (regisztráció)	igen	igen (regisztráció)
Viszonteladók 1. (teljes termékkínálat)	nem	nem	igen	nem	igen	nem
Viszonteladók 2. (részleges termékkínálat)	nem	nem	nem	nem	igen	nem
Call Centre	igen	nem	igen	igen (regisztráció)	nem	igen (regisztráció)
Buszvezetők	nem	nem	nem	nem	igen	nem
Ellenőrök	nem	nem	nem	nem	igen	nem
Ügyfél Értékesítési Csatornák						
Internet	igen	nem	igen	igen (regisztráció)	nem	nem
Mobilalkalmazás	igen	nem	igen	igen (regisztráció)	nem	nem
Tablet	igen	nem	igen	igen (regisztráció)	nem	nem
Pay As You Go (használat alapú)	igen	igen	igen	igen	igen	igen
Előrefizetés	igen	igen	igen	igen	nem	nem

3.2 Értékesítés

Az utasmédiák, illetve ahozzájuk kapcsolható díjtermékek értékesítése alapjába véve két csatornán történhet:

a) BKK értékesítési csatorna

A BKK Értékesítési csatornák közé a BKK által üzemeltetett vagy a BKK-val szerződésben álló értékesítési pontok tartoznak, azaz a jegykiadó automata hálózat, az ügyfélszolgálati központok, a teljes termékkínálatot nyújtó, illetve a csak papíralapú kártyát értékesítő viszonteladók, a Call Centre, valamint a jegyértékesítést végző járművezetők és a jegy- és bérletellenőrök.

A Jegykiadó automaták az Elektronikus Jegyrendszer projekt befejezéséig kettős üzemben működnek majd, mely annyit jelent, hogy képes a projekt fázisokhoz igazodva a jelenlegi papíralapú termékeket és az elektronikus jegyrendszerben kibocsátott termékeket egyaránt értékesíteni. Az átmeneti időszakban a papíralapú termékek értékesítése a projekt fázisokhoz igazodóan fokozatosan lesz leállítva, míg a projekt befejezésével a jegykiadó automata hálózat teljes egészében az új elektronikus jegyrendszerhez fog kapcsolódni.

Ügyfélszolgálati Központok és a Call Centre teljes funkcionalitást nyújtanak az ügyfelek számára az általános tájékoztatástól a kártyaigényléséig, a PAYG számla feltöltéséig. ÁFÁ-s számla kibocsátásig és a pótdíjfizetésig. A járművezetők, a jegy- és bérletellenőrök, valamint az egyes viszonteladók korlátozott terjedelmű funkciót nyújtanak majd az ügyfelek számára.

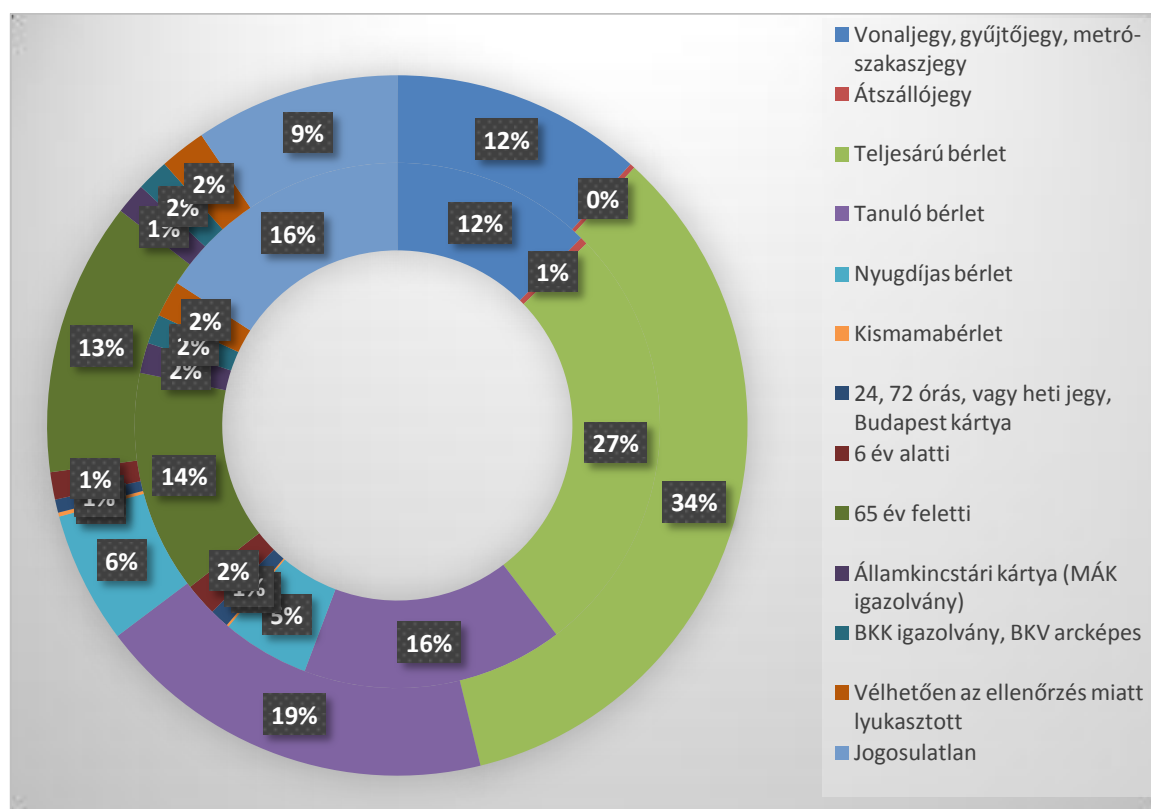
b) Ügyfél értékesítési csatornák

Az Ügyfél Értékesítési Csatornák közé azokat az értékesítési módokat soroljuk, amelyeken az ügyfelek saját eszközükön (PC, mobiltelefon, tablet) keresztül férhetnek hozzá az elektronikus jegyrendszer ügyfelek számára biztosított funkcióihoz. Ezen csatornákon keresztül lehetőség nyílik otthonról kényelmesen intézni az alábbi ügyeket:

- Utazástörténet visszanézése
- Díjtermék vásárlás
- PAYG számla egyenleg feltöltés
- Pótdíj befizetés

3.3 Díjszabási stratégia

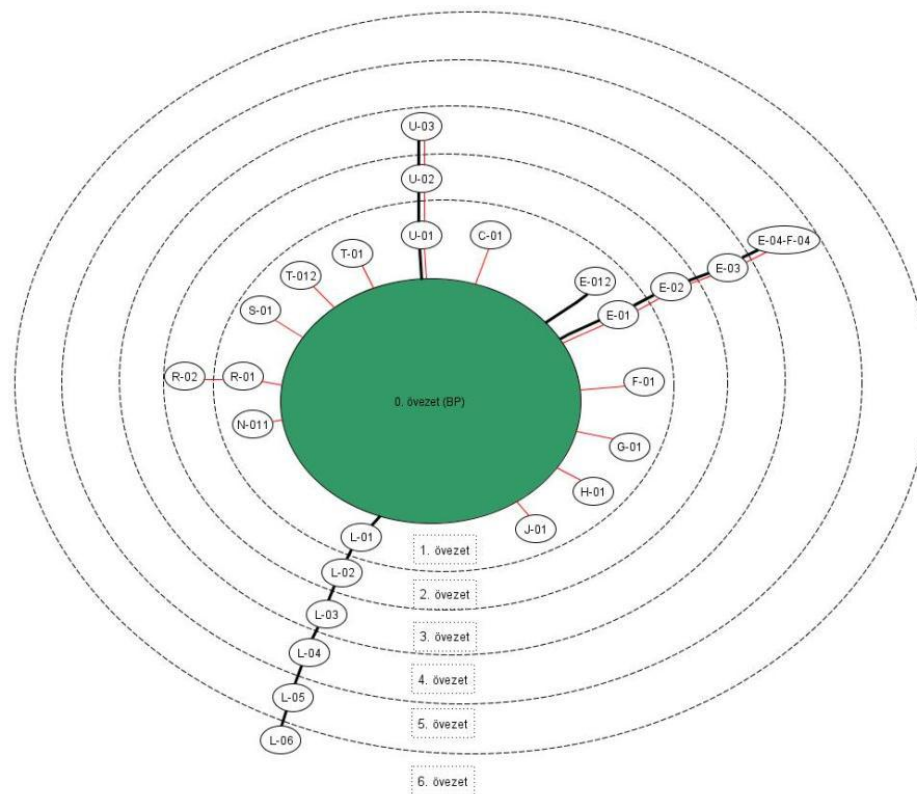
A menetdíj bevételek növelése, valamint a modal-split arányának javítása érdekében kulcskérdés az utazóközönség számára a jelenleginél kedvezőbb menetdíj rendszer kialakítása. Fontos, hogy a rendszer jól átlátható és az utasok számára könnyen értelmezhető legyen. Likviditási szempontból a legfontosabbak az előre megvásárolt díjtermékek (pl.: havi, féléves, éves bérlet), melynek birtokában nagyobb valószínűséggel választja majd az utas a közösségi közlekedést az egyénivel szemben. A díjstratégiát úgy kell kialakítani, hogy a legnagyobb kedvezményeket a hosszú távú előre fizetett díjterméket vásárló utasok vehessék igénybe, ezáltal a bérletesek részaránya növelhető. A jelenlegi arányokat a 20. ábrán látható diagramon szemléltetem.



20. ábra: Utazási jogosultságok aránya. A külső a hétköznapi, míg a belső kör a hétféle mérések eredményét ábrázolja (Forrás:[23])

A bérlet típusú termékek jelenlegi köre valószínűleg továbbra is elérhető lesz az utasok számára. Az új rendszer nyújtotta tarifamódosítási rugalmasságnak köszönhetően az üzemeltetési tapasztalatok, valamint az igények függvényében elképzelhető, hogy a későbbiekben újabb bérlettípusú termékek kerülnek bevezetésre.

A legfontosabb változás a jelenlegi rendszerhez képest az a Budapest közigazgatási határát átlépő agglomerációs járatok díjszabását érinti, ugyanis a jelenlegi kilométer alapú díjszabási struktúra helyett zónális díjszabás kerül bevezetésre. A BKK javaslata alapján fix 5 kilométer szélességű zónákra osztják az agglomerációt. A zónaövezeteket a HÉV megállóira is kiterjesztik, így az 5 km-es zónaszélességgel számolva 6 db övezet létrehozására van szükség. A zónafelosztást sematikus formában a 21. ábrán szemléltetem.



21. ábra: A budapesti zónarendszer sematikus ábrája

(Forrás:[7])

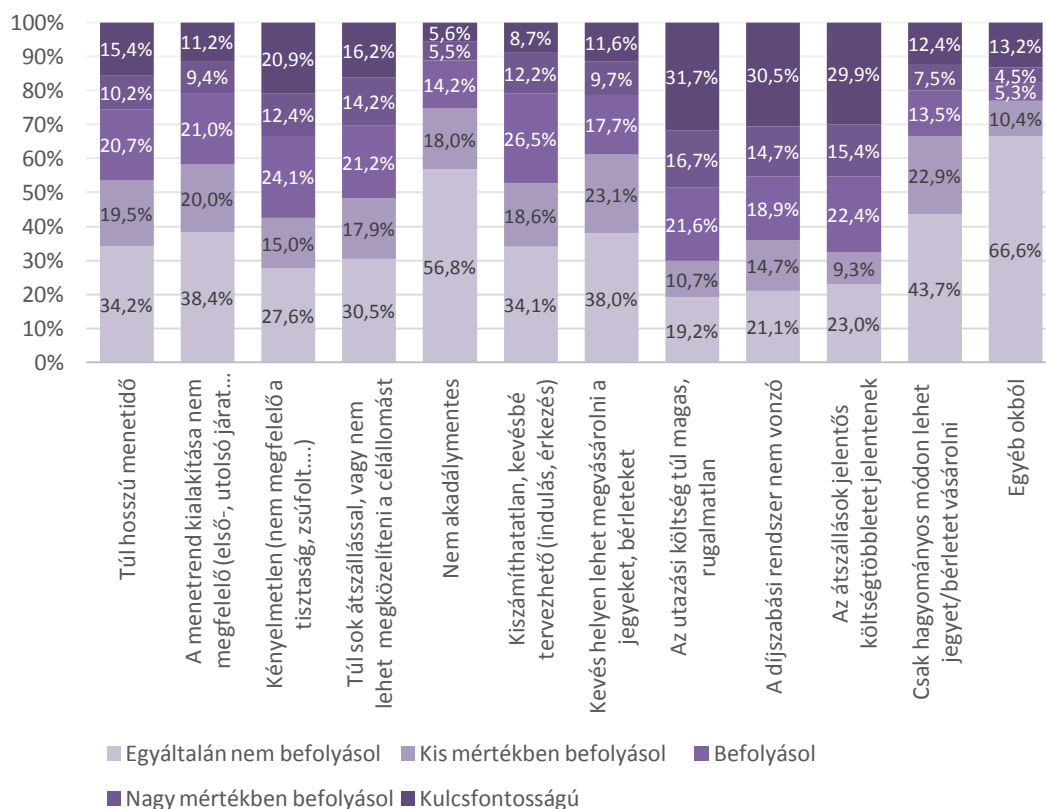
Budapest területén valamennyi megállóhely és azok közötti szolgáltatás, a közigazgatási határán belüli utolsó megállóhelyig egy területi övezetbe tartozik. Ez lesz az úgynevezett 0. zóna. Az eddig alkalmazott menetjegy rendszert, felváltja egy, az igényekhez jobban alkalmazkodó időalapú jegyrendszer. Az időalapú jegy tervezése során két módozat egy 30 perces, illetve egy 60 perces módozat került meghatározásra, mely annyit tesz, hogy az említett időtartam alatt a 0. zónán belül korlátlan mennyiségű utazáskezdésre jogosít, közlekedési ágazattól függetlenül. Tehát utazhatunk a megadott időintervallumnál tovább is, csak az utolsó utazásunkat az időtartam lejártá előtt kell megkezdennünk.

A közlekedés sztochasztikus jellege miatt előfordulhat azonban, hogy a torlódások miatt akár több jegy felhasználása is indokoltá válik, így akár anyagi hátrány is érheti az utast, hiszen normál körülmények között elegendő lett volna az utazásához 1 db jegy megvásárlása, azonban előfordulhat, hogy így többbe kerülne neki az utazás, mintha napijegyet váltott volna. Ezen sérelmek elkerülése végett a BKK bevezeti a díjplafon elvét, azaz ha a napijegyet PAYG módon (utólag fizetve) vásárolja az utas, akkor egy bizonyos mennyiség felhasználásán túl, már nem kerül felszámolásra további díjtétel az aznapi utazásokat illetően. A díjplafont az elektronikus jegyrendszer bevezetése utáni a tapasztalatok alapján további időszakokra is ki lehet kiterjeszteni (pl. 3 napi és/vagy heti), ekkor hasonló időtartamon belül utazásra jogosító, előre fizetett díjtermékek nem kerülnek értékesítésre.

Ezen díjtermékeket várhatóan a közösségi közlekedést alkalmanként használók vásárolnák, ezért az igényfelmérést is az ő körükben kellett elvégezni. A felmérés során a célközönségnek egy kérdőívet kellett kitöltenie, melynek első pontja így szólt:

„Jelölje 1 és 5 között azokat a befolyásoló tényezőket, amelyek miatt nem választja gyakrabban a tömegközlekedést? 1 az egyáltalán nem befolyásolja, 5 a kulcsfontosságú.”

A kérdésre adott pontszámok százalékos megoszlását a 22. ábrán szemléltetem:



22. ábra: Alkalmi utasok utazási szokásait leginkább befolyásoló tényezők

(Forrás: [23])

A diagramból jól látható, hogy az alkalmi utasokat a több utazástól visszatartó tényezők között a legjelentősebbek a magas és rugalmatlan utazási költség, az átszállásokból fakadó jelentős többletköltség és a nem vonzó díjszabási rendszer. Ezek a tarifarendszerrel kapcsolatos problémák messze megelőzték a szolgáltatás egyéb jellemzőiből fakadó nehézségeket (menetidő, menetrend, kényelem stb.). Ezt a problémát hivatott orvosolni az új menetdíj rendszer.[23]

A Budapest határát átlépő, vagy csak Budapesten kívüli utazás esetén a beutazott övezetek számától függő helyközi díj (is) fizetendő.[7]

3.4 Érvényesítő berendezések

A budapesti rendszer szállítója, a német Scheidt & Bachmann vállalat, mely felelős az infrastruktúra kiépítéséért, az eszközök szállításáért, valamint az üzembe helyezést követő első 5 évben az üzemeltetésért. Az utasmédiákkal való kommunikációért az érvényesítő berendezések felelnek. Ezen berendezések segítségével történik a díjkalkuláció, illetve az ellenőrzés. A BKK által az utasszámok alapján előzetesen becsült, minimálisan szükséges készülék darabszámokat az 5. táblázatban foglaltam össze.

5. táblázat: Becsült minimálisan szükséges eszköz darabszámok

(Forrás: [16])

Berendezés:	Darabszám
- Normál kapu	494
- Széles kapu	165
- Szerviz kapu	113
- HÉV peroni validátorok	443
- járműfedélzeti validátor	10331
- tartalék érvényesítő járműcsere esetén	250

3.4.1 Beléptető kapuk

Az 52 metróállomás, valamint 7 db HÉV megálló esetében kapus beléptető rendszer kerül kiépítésre. Az M4 metróvonal beléptető kapukkal való ellátásának lehetősége már a tervezési fázisban felmerült, és a kapuk helye is meghatározásra került. A többi viszonylat esetében az egyes állomások speciális jellegzetességeitől függően szükségesek lehetnek szerkezeti jellegű változtatások a megfelelő számú kapu telepítéséhez. Ahhoz, hogy a jövőbeni telepítés megindulhasson. Magyarországon a terület tulajdonosának és üzemeltetőjének engedélye szükséges a telepítés előtt, ami azt jelenti, hogy a metró és a HÉV esetén a BKV engedély, míg az aluljárók esetén a Főváros engedélye szükséges. Ezen felül, a metró területén bármiféle átalakításhoz a Nemzeti Közlekedési Hatóság és a Fővárosi Katasztrófavédelmi Igazgatóság jóváhagyása is szükséges. Az M1 metróvonal nyolc állomása (Vörösmarty tér, Bajcsy-Zsilinszky út, Opera, Oktogon, Vörösmarty utca, Kodály körönd, Bajza utca, Hősök tere) világörökségi helyszín része, amely esetekben a Budapesti Főváros Kormányhivatala Kulturális Örökségvédelmi Irodájának szakhatósági engedélye is szükséges.[7][16]

A beépítésre kerülő kapuk méretük és funkciójuk alapján az alábbi kategóriákba sorolhatók:

- a) **Normál kapu:** ugyanolyan felszerelésű, gyártmányú és megjelenésű csúszószárnnyas kapukra van szükség minden állomáson. (A forgalomtervezés során ezen típusú kapu 15 fő/perc áthaladásával vehető figyelembe.)
 - 55-60 cm széles utasfolyosó
 - 180 cm magas kapuszárnyak a padlótól számítva
 - 180-200 cm hosszú kapuszekrény
 - 26-30 cm széles kapuszekrény
- b) **Széles kapu:** Az állomás minden belépési / kilépési pontján lennie kell legalább egy, de lehetőség szerint két olyan kapunak, amely lehetővé teszi mozgássérült utasok áthaladását. (A széles kapu ugyanúgy működik, mint bármely normál kapu, de ezen kapuk esetén az átengedő képesség korlátozottabb (percenként 10

utas). A kerekesszékekkel közlekedők számára a (széles) kapu mindkét oldalát jelöléssel kell ellátni.

- 85-90 cm széles utasfolyosó
- 180 cm magas kapuszárnyak a padlótól számítva
- 180-200 cm hosszú kapuszekrény
- 41-48 cm széles kapuszekrény

c) **Speciális alacsony kapu:** az M1 metróvonalon a világörökségi helyszínek részét képező nyolc állomáson csúszósárnyas kialakítású normál típusú kapuk. (A forgalomtervezés során ezen típusú kapu 15 fő/perc áthaladásával vehető figyelembe.)

- 55-60 cm széles utasfolyosó
- 150 cm magas kapuszárnyak a padlótól számítva
- 130-150 cm hosszú kapuszekrény
- 26-30 cm széles kapuszekrény

d) **Különösen alacsony széles kapu:** az M1 metróvonalon a világörökségi helyszínek részét képező nyolc állomáson csúszósárnyas kialakítású széles típusú kapuk. (A forgalomtervezés során ezen típusú kapu percenként 10 ember áthaladásával lehet számolni.) A kerekesszékes utasok számára kialakított kapukat a kapu mindkét oldalán jelölni kell.

- 85-90 cm széles utasfolyosó
- 150 cm magas kapuszárnyak a padlótól számítva
- maximum 150 cm hosszú kapuszekrény
- maximum 41-48 cm széles kapuszekrény

Általános követelmények a fent leírt négy kaputípusra:

- önálló rozsdamentes acél váz a talpazathoz és rozsdának ellenálló védelemmel ellátott acél vázszerkezet elfogadható a kapu felső tartóvázának;
- szilárd talpazat az egyenetlen felszín kompenzálására;
- biztonsági zárral ellátott, eltávolítható kapuajtók;
- mindkét oldali hozzáférés a kapu belsejéhez;

- elcsúsztatható műanyag burkolat sáv a kaputest tetején lévő nyílás (kaputest-kapuszárny kapcsolat) lezárására;
 - valamennyi érvényesítő eszköz befogadására alkalmas gépház;
 - lekerekített szélek a sérülések elkerülése érdekében;
 - karbantartás esetén könnyen hozzáférhető érvényesítő készülék;
 - a kapuk vezérlését/elektronikáját úgy kell kialakítani, hogy lehetőség legyen hardveres fejlesztésre;
 - a kapuszárnyak nyitási, illetve zárási sebességének állíthatónak kell lennie.
 - A kapuknak és az állomáson telepített eszközöknek ellenállónak kell lenniük a feszültség-ingadozással és túlfeszültséggel szemben.
- e) **Szerviz kapu:** Minden állomás be- és kijáratánál kell lennie legalább egy, illetve amennyiben lehetséges két szervizkapunak, amely az utasok, az állomásszemélyzet és a mentőszolgálat áthaladását biztosítja vészhelyzet esetén. Az áthaladás ez esetben nem igényel érvényes utasmédiát. A vészkijáratként funkcionáló kapunak mágneses záródású ajtóval kell rendelkeznie. A kapu csak abban az esetben nyílik ki, ha mágneskulcsot használnak, vagy az állomás vészjelzőrendszere készletet kinyíltat, illetve ha az állomáson lévő vezérlőhelyiségből kinyitják. [16]

3.4.2 Peroni validátor

A budapesti rendszer mintájául szolgáló nyugat európai városokban gyakran előforduló alkalmazási mód a megállóperonokon, oszlopokra elhelyezett validátorokkal történő érvényesítés. Az eszközök elsősorban a HÉV megállóba kerülnek felszerelésre, hiszen a szerelvényekre nem kerülnek felszerelésre érvényesítő eszközök.

Az oszlopok megállónkénti számát, valamint elhelyezését úgy kell kialakítani, hogy a peron az utascsere befejeztével 1 perc alatt kiürülhessen. Ezen darabszámok meghatározására, valamint, az eszközök elhelyezésére hivatott módszert állítani jelen dolgozat.

Az eszköztelepítés során figyelembe kell venni az utazási szokásokat, üzemeltetési tapasztalatokat, valamint balesetvédelmi szempontokat.

Nem telepíthető olyan helyre validátor, ahol az esetlegesen kialakuló gyalogos torlódás balesetveszélyes helyzetet idézhet elő.

Alapelv, hogy az eszközöket a gyalogosok megszokott útvonalába kell helyezni, hogy magától értetődő legyen az érvényesítés, azonban a leszállási övezettől lehetőleg távol, hiszen ha a közvetlenül a peron szélre kerülnének elhelyezésre, akkor esély nyílna olyan visszaélési formára, hogy a szerelvényről lenyúlva a célállomást megelőzően kijelentkezzen az utas.

A tervezés során cél a minimális eszközigényre törekedni. Ezért célszerű lenne olyan validátor típusok beszerzése, melyeknek nincs úgynevezett irányítottsága, azaz az érvényesítő felület sík, így könnyen, akár egyszerre két irányból is lehet végezni az érvényesítést. A világpiacon nem elterjedt alkalmazás, azonban ha a BKK meg tudna állapodni a kivitelezővel egyedi eszközök gyártása ügyében, az csökkenthetné a beruházási költségeket. Azonban esélyegyenlőségi szempontok miatt az ilyen típusú eszközöket olyan alacsonyra kéne tervezni, hogy a csökkentett mobilitású utasok is olvasni tudják az eszköz kijelzőjét, az pedig a többi utas számára lenne ergonómiailag kellemetlen. Megoldás lehetne, ha a síkfelületű érvényesítő berendezések mellé, külön a kerekés székés utasok számára kihelyezni normál érvényesítő oszlopokat. Ezen megvalósítási módozat realitását az 5. fejezetben vizsgálom meg részletesebben.

Általános műszaki követelmények:

- Üzemelési hőmérséklet: -30 °C-tól +50 ° C-ig
- Tárolási környezet: -30 ° C-tól +70 ° C-ig
- Amennyiben fűtés vagy légkondicionálás (hűtés) szükséges, az eszköznek ezt tartalmaznia kell.
- Páratartalom: 10%-95%, kondenzációmentesség
- Legalább egy megszakítás nélküli áramforrást kell biztosítani állomásonként, egy esetleges áramszünet esetén az üzemelés legalább 15 percig tartó fenntartása érdekében.
- Víz- és porellenállási tényező: IP65, Ütésállósági index: IK10
- Előírt megfelelés: RoHS, WEE, CE
- Erős elektromágneses zavarással szembeni védelem és a túlfeszültség-tűrés
- A kijelzőknek olyan technológiát kell alkalmazniuk, amely jó olvashatóságot biztosít bármilyen fényviszony mellett (pl. sötétben, tűző napon, közvetlen napfény esetén stb.)[16]

3.4.3 Járműfedélzeti érvényesítő készülékek

Az autóbusz, villamos, valamint trolibusz vonalakon az utamsédia érvényesítése a járműre történő felszállást követően kell, hogy megtörténjen. Azon viszonylatoknál, ahol kialakítható elsőajtós felszállási rend ott elegendő kevesebb készülék felhelyezése, hiszen a készülék által nyújtott fény és hang hatást az autóbuszvezető érzékeli, így könnyedén kiszúrhatja a jogosulatlanul közlekedni próbálókat. Azon viszonylatok esetén, ahol nem valósítható meg elsőajtós felszállás technológiai, vagy utasforgalmi okokból, ott ajtónként legalább egy készüléket kell felszerelni úgy, hogy le és felszálláskor ne okozzon torlódást az ajtóban. Az eszközök master-slave elven működnek, a master készülék kijelölése dinamikusan változtatható. A megálló, illetve viszonylat adatokat a FUTÁR projekt keretében telepített OBU-tól gyűjti majd be. A megfelelő üzemelés biztonsága érdekében azonban el lesznek látva saját hely azonosító modullal is, melynek segítségével, egy esetleges FUTÁR üzemzavar esetén is fenntartható a működés.

Az eszközök nagymértékben hasonlítanak a peroni validátorokhoz, azzal a legfőbb különbséggel, hogy nem oszlopokra, hanem a jármű kapaszkodó rúdjaire lesznek felszerelve.

Általános műszaki követelmények:

- Üzemelési hőmérséklet: -10 °C-tól +50 °C-ig
- Tárolási környezet: -30 °C-tól +70 °C-ig
- Páratartalom: 10%-95%, kondenzációmentesség
- Áramellátás: A járműveken 24V-os egyenáram rendelkezésre áll; külső áramforrást szükség esetén biztosítani kell.
- Víz- és porellenállási tényező: IP54, Ütésállósági index: IK07
- Az érvényesítő készülékeknek biztonságosan felszerelhetőeknek kell lenniük járműfedélzeti használat esetén kapaszkodóoszlopokra (egyfejtű vagy kétféjtű oszlopos felszerelés)
- Előírt megfelelés: RoHS, WEE, CE
- Az eszközöknek el kell viselniük a jármű, az út vagy a sín okozta rázkódásokat.
- Erős elektromágneses zavarással szembeni védelem és a túlfeszültség-tűrési szükség (pl. trolibuszokon, villamosokon).

- Az érvényesítő készülékeket vagy kapacitív érintőképernyővel vagy legalább 6 gombbal kell felszerelni, amelynek használatával az utasok ki tudják választani az úti céljukat a konkrét útvonalakon (pl. jellemzően a városhatárokat átlépő autóbuszjáratok, HÉV-pótló járatok stb.).
- Az ún. hideg rendszerindítást legfeljebb 5 perc alatt végre kell hajtania, beleértve az aktuális lista letöltését is. Az ún. meleg rendszerindításnak 30 másodpercen belül be kell fejeződnie.
- A készüléknek működnie kell tudnia akkor is, amikor a jármű (busz, villamos) a végállomáson áll a következő menetrend szerinti indulásra várva, és az ajtók nyitva vannak (azaz az utasok felszállhatnak és érvényesíthetik a kártyájukat). E célból az érvényesítő készülék tápellátása biztosítható a jármű akkumulátoráról.
- Az érvényesítő készüléken nem lehetnek éles peremek, nehogy az utasok sérülését okozza.[16]

3.4.4 Ellenőri kézi készülék

Az ellenőrzés megvalósításához hordozható eszközökkel kell ellátni az ellenőröket, amelyek a teljes műszak alatt tudják biztosítani a hatékony és gyors munkavégzést. Az eszköznek valós időben kell fenntartania az alapadatait. Amennyiben releváns változás történne a nap során, akkor azt ésszerű időn belül frissítenie kell. Az eszköznek ezen feladat maradéktalan ellátásához rendelkeznie kell folyamatos internet hozzáféréssel. A beépített GPS adó-vevőnek köszönhetően a központi diszpécser látja az egységek pontos mozgását, így jobban eloszthatóak a rendelkezésre álló kapacitások, illetve hatékonyabban szervezhetők az esetleges szűrőpróba szerű ellenőrzések. [7][16]

A berendezés össze lesz hangolva a fedélzeti érvényesítő berendezéssel, oly módon, hogy az ellenőr képes legyen azokat inaktíválni, így növelve az ellenőrzések hatékonyságát.

Olyan berendezés kerül megrendelésre, mely rendelkezik vész hívó gombbal, melynek segítségével egy esetleges atrocitás során azonnal segítséget kérhet az ellenőr.

Az eszköz alkalmas lesz adatok validálására, illetve rögzítésére egyaránt. Ha érvénytelen anonim kártyával utazó utas kerül pótdíjazásra, az ellenőr képes az eszközzel rögzíteni a személyes adatokat és azokat az AFC rendszer központi háttérrendszerének továbbítani. A berendezésnek lehetővé kell tennie a bérleteladást és a PAYG egyenlegfeltöltést

Általános műszaki követelmények:

- Üzemi környezet: -20°C - +50°C
- Tárolási környezet: -30°C - +70°C
- Minimális víz- és porállósági index: IP52, ütésvédelmi index: IK07
- Robusztusnak és ellenállónak kell lenniük az ésszerű magasságból való leejtéssel szemben
- Az ún. hideg rendszerindítást legfeljebb 2 perc alatt végre kell hajtania, beleértve az aktuális lista letöltését is [16]

3.5 Utasmédia érvényesítésének technológiai megvalósítása Budapesten

A budapesti hálózaton kétféle érvényesítési technológia bevezetése tűnik indokoltnak.

3.5.1 CI- Check In rendszer

Az utasnak csak az utazás megkezdésekor kell érvényesítenie az utasmédiát, a befejezéskor nem szükséges Check Out (kijelentkezés). A 0. zónában alapvetően CI rendszer kerül alkalmazásra, hiszen ebben a körzetben egységes díjszabással lehet közlekedni. A HÉV vonalak kivételével minden a 0. zóna határát átlépő viszonylat esetében is a CI rendszer kerül bevezetésre. Ezen technológia használatának oka, hogy a CI/CO rendszer esetében az agglomerációs járatokon az utasnak lehetősége lenne jóval a célállomás előtt kijelentkezni, így az ő utazására vonatkozó díjtermék töredékét fizetné csak ki. Ezen visszaélés visszaszorítási módja lehetne, hogy a megállóba telepített érvényesítő berendezéseken kelljen kijelentkezni. Budapest közel ötezer felszíni megállóval rendelkezik. A megvalósíthatósági tanulmány egy érvényesítő berendezés egységárát 1000 €-ban határozta meg. Ennek tekintetében belátható, hogy ha minden megállóba elhelyezésre kerül érvényesítő berendezés, az mennyivel megnöveli a beruházási költségeket.

Az agglomerációs autóbuszvonalak túlnyomó többsége elsőajtós járat lesz. Az utazási célt, vagy az utas választja ki egy arra alkalmas fedélzeti egységen, vagy a járművezető.

3.5.2 CI/CO- Check in/ Check out

A H7-es csepeli HÉV kivételével az összes vonalon CI/CO rendszer kerül bevezetésre. A H7-es HÉV teljes vonalhosszban Budapest közigazgatási határán belül halad. Egyetlen megállója sem esik a 0. zóna határán kívülre, tehát nem indokolt a kötelező kijelentkezés bevezetése, ugyanis a díjszabás semmilyen esetben sem történik távolság alapon. A járműpark kora miatt azonban nem ésszerű fedélzeti érvényesítő eszközök felszerelése. Továbbá a HÉV szerelvények esetében az elsőajtós felszállás a jármű adottságaiból adódóan (egy szerelvény több csatolt kocsiszekrényből áll) nem valósítható meg, ezért a csepeli HÉV vonal esetében is megállóban történik majd az utasmédia érvényesítés. A viszonylat kimagasló utasforgalma, valamint a szűk megállók miatt a kapuval történő lezárás nem megvalósítható, csak a Boráros téri végállomás esetében. A többi megállónál peroni validátorok segítségével történik az utasmédiák érvényesítése.

A többi HÉV vonal esetében CI/CO rendszer kerül kiépítésre. Azaz az utazást befejezván nem elég csak elhagyni a jármű fedélzetét, hanem a „check out”-ot is el kell végezni. Amennyiben ezt a tevékenységet elfelejtené az utas, akkor pótdíj kirovására kerül sor. A járművek jellemzően ezeken a vonalakon is túl idősek, ezért az érvényesítő eszközök fedélzeti telepítése nem lenne ésszerű megoldás.

Azonban, ha mégis felszerelnék a H5, H6, H8 és H9 HÉV viszonylatok járműveit érvényesítő berendezéssel, akkor ismét az a probléma állna elő, mint az agglomerációs autóbusz vonalak esetében, hogy lehetőség nyílik a célállomás előtti kijelentkezésre. Esetleg olyan megoldást lehetne bevezetni, hogy minden kocsi első ajtaján történhet felszállás és minden kocsi van egy kalauz, aki ellenőrzi az utasmédiák érvényesítését. Ez a kimagasló utasforgalom, valamint a túl nagy emberi erőforrás igény miatt nem reális alternatíva.

A Szentendrére közlekedő H5-ös HÉV 0. zónás utazásszámai jelentősek. Mi sem igazolja ezt jobban, minthogy a békásmegyeri, állomás, valamint a Batthyány tér között közlekedik betétjárat is. Ezen vonalak állomásai, kettő kivételével a felszínen helyezkednek el. A két földalatti megálló, a Batthyány téri végállomás, valamint a Margit híd beléptető kapuval történő felszerelése jól megoldható, hiszen a megálló területe építészetiileg körülrzárt, különösebb infrastruktúra beruházást a lezárás nem igényel. A békásmegyeri megálló, illetve végállomás területe az utasok számára aluljáróból megközelíthető. Tehát elmondható, hogy építészetiileg jól körülhatárolt,

azonban vizsgálandó az esetleges kiépítés életképessége, mivel az aluljáróban lévő szűk keresztmetszetek korlátozzák a beépítési lehetőségeket és lévén szó egyben végállomásról is, az itt megjelenő utasforgalom a nap teljességében jelentősnek mondható. Kapuval történő lezárásra, a kiépítési adottságainak köszönhetően alkalmas lehet a Szentlélek téri HÉV megálló is, itt azonban már szükség van nagyobb infrastruktúra beruházásra. A kapuk által beszűkülő keresztmetszetek áteresztő képessége nagymértékben csökken, ezért ezt az esetet külön vizsgálni célszerű.

A Gödöllői, Csömöri, valamint a Ráckevei HÉV viszonylatok is átlépik a 0. zóna határát, azaz CI/CO rendszert kell bevezetni. Ezen vonalak esetében a megállók a felszínen helyezkednek el, ráadásul építésetileg kevésbé lehatárolt módon. A megállókban kialakítandó érvényesítési eszközelhelyezés megfelelő megvalósítása további vizsgálatot igényel.

Az M2-es metróvonal esetleges összekötése a gödöllői, illetve a csömöri HÉV-el egy olyan vasútvonalat eredményezne, mely a belvárosból indul és elhagyja a 0. zóna határát, ezért úgy kell kialakítani az M2 metróvonal be,- illetve kiléptető rendszerét, hogy alkalmas legyen CI/CO technológia alkalmazására.

Dolgozatomban három darab, a H5 vonalán elhelyezkedő megálló esetében vizsgálom meg a kialakítási lehetőségeket a legkedvezőbb utasforgalom, valamint a lehető legalacsonyabb eszközigeny figyelembevételével.

3.6 Kommunikációs hálózat

Az operátori adatgyűjtést az olvasók végzik. Az olvasók részei a belépő és kilépő kapuk érvényesítőjének a metró- és kiválasztott HÉV-állomásokon, a peronon elhelyezett érvényesítőknak HÉV-állomásokon és a fedélzeti érvényesítőknak buszokon, trolikon, villamosokon és a fogaskerekűn. Az olvasók felelnek az utasmédia-érvényesítők adatainak gyűjtéséért, a helyi ellenőrző listák kezeléséért és érvényesítő adatok továbbításáért az AFC központi vezetői rendszerbe, és párhuzamosan információkat kapnak az AFC központi vezetői rendszertől pl. listák frissítéseivel kapcsolatosan.

Az egyes eszközök master-slave rendszerben működnek, azaz az eszközcsoport egy tagja vezérli a többi eszközt (master), mely utána továbbítja az adatokat a központi háttérrendszernek. A vezérlő egység kiválasztásának minden esetben dinamikusnak kell lennie, azaz a csoport összes elemének képesnek kell lennie ezen feladat ellátására egy esetleges meghibásodás esetén.

A felszíni utazásérvényesítési információ mobilkapcsolatokon, míg a felszín alatti és HÉV hálózaton az induláskori és érkezéskori érvényesítési információk vezetékes vonalakon kerülnek továbbításra az AFC központi vezérlőrendszerbe.

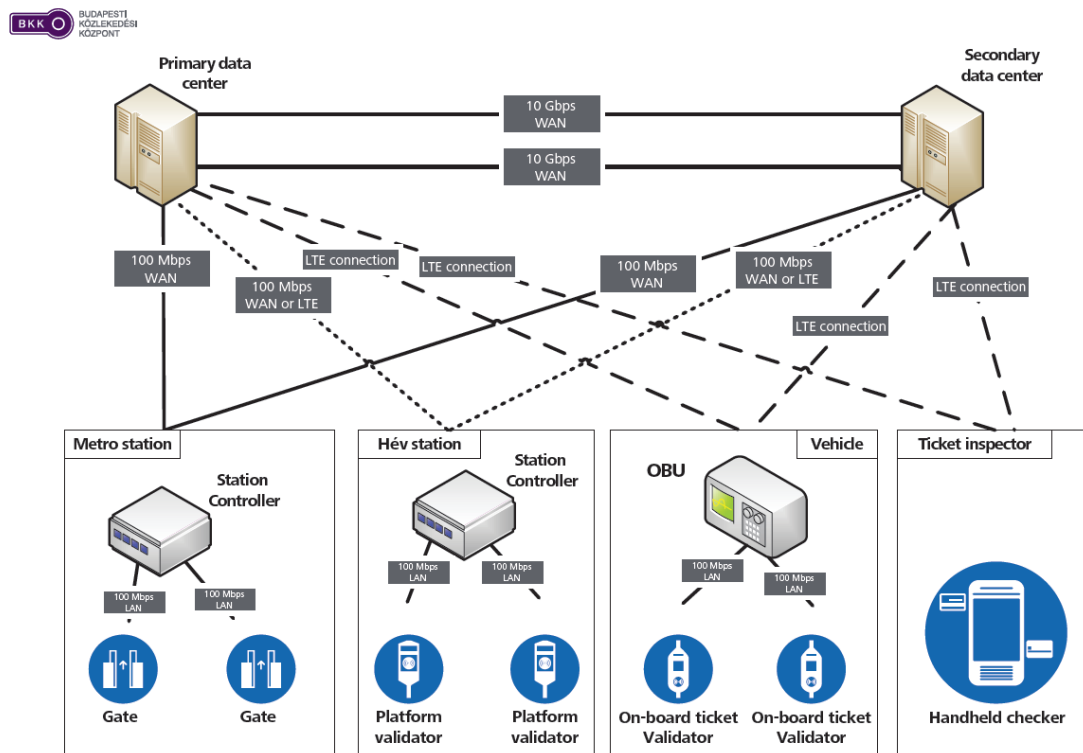
A begyűjtött adatok konszolidációjáért az ágazatonkénti adatkonszolidátor a felelős (metro DC, Villamos DC, HÉV DC, Autóbusz DC, Trolibusz DC). Ez a rendszerelem felelős az ágazatonkénti összes kártyaolvasó adatkonszolidációjáért. Minden konszolidátor pontos adatcserét biztosít az AFC központi rendszere és a kártyaolvasók között. Az interface a konszolidátor és a központi rendszer között küldi az érvényesítési adatokat és az olvasók státuszjelentését a központi rendszernek és megkapja a lista és kártya hitelesítő adatokat (kulcsok és metódusok). Biztosítja az adatcsere biztonságát mindenféle kommunikációs hibával szemben a központi rendszer és a kártyaolvasók felé, valamint azt, hogy az adat haladéktalanul továbbításra kerül, amikor a kommunikációs hálózat helyreáll. Biztonsági okokból biztosítani kell az adatcserét cserélhető adathordozón is, amikor éppen nincs kommunikációs kapcsolat, illetve amikor a kommunikációs hiba várhatóan a napzáráson is túlnyúlik.

Az Érvényesítés-menedzsment és Hitelkontroll (TM) rendszerek jelentik a kapcsolatot az AFC berendezés és az AFC központi vezérlőrendszer között. Az érvényesítési adatok, listák és vizsgálati tevékenység a TM-re irányulnak. Az Érvényesítés-adatmenedzsment az adatcsoportok tárolását, kiolvasását, elemzését és adatok exportálását jelenti, főleg az érvényesítések adatai tekintetében, de egyéb adatok vonatkozásában is. Négy féle lista létezik, amelyet a TM-nek és a kártyaolvasóknak kezelniük kell: engedélylista, tiltólista és bankkártya tiltólista, valamint bérletes engedély lista, amely az ellenőri kézikészülékre lesz letöltve. Bármely utazás során, ha kiderül, hogy nem tartozik a kártyához megfelelő termék vagy minimális PAYG egyenleg, akkor az Érvényesítés és Hitelkontroll modul a kártyát tiltólistára helyezi. A BKK részére ezáltal biztosítva van, hogy azok az utasok, akik úgy kezdték meg az utazásukat, hogy nem rendelkeznek az utazást fedező termékkel, nagyjából két percen belül tiltólistára kerül a kártyájuk, így további utazásokat nem tudnak megkezdeni. Ha egy ügyfél ilyen utazást tett és az regisztrálva van, az Utazás és Árkalkuláció modul biztosítani fogja, hogy egy üzenetben tájékoztatást kapjanak arról, hogy a kártyájuk tiltólistára került.

Az Adattárház/Üzleti adatelemzés modul gyűjti össze az elektronikus jegyrendszer háttérrendszerében létrejövő adatokat. Ez a modul felel a BKK ERP rendszere és az

Operátorok felé történő adatszolgáltatásért. Az elektronikus jegyrendszer által generált valamennyi adat a BKK tulajdonában áll.

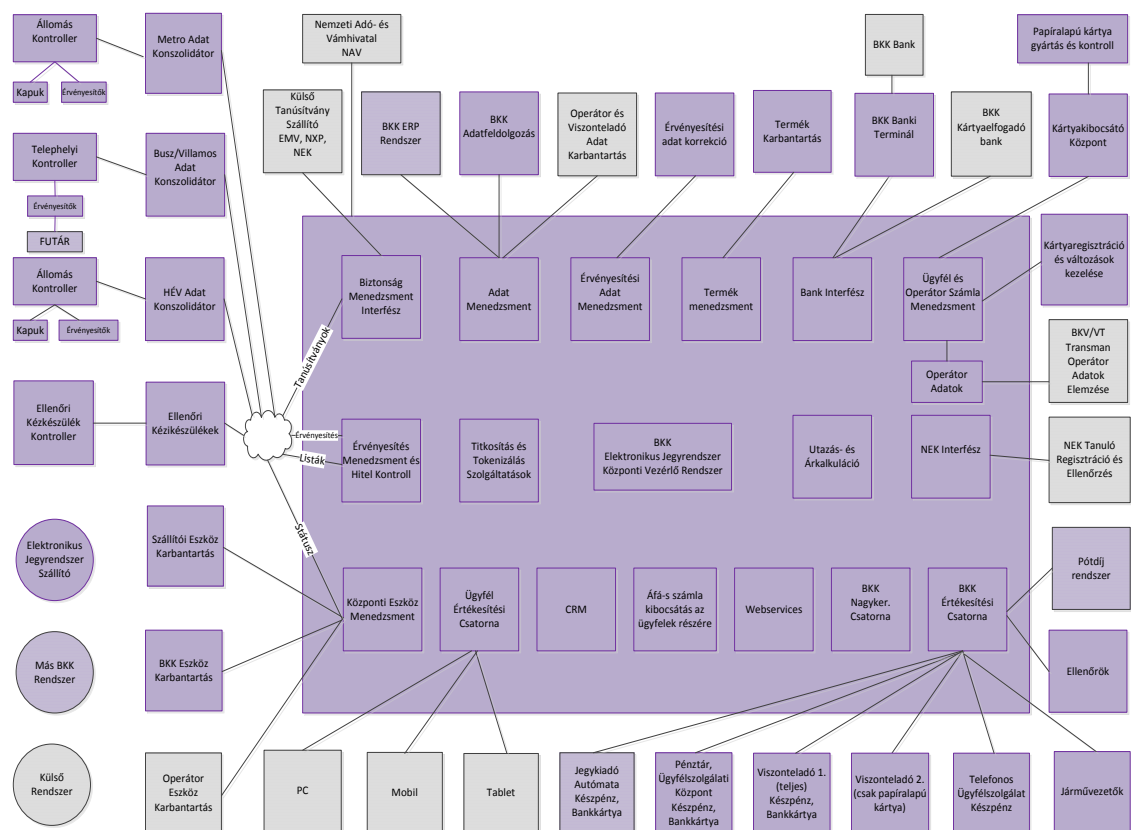
A rendszer biztonságos működése céljából szükséges egy tartalék, azaz másodlagos adatközpont létrehozása is. A folyamatos, valós idejű, szünetmentes telekommunikációs kapcsolat az érvényesítő készülékek, a kapuk és a rendszer egyéb elemei, valamint az AFC központi irányítórendszer elsődleges és tartalék rendszerével elengedhetetlen. Ezen adatkapcsolat biztosítása céljából duplikált adatkapcsolatot kell létrehozni. A duplikált adatkapcsolat azt jelenti, hogy biztosítani kell egy elsődleges adatkapcsolatot, valamint egy másik, műszakilag különálló, tartalék adatkapcsolatot. A duplikált adatkapcsolat redundanciája növelhető, ha a két különböző adatkapcsolati módot, két egymástól független internetszolgáltató biztosítja. [16] A 23. ábrán szemléltetem a budapesti AFC rendszer egyes elemeinek kommunikációs kapcsolatait, valamint a kapcsolathoz szükséges távközlési technológiát, illetve sávszélességeket.



23. ábra: A budapesti AFC rendszer kommunikációs kapcsolatai (Forrás: [16])

3.7 Arcitektúra

A rendszer szerverközpontú és érintés nélküli lesz; a kártyán kizárólag a sorozatszám lesz látható. A többi információt egy központi szerveren tárolják a back office-ban. A kapuknál az adatgyűjtés kártyaolvasók segítségével, a járműveken pedig érvényesítő készülékekkel történik majd. Ezeknek az érvényesítő készülékeknek támogatniuk kell a FUTAR projektet. A budapesti rendszer architektúra tervét a 24. ábrán szemléltetem.



24. ábra: A budapesti AFC rendszer architektúrája (Forrás: [16])

4 Matematikai modell bemutatása

4.1 A „születés-halálozási” folyamat összefüggéseinek ismertetése

A dolgozatom legfőbb célja, hogy ismertessen egy olyan eljárást, melynek segítségével a budapesti HÉV megállókba telepítendő validátorok szükséges száma, valamint elhelyezési módjuk a legmegfelelőbben megvalósítható. Ezért szükséges a sorbanállási problémák részletes vizsgálata.

Ezen probléma megoldásához az úgynevezett, születési- halálozási folyamatot használtam. Ezen folyamat olyan speciális Markov-folyamat, amelyben az E_k állapotból csak az E_{k+1} , vagy E_{k-1} állapotba való átlépés megengedett.

A születési- halálozási folyamat alkalmas egy populáció nagyság változásának modellezésére. A tényt, hogy a populáció nagysága egy bizonyos időpontban k , úgy fogom kifejezni, hogy a folyamat E_k állapotban van. Az E_k állapotból az E_{k+1} állapotba történő átlépés jelzi a „születést”, az E_{k-1} állapotba történő átlépés pedig a „halált”. Bevezetem a λ_k születési intenzitás fogalmát. Ez adja a meg a k nagyságú populációban a születések intenzitását. Hasonlóképpen definiálom a μ_k halálozási intenzitást, ilyen intenzitással következik be egy halál, amikor a populáció nagysága k .

A Chapman- Komogorov- egyenlet segítségével megvizsgálom a populáció lehetséges mozgásait a $(t, t+\Delta t)$ intervallumon. A $t+\Delta t$ időpillanatban az E_k állapot áll fenn akkor és csak akkor, ha az alábbi három (egymást kölcsönösen kizáró) esemény valamelyike bekövetkezik.

- a t időpillanatban a populáció nagysága k , és állapotváltozás nem következik be
- a t időpillanatban a populáció nagysága $(k-1)$, és a $(t, t+\Delta t)$ intervallumon egy születés következik be
- a t időpillanatban a populáció nagysága $(k+1)$, és a $(t, t+\Delta t)$ intervallumon egy halál adódik

Annak a valószínűsége, hogy a t időpontban a populáció nagysága éppen k az alábbi módon jelölhető:

$$P_k(t) := P[X(t)=k] \quad [24]$$

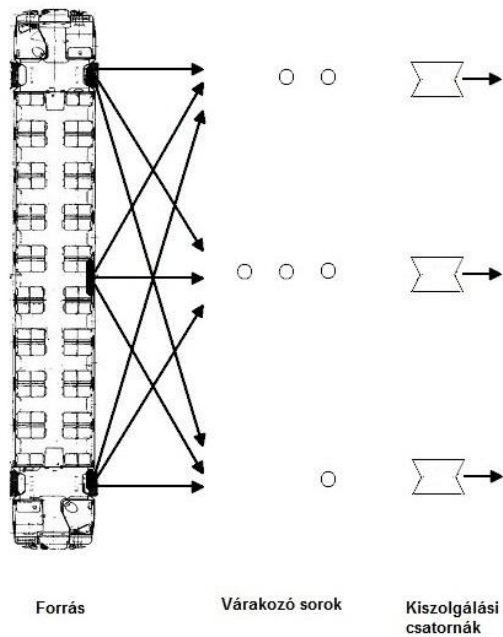
Sorbanállási feladatnál e paramétereket úgy határoztam meg, hogy a λ a rendszerben keletkező igények intenzitását adja meg, míg a μ ezen igények kiszolgálásának intenzitását, azaz a kiszolgálási rátát. Az E_k állapotból az E_{k+1} állapotba történő átlépés jelenti, hogy egy újabb utas szeretne utasmédiát érvényesíteni, az E_{k-1} állapotba történő átlépés pedig az érvényesítést követő továbbhaladást.

A sorbanállási jelenségek vizsgálatánál két alapvető kérdést kell megválaszolni: mikor következik be és milyen időtartamú a várakozás, illetve hogy ennek mérséklése (kiküszöbölése) a leggazdaságosabban miként, milyen beruházással oldható meg? A kiszolgálóhelyek optimális számát kell tehát meghatározni, oly módon, hogy az utasok, (illetve a kiszolgálóhelyek) várakozásaiból eredő összes költség a minimális legyen.

A kiszolgáló helyre, azaz a peronra az utasok szabályos, vagy szabálytalan időközönként érkeznek be. Ezeket **beérkezéseknek** nevezzük. Ahhoz, hogy egy sorbanállási rendszert teljesen jellemezni lehessen, meg kell adni azt a sztochasztikus folyamatot, amely a beérkező igényeket írja le, és le kell írni a kiszolgálás szabályait és struktúráját. A beérkező folyamat általában az egymás után beérkező igények közötti időintervallumok valószínűségeloszlása segítségével írható le. Ezt az $A(t)$ szimbólummal jelölöm, ahol $A(t)=P$ (két egymás utáni beérkezési időköz $\leq t$)

A kiszolgálóhelyeken az igényelt tevékenység végrehajtására egy, vagy több úgynevezett **kiszolgálási csatorna** (validátor, vagy kapu) áll rendelkezésre.

Mivel a HÉV üzemeltetési tapasztalatai, valamint utasszám adatai rendelkezésemre állnak a számítás elvégzéséhez, így már tudom, hogy mekkora lesz a várható forgalom melyre majd az egyes megállókat méretezem, ez a forgalom a leszálló utasok csúcsidei mennyisége, mely rövid időn belül, lökésszerűen jelenik meg. Megállótól függően a felszállni szándékozó utasok száma is magas lehet, az ő érkezésük azonban egyenletesebb eloszlást mutat, így a méretezés szempontjából kevésbé súlyozottan veszem figyelembe. Ezért a sorbanállási jelenség szempontjából a **forrásoknak** az egyes érkező szerelvényeket veszem, ahonnan leszálló utasok „check out” igényei keletkeznek. Szerencsés esetben éppen annyi igény keletkezik, amennyi kiszolgáló csatornával ellátott a rendszer, azonban a csúcsidei forgalom esetén biztosan várakozniuk kell a kiszolgálási csatornáknál. Ez esetben a várakozók **sorokat** alkotnak.



25. ábra: Rendszer elemei

(Forrás: Saját szerkesztés)

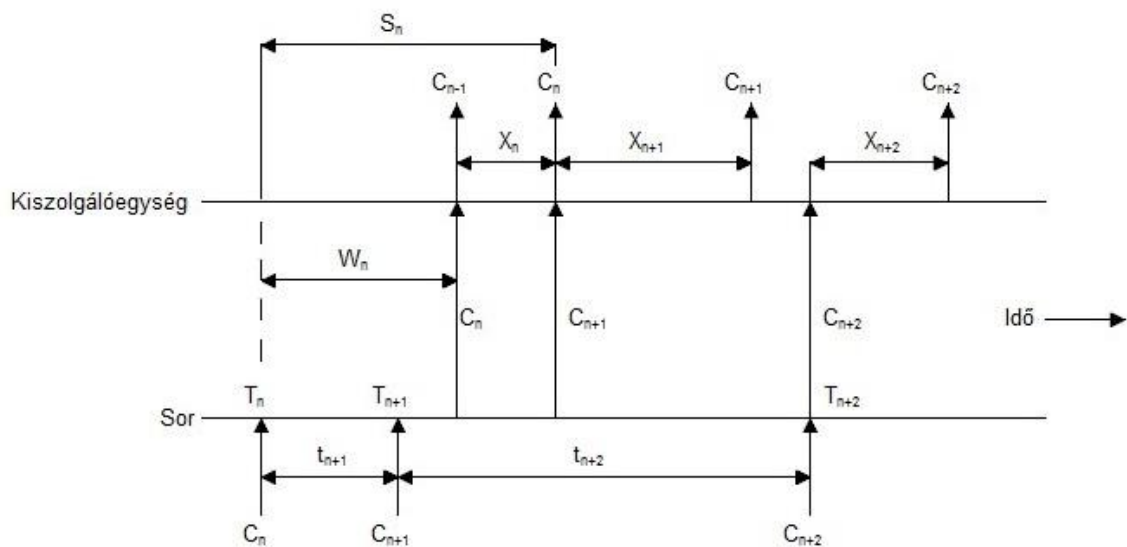
A sorok és a csatornák együtt alkotják a sorbanállási rendszert, amelynek a **beérkezések közötti időtartam** és a **kiszolgálás időtartama** a leglényegesebb jellemzője. A beérkezések közötti időtartam és a kiszolgálás időtartama lehet:

- állandó
- determinisztikusan változó
- sztochasztikusan változó

A kiszolgálási idő valószínűség eloszlását **B (x)**-szel jelölöm, azaz:

$$\mathbf{B(x)} = \mathbf{P}(\text{kiszolgálási idő} \leq x)$$

A kiszolgálás ideje annak az időintervallumnak a hosszát jelenti, amelyet az igény a kiszolgáló egységben eltölt. A 20. ábra segítségével szemléltetem a sorbanállás időbeni lefolyását.



26. ábra: Sorbanállási rendszer idődiagramja. (Forrás: [24])

Az ábrán látható jelölések jelentése a következő:

- C_n - a rendszerbe belépő n-edik igény
- T_n - C_n beérkezési ideje
- X_n - C_n kiszolgálási ideje
- W_n - C_n várakozási ideje
- S_n - C_n rendszerben töltött ideje

A vizsgálandó kérdés, hogy mikor keletkeznek sorok? Sorbanállás fordul elő, ha a beérkezések és/vagy a kiszolgálás időtartama valószínűségi változó. A forrásokat tekintve jelen esetben nem korlátos forrású rendszerről beszélhetünk, hiszen a leszálló utasok száma nem korlátolt. A valóságban természetesen, van egy maximálisan elképzelhető utasszám, amennyi a jármű valóságos befogadó képessége, de mivel ezen korlát igen magas és egyértelműen nem meghatározható, csak elméletileg, így a modell szempontjából a lehetséges beérkezések számát végtelennek tekintem. Mivel az igények kiszolgálása a kiszolgáló csatornához történő érkezés sorrendjétől függ, ezért szigorú prioritásúnak mondható a rendszer.[25]

A kiszolgálási elv adja meg az igények kiszolgálásának sorrendjét. A leggyakrabban használt kiszolgálási elvek:

- FIFO (First In - First Out) - érkezési sorrendben
- LIFO (Last In - First Out) - fordított sorrendben
- SIRO (Service In Random Order) - véletlen sorrendben történő kiszolgálások.

A sorbanállási rendszerek hatékonyságának és teljesítményének vizsgálatához a következő mérőszámokat kell meghatározni:

- a) az igények várakozási ideje
- b) a rendszerben levő igények száma
- c) a foglaltsági intervallum hossza (Vagyis az az időtartam, mely alatt a kiszolgáló csatorna folyamatosan foglalt)
- d) az üresjáratok időszaka hossza
- e) a pillanatnyi munkahátralék nagysága

Mindegyik mennyiség valószínűségi változó, és így teljes valószínűség-számítási jellemzésüket (vagyis eloszlásfüggvényüket) keressük.

4.2 A vizsgált rendszer esetében alkalmazott matematikai modell bemutatása

Az általam vizsgált rendszert a Kendall által bevezetett jelölési rendszer szerint először osztályozni szükséges. Az osztályozáshoz az alábbi szerkezetű kód szükséges:

A/B/m/k/n/P

Mely kódban szereplő paraméterek jelentése a következő:

- **A** az egymást követő igények beérkezése között eltelt idő. Ez lehet:
 - o D determinisztikus (konstans),
 - o M exponenciális (vagyis az igények Poisson folyamat szerint érkeznek, tehát a beérkezés markovi),
 - o G általános (tetszőleges).
- **B** a kiszolgálási idő. Ez lehet:
 - o D determinisztikus (konstans),
 - o M exponenciális (markovi),
 - o G általános (tetszőleges).
- **m** a kiszolgáló egységek (szerverek) száma.
- **k** a rendszer befogadó képessége (legfeljebb mennyi igény lehet jelen a rendszerben). Ha ezt külön nem tüntetjük fel, akkor azt feltételezzük, hogy a rendszer befogadó képessége végtelen.
- **n** az igényforrások száma. Ha ezt külön nem tüntetjük fel, akkor végtelennek tekintjük.

- **P** a kiszolgálási protokoll. Például:
 - FIFO
 - LIFO
 - SIRO
 - az igényekhez rendelt prioritás alapján történő kiszolgálás. Ha ezt külön nem tüntetjük fel, akkor FIFO rendszert feltételezünk. [26]

Az imént ismertettet jelölési rendszer alapján elmondható, hogy az általam vizsgált rendszer kódja:

M/M/m

Azaz olyan **λ** beérkezési intenzitású rendszer, melyben korlátlan hosszúságú sorok kialakulása megengedett. A rendszer **m** darab **kiszolgáló csatornával** van ellátva. Ez az eset is leírható születési-halálozási folyamattal a következők miatt. Először is független, **μ_i** paraméterű exponenciális eloszlású **ξ_i** valószínűségi változókat veszek. Ezen **ξ_i** ($i=1,2,\dots,N$) változók minimumát **h** -val jelölöm. Nem nehéz belátni, hogy **h** is exponenciális eloszlású lesz $\sum_{i=1}^N \mu_i$ paraméterrel. Ugyanis:

$$\begin{aligned}
 P(\eta < x) &= 1 - P(\eta \geq x) = 1 - P(\xi_i \geq x, i = 1, \dots, N) = \\
 &= 1 - \prod_{i=1}^N P(\xi_i \geq x) = 1 - e^{-(\sum_{i=1}^N \mu_i) x}.
 \end{aligned}$$

Ezt felhasználva adódik annak valószínűsége, hogy a rendszer a **h** idő alatt a **k** állapotból a **$k-1$** állapotba, ill. a **k** állapotból a **$k+1$** állapotba kerül. Így:

$$p_{k,k-1}(h) = (1 - (\lambda h + o(h))) (\mu_k h + o(h)) + o(h) = \mu_k h + o(h),$$

$$p_{k,k+1}(h) = (\lambda h + o(h)) (1 - (\mu_k h + o(h))) + o(h) = \lambda h + o(h),$$

ahol,

$$\mu_k = \min(k\mu, n\mu) = \begin{cases} k\mu & , \text{ ha } 0 \leq k \leq n, \\ n\mu & , \text{ ha } n < k. \end{cases} \quad [27]$$

Látható, hogy az ergodikusság feltétele $\frac{\lambda}{n\mu} < 1$. Ha ezen összefüggés fennállása nem biztosított a kialakuló sor minden határon túl növekszik.[25]

A **P_k** mennyiségek kiszámolásához, a feladatot két részre kell bontani, mivel a **μ_k** mennyiség kétféle módon függ **k** -tól.

- a) Ha **$k < n$** , akkor

$$P_k = P_0 \prod_{i=0}^{k-1} \frac{\lambda}{(i+1)\mu} = P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{1}{k!}.$$

b) Ha $k \geq n$, akkor

$$P_k = P_0 \prod_{i=0}^{n-1} \frac{\lambda}{(i+1)\mu} \prod_{j=n}^{k-1} \frac{\lambda}{n\mu} = P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{1}{n! n^{k-n}}.$$

A könnyebb jelölés érdekében a $\left(\frac{\lambda}{n\mu}\right)$ helyett bevezetem a ϱ -t, melynek éppen a kihasználási tényező:

$$\varrho = \frac{\lambda}{n\mu} < 1.$$

Összefoglalva tehát:

$$P_k = \begin{cases} P_0 \frac{(n\varrho)^k}{k!} & , \text{ ha } k \leq n, \\ P_0 \frac{\varrho^k n^n}{n!} & , \text{ ha } k > n, \end{cases}$$

Továbbá:

$$P_0 = \left(1 + \sum_{k=1}^{n-1} \frac{(n\varrho)^k}{k!} + \sum_{k=n}^{\infty} \frac{(n\varrho)^k}{n!} \frac{1}{n^{k-n}}\right)^{-1},$$

Így (1),

$$P_0 = \left(\sum_{k=0}^{n-1} \frac{(n\varrho)^k}{k!} + \frac{(n\varrho)^n}{n!} \frac{1}{1-\varrho}\right)^{-1}.$$

Annak a valószínűsége, hogy egy újonnan érkező utasnak sorba kell állnia (2):

$$P(\text{sorbanállás}) = \sum_{k=n}^{\infty} P_k = \sum_{k=n}^{\infty} P_0 \frac{(n\varrho)^k}{n!} \frac{1}{n^{k-n}}.$$

Ebből,

$$P(\text{sorbanállás}) = \frac{\frac{(n\varrho)^n}{n!} \frac{1}{1-\varrho}}{\sum_{k=0}^{n-1} \frac{(n\varrho)^k}{k!} + \frac{(n\varrho)^n}{n!} \frac{1}{1-\varrho}}. \quad [27]$$

A rendszer vizsgálata során két további feltételezéssel éltem:

- 1) A várakozók egyik kiszolgálási csatornát sem részesítik előnyben.

- 2) Ha egy kiszolgálási csatorna szabaddá válik, akkor a várakozó sor első egységét ez a csatorna szolgálja ki, [25]

4.2.1 A vizsgált rendszer mérőszámai

Az eddig ismertetett összefüggéseket felhasználva, az általam elemzett **M/M/m** rendszer hatékonyságát mutató mérőszámok az alábbiak:

- a) Sorban állók várható száma (3):

$$\begin{aligned}\bar{Q} &= \sum_{k=n}^{\infty} (k-n)P_k = \sum_{j=0}^{\infty} jP_{n+j} = \sum_{j=0}^{\infty} \frac{j\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{n+j}}{n!n^j} P_0 = \\ &= \sum_{j=0}^{\infty} j \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} \varrho^j P_0 = P_0 \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} \varrho \sum_{j=0}^{\infty} \frac{d\varrho^j}{d\varrho} = P_0 \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} \varrho \frac{d}{d\varrho} \sum_{j=0}^{\infty} \varrho^j = \\ &= P_0 \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} \frac{\varrho}{(1-\varrho)^2}.\end{aligned}$$

- b) Foglalt kiszolgáló csatornák átlagos száma (4):

$$\begin{aligned}\bar{n} &= \sum_{k=0}^{n-1} kP_k + \sum_{k=n}^{\infty} nP_k = P_0 \left(n\varrho \sum_{k=0}^{n-2} \frac{(n\varrho)^k}{k!} + \frac{(n\varrho)^n}{(n-1)!} \frac{1}{1-\varrho} \right) = \\ &= n\varrho \left(\sum_{k=0}^{n-2} \frac{(n\varrho)^k}{k!} + \frac{(n\varrho)^{n-1}}{(n-1)!} + \frac{(n\varrho)^{n-1}}{(n-1)!} \left(\frac{1}{1-\varrho} - 1 \right) \right) P_0 = \\ &= n\varrho \left(\sum_{k=0}^{n-1} \frac{(n\varrho)^k}{k!} + \frac{(n\varrho)^n}{n!} \frac{1}{1-\varrho} \right) P_0 = n\varrho \frac{1}{p_0} P_0 = n\varrho.\end{aligned}$$

- c) A rendszerben található igények átlagos száma:

A megoldás magától értetődő, hiszen egy utas, ha a rendszerben tartózkodik, akkor vagy sorban áll a kiszolgáló csatorna előtt, vagy épp az érvényesítést végzi. A várakozó utasok száma adódik a sorban állók számából, míg az éppen érvényesítést végző utasok mennyisége a foglalt kiszolgáló csatornák számával egyenlő. Ezek alapján tehát:

$$\bar{N} = \sum_{k=0}^{\infty} kP_k = \sum_{k=0}^{n-1} kP_k + \sum_{k=n}^{\infty} (k-n)P_k + \sum_{k=n}^{\infty} nP_k = \bar{n} + \bar{Q},$$

A szabad kiszolgáló csatornák számának jelölésére bevezetem az $\bar{S}$ -t, így:

$$\bar{n} = n - \bar{S}, \bar{S} = n - \frac{\lambda}{\mu},$$

Tehát

$$\bar{N} = n - \bar{S} + \bar{Q}, (5)$$

Vagyis

$$\bar{N} - n = \bar{Q} - \bar{S}.$$

Magyarán a rendszerben található igényeket egyszerűen úgy kaphatjuk, ha az összes és a szabad kiszolgáló csatornák különbségét vesszük, majd hozzá adjuk a sorban álló utasok számát.

d) Tartózkodási idő

A kiszolgálás azonnal elkezdődik, ha a rendszerben n -nél kevesebb igény tartózkodik, így stacionárius esetben egy érkező igény rendszerben eltöltött ideje megegyezik a kiszolgálási idővel. Azonban, ha várakoznia kell, akkor a várakozási idő és a kiszolgálási idő összege, vagyis az eloszlás két független eloszlás összege. [27]

e) A leszállást megelőzően, illetve azt követően a validátornál várakozással eltöltött veszteségidő várható mértéke (5):

$$T_s = \frac{\bar{Q}}{\lambda} [25]$$

f) Kiszolgáló csatornák összkihasználsága

Egy csatorna kihasználtsága (6):

$$U_s = \sum_{k=1}^{n-1} \frac{k}{n} P_k + \sum_{k=n}^{\infty} P_k = \frac{\bar{n}}{n} = \varrho.$$

Ebből adódik, hogy az összes csatorna kihasználtsága ennek az értéknek az eszközdarabszámmal képzett szorzata, melynek mértéke 95%-ig elfogadható. (7):

$$U_n = nU_s = \bar{n}. [26]$$

A modell lehetőséget nyújt további mutatók kiszámítására, azonban jelen feladatom ellátásához elegendő a paramétereket meghatározni. A HÉV peronokra elhelyezett

validátorok, illetve kapuk jelentik majd a kiszolgáló csatornákat, a keletkező igények az érvényesíteni szándékozó utasok lesznek, a kiszolgálási ráta pedig az érvényesítő berendezések áteresztő képessége, azaz, hogy egységnyi idő alatt hány fő képes reálisan tranzakció végrehajtására.

A BKK úgy határozta meg a minimálisan szükséges áteresztőképességet, hogy a validátorral felszerelt HÉV megállóknak a szerelvény beérkezését követően csúcsidőben is képesnek kell lennie kiürülni. A felmért utasszámok, az ismert gyaloglási távolságok, valamint az 1,4 m/s-ban [28] meghatározott gyaloglási sebesség figyelembe vételével az imént szemléltetett modell segítségével úgy kell megválasztani a készülékek darabszámát, hogy az csak az előírt határokon belül növelje meg a kiürüléshez szükséges időt.

5 Mikroszimuláció

A PTV VISSIM mikroszimulációs szoftver VISWALK moduljának segítségével ellenőrzöm az általam vizsgált megállóban történő validátor elhelyezések megfelelőségét, valamint a számított érvényesítő eszköz elégségességét. Ebből adódik, hogy a szimuláció felépítését két munkafázis előzte meg, melyek az alábbiak:

5.1 Tervezés lépései

5.1.1 Szükséges eszköz darabszámok meghatározása a rendelkezésre álló utasszámok alapján.

Az eszközök szükséges darabszámát az alábbi lépésekben határoztam meg:

- Utasszámlálási adatok alapján meghatározom a délelőtti és a délutáni csúcsidőt irányonként.
- A meghatározott csúcsidőkben megvizsgálom a legnagyobb utasszámot (λ_{max}^y), ahol $y=\{\text{délelőtt; délután}\}$. Mivel a maximum gyakran kiugróan magas érték, ezért nem azt veszem tervezési alapnak.
- A csúcsidőnként és irányonként meghatározott utasszámok 5 legnagyobb értékének veszem az átlagát. Külön-külön a le és felszálló forgalomra. ($\bar{\lambda}$)
- Négy érték adódik a leszálló forgalomra ($\bar{\lambda}_l^{de}$). Délelőltre irányonként 1, valamint délutánra szintén irányonként 1. Mivel a leszálló forgalom a lökésszerű, ha nem kiemelkedően magas a felszálló utas mennyiség, akkor erre tervezek.
- A felszálló utasmennyiségről feltételezem, hogy egyenletesen érkeznek a megállóba, ezért elosztom a mennyiséget a járat követési idő (t_k) csúcsidei átlagával. Így az 1 percre jutó utasmennyiséget veszem alapul a tervezésnél. Ez a korrigált érték.

$$(\bar{\lambda}_f^y)' = \frac{\bar{\lambda}_f^{de}}{t_k}.$$

- A leszálló utasmennyiségeket és a korrigált felszálló utasszámokat összehasonlítom, és a legnagyobbat veszem alapnak. Így adódik egy előzetes tervezési intenzitás:

$$\bar{\lambda}_e = \max \{(\bar{\lambda}_f^{De})'; (\bar{\lambda}_l^{De}), (\bar{\lambda}_f^{Du})', (\bar{\lambda}_l^{Du})\}$$

- A kiválasztott értékhez hozzá adom az irány és időpont szerint hozzá tartozó le vagy felszálló utasszám átlagot és így alakul ki a végső tervezési utasmennyiség azaz a beérkezési intenzitás. A napszaknak (azaz az „y” kitevőnek) a két szám esetében azonosnak kell lenniük. Az előzetes tervezési intenzitáshoz kiegészítésként hozzá kell adni, az azonos időszakban, vele ellentétes irányú utasmozgást. Ezt az értéket „k” indexszel jelöltem.

$$\lambda = \bar{\lambda}_e^y + \bar{\lambda}_k^y$$

- Miután meghatároztuk az érkezési intenzitást kiszámítjuk a szükséges eszköz darabszámot, oly módon, hogy a telepítésre szánt érvényesítő berendezés empirikus átbocsájtó képességével, azaz a kiszolgálási rátával, melyet μ -vel jelöltem. Tehát:

$$n = \frac{\lambda}{\mu}$$

Az ily módon számított értéket minden esetben felfelé kerekítem.

- A végső darabszám úgy alakul ki, hogy az imént kiszámított **n** értékéhez hozzáadok 1-et, melyre a vezérlő egység miatt van szükség.
- Az így kapott szükséges eszköz darabszám elégségességét az előző fejezetben ismertetett matematikai modell segítségével ellenőrzöm. Amennyiben a kapott eredmények nem elfogadhatók a darabszámot növelni kell.

5.1.2 Validátor topológia megtervezése

A rendelkezésre álló alaprajzok, valamint a terepbejárás során szerzett tapasztalatok alapján az előző pontban meghatározott eszköz darabszámot elhelyezem.

Az elhelyezés során figyelembe veendő szempontok:

- A készülékek az utasok megszokott gyaloglási útvonalába essenek.

- Balesetvédelmi okokból a szűk keresztmetszetek további szűkítését igyekeztem elkerülni. Az esetleges torlódások a tágasabb helyszíneken alakuljanak ki.
- Az érvényesítő berendezések elhelyezése a perontól olyan távolságba történjen, hogy a visszaélések lehetősége minimálisra csökkenjen, oly módon menet közben ne legyen lehetséges az utasmédia kezelésére, majd az utazás tovább folytatására.
- Amennyiben megoldható az eszközök ne rendelkezzenek „irányítottsággal”, azaz a le és felszálló utasok egyaránt tudják használni.
- Azon megállók esetén, amelyek a közigazgatási határon belül helyezkednek el és az onnan indított utazás célállomása eshet a 0. zónán belül és kívül is szükséges a peron közelébe elhelyezni érvényesítő berendezést. Akik jeggyel utaznak és utazási céljuk a 0. zóna határán belül van, azok menetdíjai idő alapon történnek elszámolásra, így kialakulhat olyan szerencsétlen eset, hogy ha késik a szerelvény, ugyanazon díjtermékkel esetleg már nem lesz lehetséges az átszállás a leszállást követően, mely zavarmentes időszakban még beleférne az időkeretbe. Ezért meg kell oldani, hogy a jeggyel utazók közvetlenül a felszállás előtt legyen módjuk érvényesíteni az utasmédiájukat.
- A kapuval szerelt megállók esetében, az egyik kaput szélesebbre kell tervezni, a csökkentett mobilitású utasok érdekében.
- A peroni validátorok esetén a matematikailag szükséges eszköz darabszámot egygel meg kell emelni, mely plusz eszköz látja majd el a master feladatokat.

A megelőző tevékenységeket követően létrehozom a méretarányos modellt a VISSIM szoftverben, melyben a számított csúcsforgalmi értékekre paraméterezem a közlekedést. A tervezett elrendezés megfelelőségét úgy ellenőrzöm, hogy a gyaloglási útvonalak foglaltságát vizsgálom $[f\ddot{o}/m^2]$ dimenzióban.

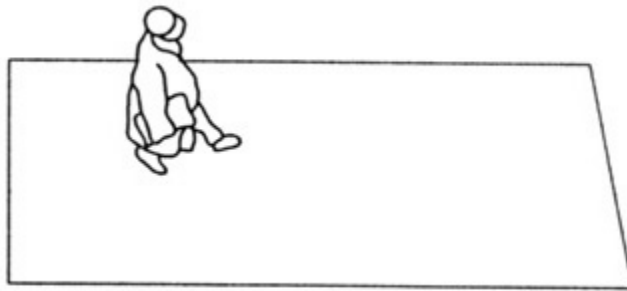
5.1.3 Tervezett elhelyezés minősítése

Ahhoz, hogy minősíteni tudjam a tervezett megállót, meg kell határozni a gyalogosforgalomra jellemző minőségi szinteket. A gyalogosforgalom lebonyolódásának minőségét a gépjárműforgaloméhoz hasonlóan ítéljük meg. Az egyik legfontosabb jellemző a mozgás szabadsága, hogy mennyire tudunk a kívánt sebességgel haladni és mennyire egyszerű kikerülni másokat. [28] A szakirodalmak

megkülönböztetnek haladó, illetve várakozó gyalogosforgalmat. Ennek megfelelően a két esetre különböző szolgáltatási szintek kerültek meghatározásra.

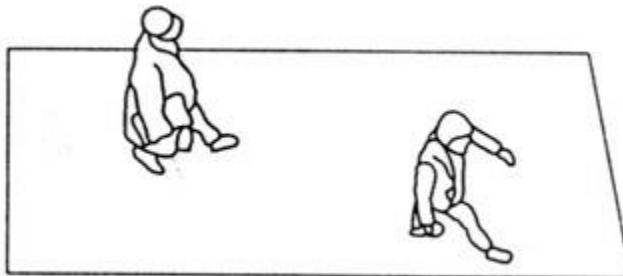
5.1.3.1 Haladó mozgás esetén

- „A” szolgáltatási szint: A gyalogosok a kívánt pályán mozoghatnak, és mozgásukat a többi gyalogos nem befolyásolja. Sebességüket szabadon választhatják meg, gyalogosok között konfliktusok nem valószínűek. Jellemző értékek: Mozgástér $> 5,6 \text{ m}^2/\text{fő}$; Forgalom $\leq 16 \text{ fő}/\text{min}/\text{m}$



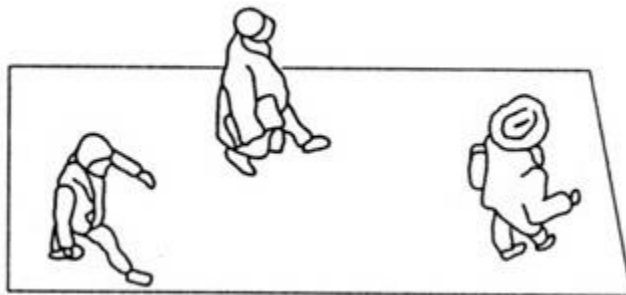
27. ábra: „A” szolgáltatási szint haladó gyalogosforgalom esetén
(Forrás: [29])

- „B” szolgáltatási szint: Elegendő terület áll rendelkezésre a szabad sebességválasztáshoz, mások megelőzésére és a konfliktusok elkerülésére. Ennél a szintnél a gyalogosok kezdenek tudatában lenni a többi gyalogos jelenlétével. Jellemző értékek: Mozgástér: $3,7 - 5,6 \text{ m}^2/\text{fő}$; Forgalom: $16-23 \text{ fő}/\text{min}/\text{m}$



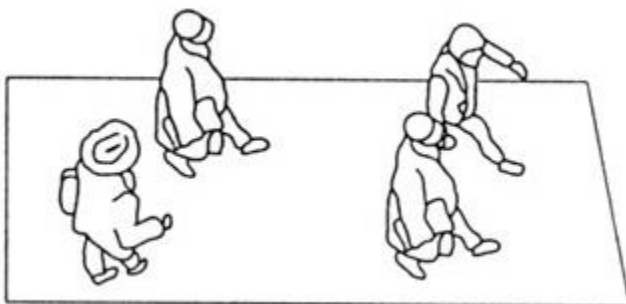
28. ábra: „B” szolgáltatási szint haladó gyalogosforgalom esetén
(Forrás: [29])

- „C” szolgáltatási szint: Elegendő a terület ahhoz, hogy a gyalogosok szabadon válasszák meg gyaloglási sebességüket és elkerüljék azokat a gyalogosokat, akikkel egy irányba közlekednek. Ahol ellenirányú, illetve keresztező mozgások vannak, ott kismértékű konfliktusok alakulhatnak ki. A gyaloglási sebesség, illetve a forgalomnagyság csökkenhet. Jellemző értékek: Mozgástér: 2,2-3,7 m²/fő; Forgalom: 23-33 fő/min/m



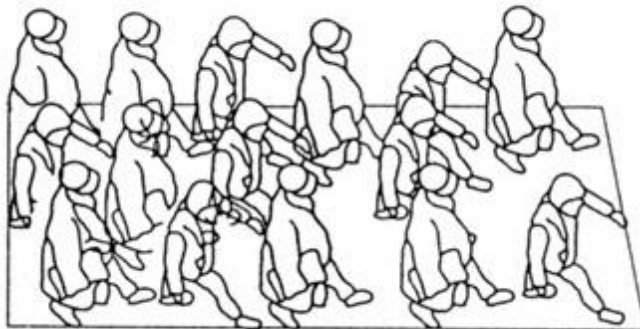
29. ábra: „C” szolgáltatási szint haladó gyalogosforgalom esetén
(Forrás: [29])

- „D” szolgáltatási szint: Az egyéni sebesség megválasztásának és más gyalogosok kikerülésének lehetőségei korlátozottak. Ahol ellenkező, illetve keresztező mozgások vannak, ott a konfliktusok kialakulásának valószínűsége nagy. Jellemzően ez a szint folyóforgalomnak tekinthető, azonban a gyalogosok között jelentős súrlódások, illetve összeütközések történnek. Jellemző értékek: Mozgástér: 1,4-2,2 m²/fő; Forgalom: 33-49 fő/min/m



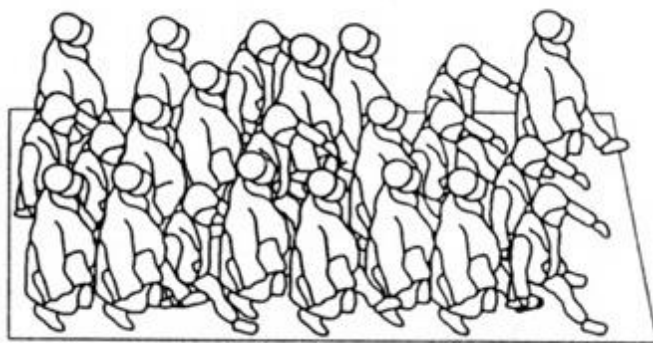
30. ábra: „D” szolgáltatási szint haladó gyalogosforgalom esetén
(Forrás: [29])

- „E” szolgáltatási szint: Ebben az esetben a tömeg mozgása olyan, mintha annak minden tagjának mozgása korlátozva lenne. Az előrehaladás gyakran csak tolakodással lehetséges, míg az ellen, illetve keresztirányú közlekedés esetén számolni kell gyakori ütközésekkel, sűrűlódásokkal. Jellemző értékek: Mozgástér: 0,75-1,4 m²/fő; Forgalom: 49-75 fő/min/m



31. ábra: „E” szolgáltatási szint haladó gyalogosforgalom esetén
(Forrás: [29])

- „F” szolgáltatási szint: Ezen szint esetén komoly akadályozással kell számolni. A sűrűlódások, ütközések gyakoriak, a sebesség nagymértékben korlátozott, az ellen, illetve keresztirányú közlekedés nem lehetséges, a forgalom instabil. Jellemző értékek: Mozgástér: $\leq 0,75$ m²/fő; Forgalom: változó [29][30]

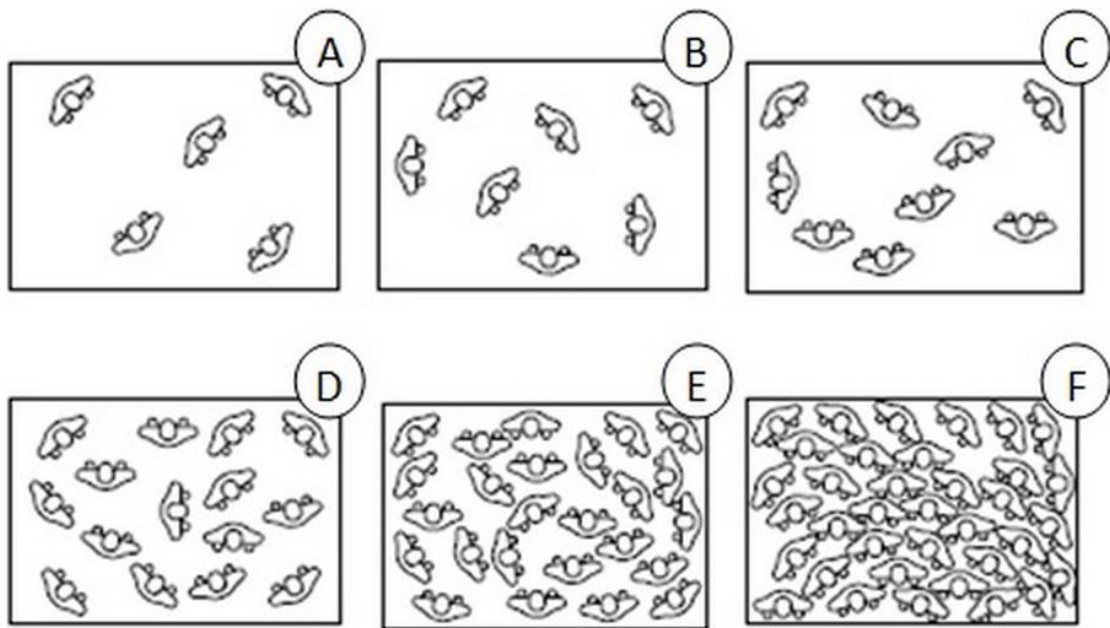


32. ábra: „F” szolgáltatási szint haladó gyalogosforgalom esetén
(Forrás: [29])

5.1.3.2 Várakozó forgalom esetén

Várakozásnál kicsit másképp, a rendelkezésre álló hely, a személyes komfortérzés és a mozgás szabadsága alapján kell megítélni (27. ábra). Az „E” szinthez tartozó 0,2–0,3

$\text{m}^2/\text{fő}$ sűrűséget legfeljebb zsúfolt liftekben vagy közlekedési járműveken lehet megfigyelni. A „D” szolgáltatási szinthez tartozó $0,3\text{--}0,6 \text{ m}^2/\text{fő}$ sűrűség még mindig zsúfolt várakozási területet jelent, de már valamekkora belső mozgásszabadsággal. Ez a szint a gyalogátkelőknél várakozó gyalogosokra jellemző. Azokon a helyeken, ahol több hely kell a belső mozgásokhoz (például színházi lobbik vagy közösségi közlekedési megállók), magasabb szolgáltatási szintet kell biztosítani.[28]



33. ábra: Várakozó gyalogosforgalom szolgáltatási szintjei

(Forrás: [28])

A gyalogos forgalom minőségi szintjeinek megállapításához a VISSIM „grid cella” funkcióját használtam. Az egy négyzetméterre jutó utasok mennyisége alapján a VISSIM „LOS: Fruin (Walkways)” színskálát, illetve paraméterlistát használtam a szintek megállapításához, melynek határértékeit a 34. ábra tartalmazza. Az alsó és felső határokat jelölő számértékek dimenziója $[\text{Fő}/\text{m}^2]$.

Szolgáltatási szintek	Alsó határ	Felső határ	Színkódok
A	MIN	0,308	(255, 0, 0, 255)
B	0,308	0,431	(255, 0, 255, 2)
C	0,431	0,718	(255, 0, 255, 0)
D	0,718	1,076	(255, 255, 255)
E	1,076	2,153	(255, 255, 128)
F	2,153	MAX	(255, 255, 0, 0)

34. ábra: Szolgáltatási szintek jelölései

(Forrás: PTV-VISSIM 7.0)

A vizsgálat során a kék színnel jelölt területek zsúfoltsága a legkedvezőbb, míg a pirossal jelölteké a legrosszabb. Azaz fentről lefelé haladva csökken a szolgáltatási szint. A kék színnel jelölt területek felelnek meg az „A” szintnek, míg a piros színnel jelöltek az „F”-nek. Nyilvánvaló tehát, hogy olyan eszközmennyiség és elrendezési variáció kidolgozása a cél, melynél a piros színnel jelölt területek mennyisége a lehető legkisebb.

A szimulációkat minden esetben 20 percig futtatom és a kapott eredmény kép formájában szemléltetem. A grid cellák méretét 0,5 méterre állítottam és úgy paramétereztem a szimulációs vizsgálatot, hogy a környező 2 cellára hatással legyen minden esetben.

Az imént ismertetett szempontok szerint három megállóra végeztem el a tervezést, nevezetesen Pomáz H, Békásmegyer H és Szentlélektér H, melyeket a továbbiakban részletesen szemléltetek.

5.2 Pomáz H

A kiválasztás során azért esett választásom erre a megállóra, mert azon kevés vonalközi HÉV megállók egyike, mely középperonos. Ezáltal más szempontokat kell figyelembe venni a tervezés során, mint az irányonként osztott peron esetében.

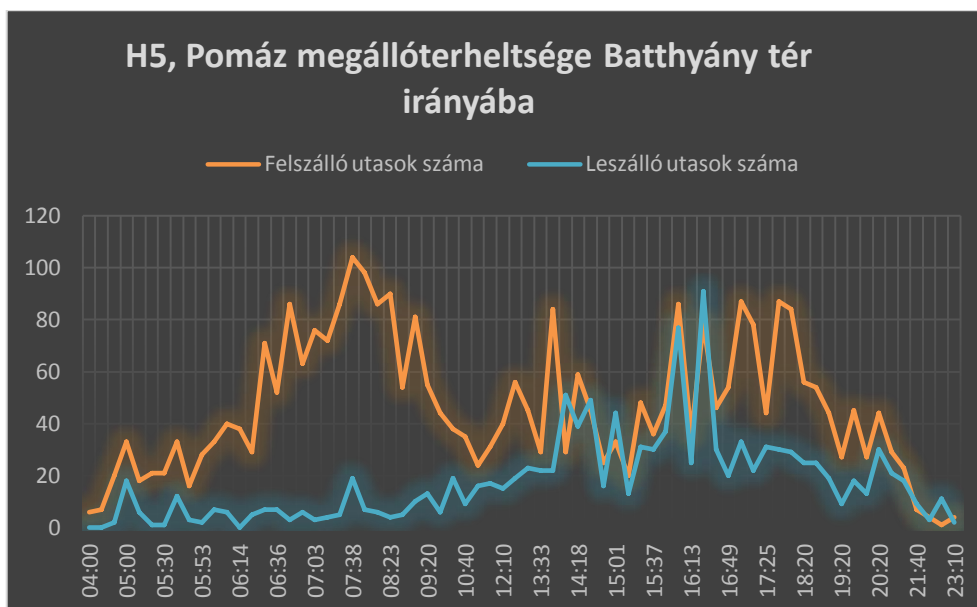
A megállóban nagy utasforgalom bonyolódik le a nap folyamán, köszönhetően többek között a közvetlen mellette elhelyezkedő Volánbusz autóbusz állomásnak is. A terepbejárás során egyértelművé vált, hogy a kapuval történő peron lezárás nem reális az átalakításhoz szükséges kimagasló építészeti költségek, valamint a drágább eszközök miatt.



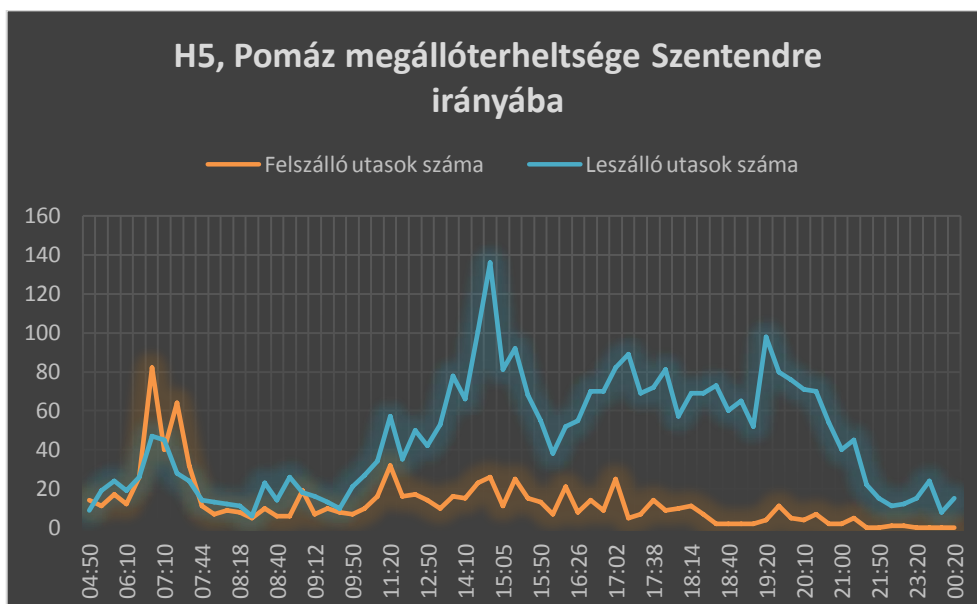
35. ábra: A terepbejáráson, valamint a VISSIM környezetben létrehozott Pomáz megállóterület összevetése *(Forrás: Saját szerkesztés)*

5.2.1 Számítás

A BKK-tól kapott utasszám felmérés alapján az alábbi eloszlás diagramokat készítettem:

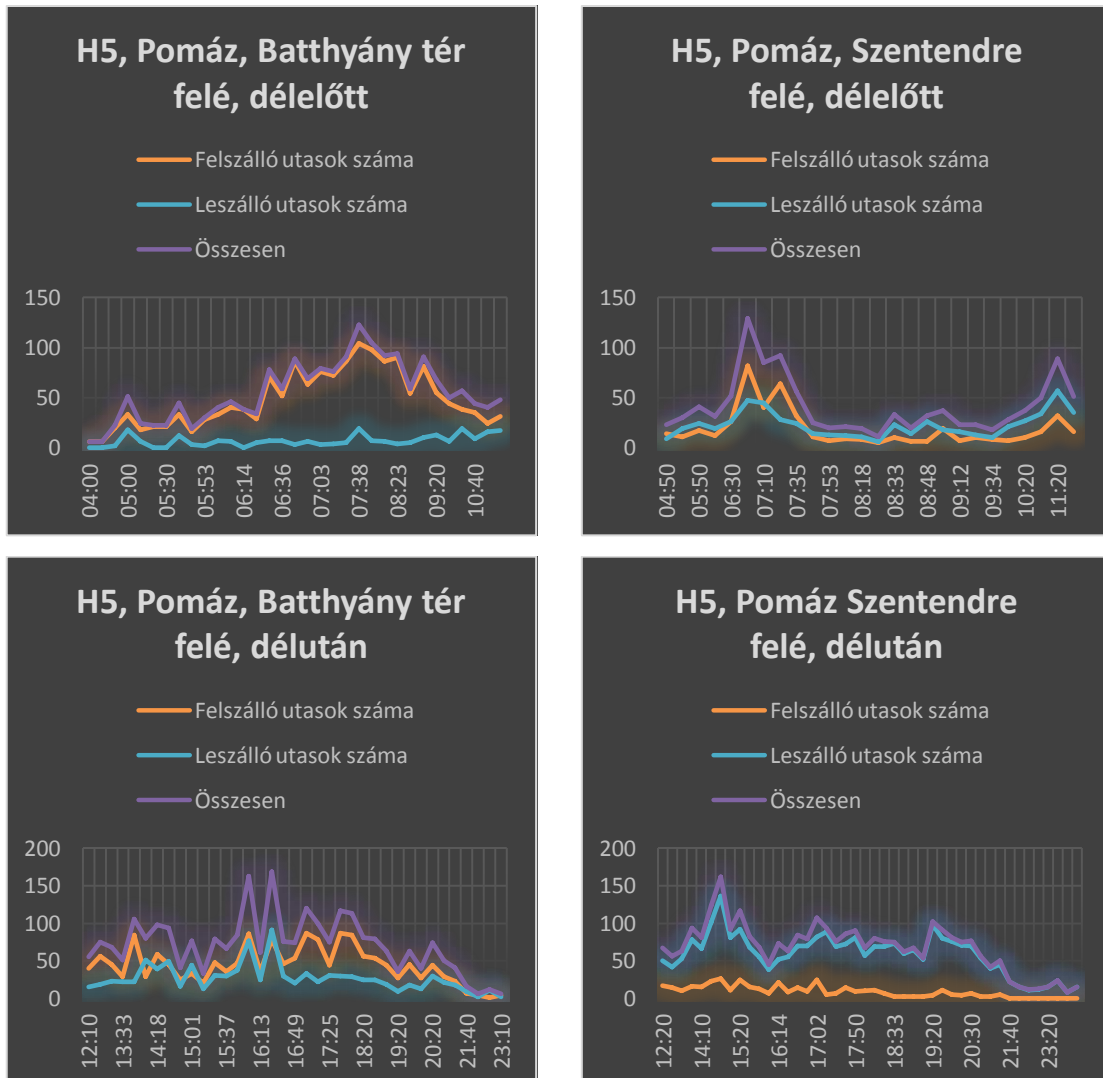


36. ábra: H5 HÉV Pomáz megállójának utasforgalma a Batthyány tér irányába.
(Forrás: Saját szerkesztés)



37. ábra: H5 HÉV Pomáz megállójának utasforgalma Szentendre irányába
(Forrás: Saját szerkesztés)

Szembetűnő, hogy a délelőtti és délutáni utasforgalom nagymértékű különbséget mutat mind a két irányba, ezért a csúcsidő pontosabb meghatározásához szükséges ezeket az időszakokat külön kiemelve elemezni.



38. ábra: Napszakokra és irányokra bontott megállóterheltségek
(Forrás: Saját szerkesztés)

Ezen diagramok alapján az alábbi értékeket határoztam meg:

6. táblázat: Pomáz állomás tervezési adatai

(Forrás: Saját szerkesztés)

Irány:	Batthyány tér		Szentendre	
Csúcsidők:	De.: 06:29- 09:00		Du.: 14:20- 18:20	
	Felszállók száma [Fő/Szerelvény]	Leszállók száma [Fő/Szerelvény]	Felszállók száma [Fő/Szerelvény]	Leszállók száma [Fő/Szerelvény]
λ_{max}^{De}	104	19	82	47
λ_{max}^{Du}	87	91	26	136
$\bar{\lambda}_{max}^{De}$	100	10	5	34
$\bar{\lambda}_{max}^{Du}$	8	60	2	100
$\bar{\lambda}_e$	100			
$\bar{\lambda}_k$	2			
λ	102			
t_k	12 perc			
μ	20 fő/perc			
n	7 db			

A 4. fejezetben ismertetett matematikai paraméterek kiszámítása:

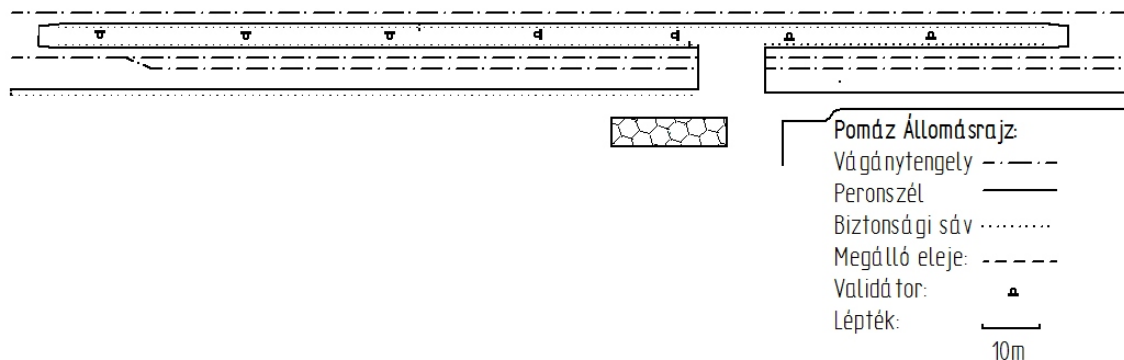
- ρ : 0,85. azaz ergodikus
- P_0 : 0,2837 (1) alapján
- Q : 26,1950 (3) alapján
- n_- : 5,1 (4) alapján
- T_s : 0,2568 (6) alapján

5.2.2 Eszköz topológia variációk

A megállóhely rajzokon a validátorokat körökkel szimbolizálom, melyek hátlapi oldalát egy vonallal jelöltem meg. A képernyő, tehát a valóságban abba az irányba néz, amerre a kör áll.

a) Soros elrendezés a peron teljes hosszában

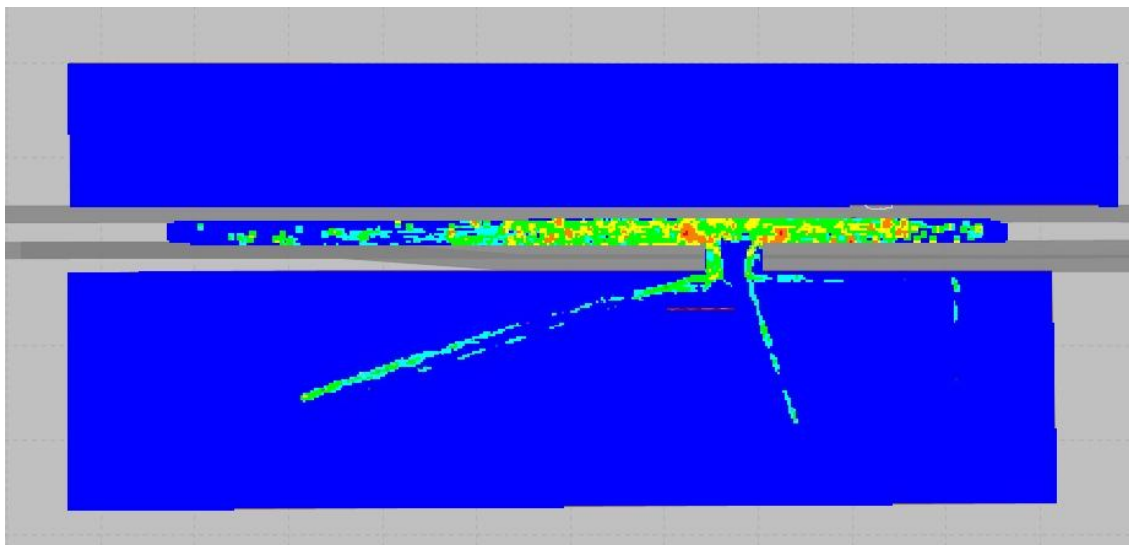
Először azt az elhelyezési topológiát vizsgáltam, amikor a peron teljes hosszában egyenletes távolságokra helyeztem el a szükséges validátorokat. A 39. ábrán szemléltetem az elhelyezést. A kialakítás során figyelembe vettem a legfontosabb szempontokat, melyeket a fejezet elején ismertettem. A megálló kialakításából adódóan elegendő a legnagyobb intenzitásra kiszámolt darabszámot elhelyezni a peronon mind két irány számára, ugyanis mind a kettő irányból egy helyen zajlik a le és felszállás.



39. ábra: Peronon sorban elhelyezett validátorok. Pomáz H

(Forrás: Saját szerkesztés)

Az elkészült alaprajz alapján felépítettem a modellt VISSIM-ben.

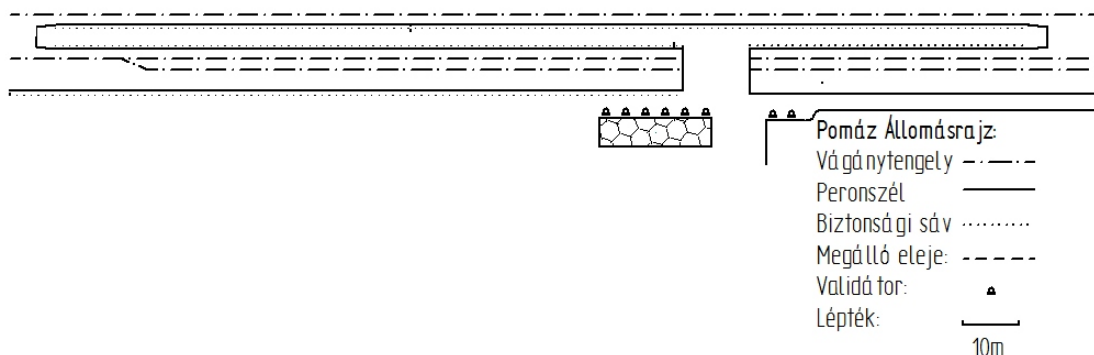


40. ábra: Peronon sorban elhelyezett validátorokkal történő megvalósítás mikroszimulációs vizsgálatának eredménye *(Forrás: Saját szerkesztés, VISSIM)*

b) Peronon kívüli soros elrendezés

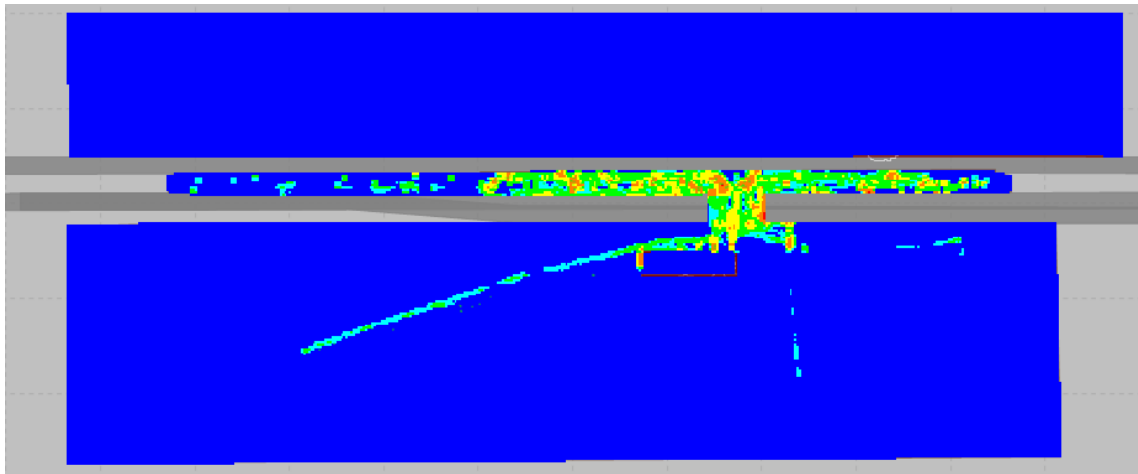
Mivel a Pomázi megálló esetében középperonos le és felszállási rend van kialakítva, ezért olykor a peron területén egyszerre nagyobb utasmennyiség is tartózkodhat. A peron elhagyásának folyamatát nem célozom lassítani, ezért vizsgálok egy olyan elrendezési megoldást, mikor az „a” esethez hasonlóan a validátorokat sorba, többségüket egymástól egyenlő távolságra helyezem el, azonban a peronnál egy jóval biztonságosabb területen.

Az eszközök elhelyezésénél figyelembe vettem a terepszemle során tapasztalt jellemző fő utasáramlási irányokat.



41. ábra: Peronon kívüli soros elrendezés. Pomáz H *(Forrás: Saját szerkesztés)*

A fent vázolt alaprajzhoz tartozó mikroszimulációs vizsgálat eredményét a 42. ábrán szemléltetem.

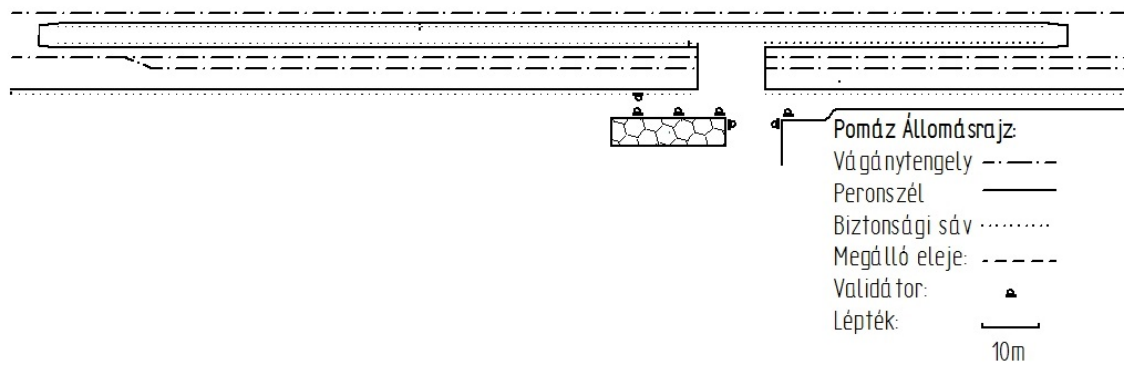


42. ábra: Peronon kívül sorban elhelyezett megvalósítás mikroszimulációs vizsgálatának eredménye *(Forrás: Saját szerkesztés, VISSIM)*

c) Átjárónál történő eszköz elhelyezés vizsgálata

A megálló peronra bevezető átjáró közvetlen közelébe történő telepítés megvalósíthatóságát is célszerű vizsgálni, ugyanis jelen megálló esetén ez az a pont, mely iránytól, illetve tevékenységtől (le/felszállás) függetlenül érint minden utas. Legkedvezőbb megoldás az lenne, ha az átjáró előterébe, félkörív alakzatban lennének elhelyezve az érvényesítő berendezések, azonban ez a megoldás ellent mondana a fejezet elején megfogalmazott tervezési szempontoknak, ugyanis a szerelvényekről leszálló utasok torlódása fokozottan veszélyes területen, a vágányokon alakulna ki és az nem elfogadható, ezért olyan megoldást kell keresni, mely esetében az átjáró torkolatánál történik az érvényesítés mégis kellő távolságban a vágányoktól.

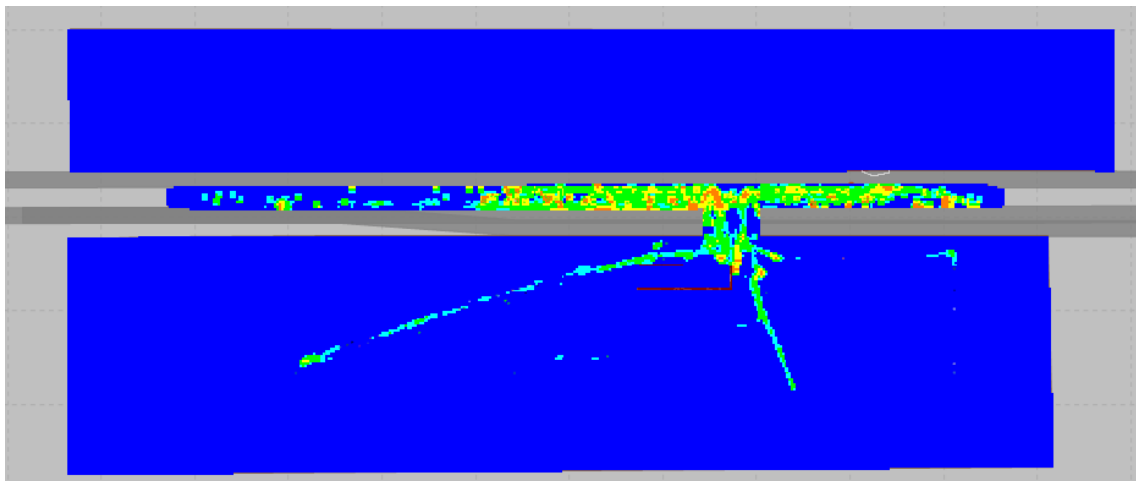
A tervezett elrendezést a 43. ábra szemlélteti.



43. ábra: Átjáró torkolatánál elhelyezett validátorok. Pomáz H

(Forrás: Saját szerkesztés, VISSIM)

Az imént szemléltetett elhelyezés mikroszimulációs vizsgálatának eredményét a 44. ábra szemlélteti.



44. ábra: Átjáró torkolatánál elhelyezett validátorokkal történő megvalósítás mikroszimulációs vizsgálatának eredménye (Forrás: Saját szerkesztés, VISSIM)

5.3 Békásmegyer H

A megálló kettős jellege miatt, azaz, hogy egyszerre végállomás és közbenső megálló is szükséges külön megvizsgálni. Az építészeti kialakítás lehetővé teszi nagyobb építési átalakítás nélkül a kapuval történő lezárást. A szűk keresztmetszetek és a nap folyamán lezajló nagy utasforgalom miatt azonban külön vizsgálatot igényel ez a fajta megoldás. A kapuval történő lezárás kétféle módon is megvalósítható, hiszen a peron területe, csak az aluljárón keresztül megközelíthető. A kapuk elhelyezése történhet a lépcső aljánál, az aluljáróban, vagy a lépcső tetejénél a megálló peronra érkezve.

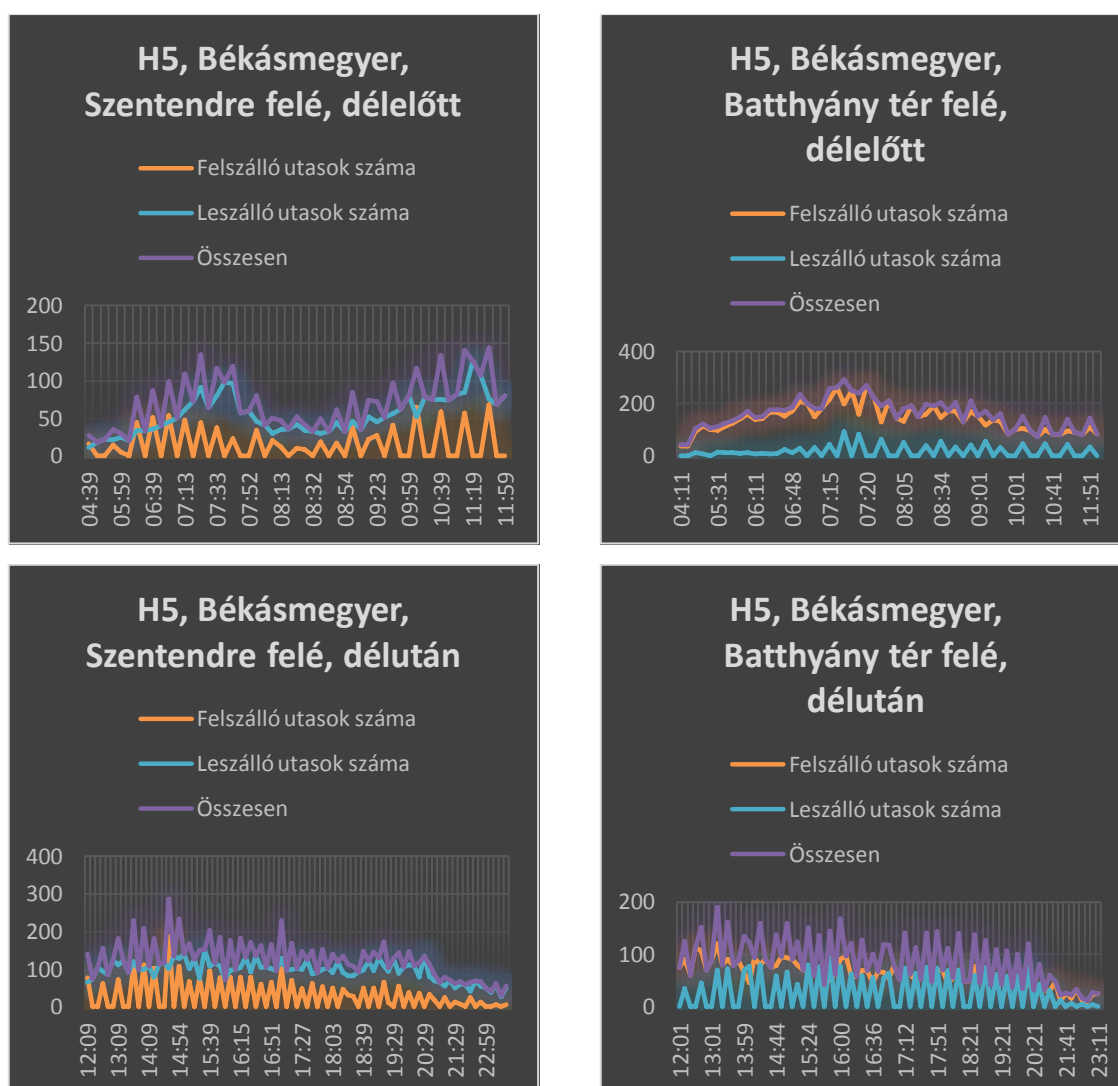
A területbejárás során azonban nyilvánvalóvá vált, hogy a peroni validátorok segítségével történő utasmédia érvényesítés is megvalósítható opció. Kellően tágasak a peronok és a tetőszerkezetet tartó oszlopok egyenletes távolságban, valamint a biztonsági zónától megfelelő messzeségre vannak elhelyezve. az utasok már megszokták ezen oszlopok ottlétét, ezért vizsgálandó külön egy olyan kialakítás megvalósíthatósága, mely esetében az olvasó egységek ezen meglévő infrastruktúrára kerülnek felszerelésre.



45. ábra: A terepbejáráson, valamint a VISSIM környezetben létrehozott Békásmegyer megállóterület összevetése (Forrás: Saját szerkesztés)

5.3.1 Számítás

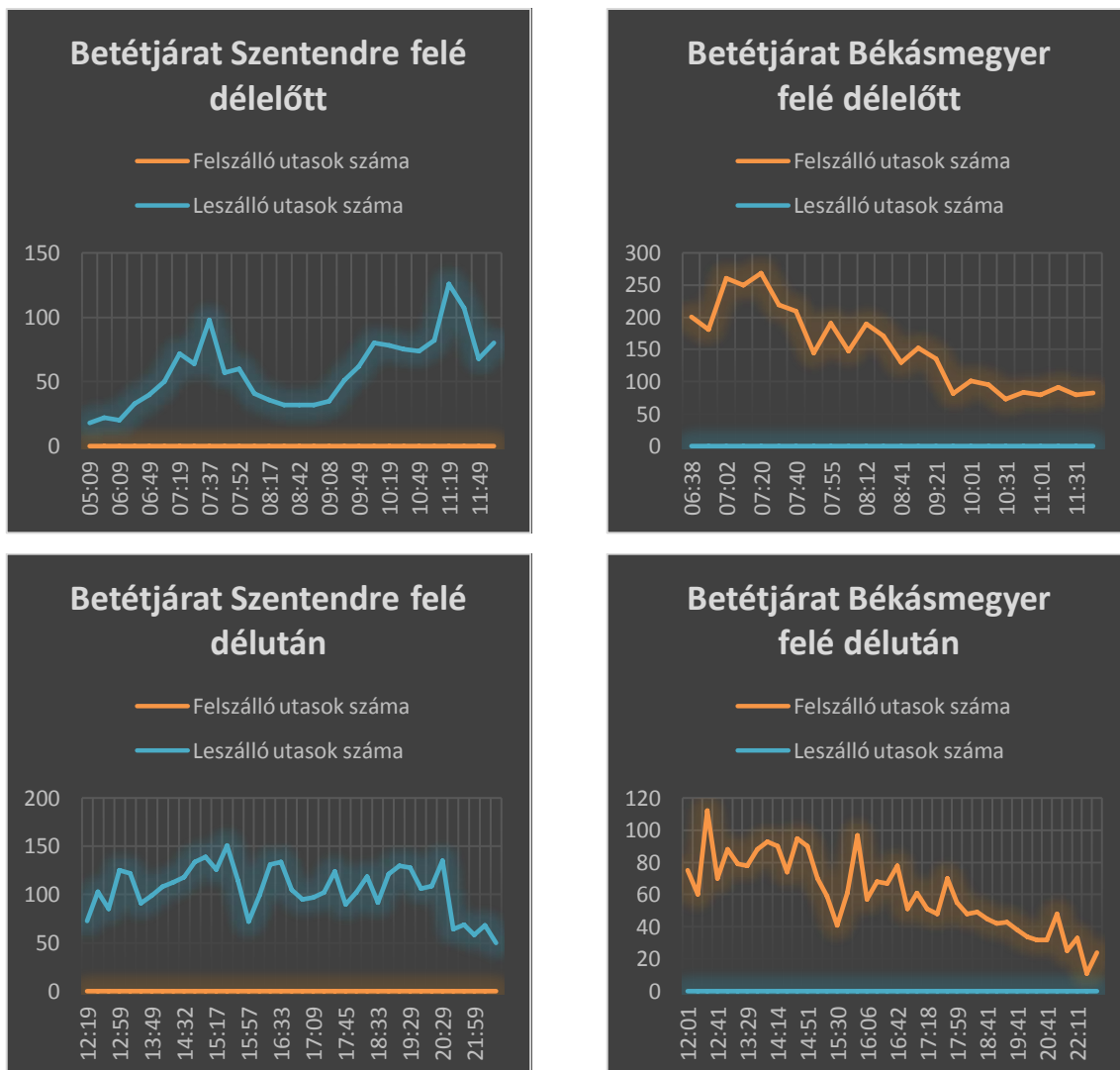
A pomázi állomás vizsgálata során egyértelművé vált, hogy a pontosabb meghatározás érdekében nem elegendő csak irányonként szétválasztani a terheltségi diagrammokat, hanem napszakokra is kell bontani. A békásmegyeri megálló utasforgalmi számításai alapján az alábbi diagramokat készítettem el:



46. ábra: Békásmegyer megálló terheltség
(Forrás: Saját szerkesztés)

A diagramok átláthatatlanságának oka, hogy Batthyány tértől Békásmegyerig közlekedik betétjárata a H5 HÉV-nek, ez azt eredményezi, hogy a Batthyány tér felé

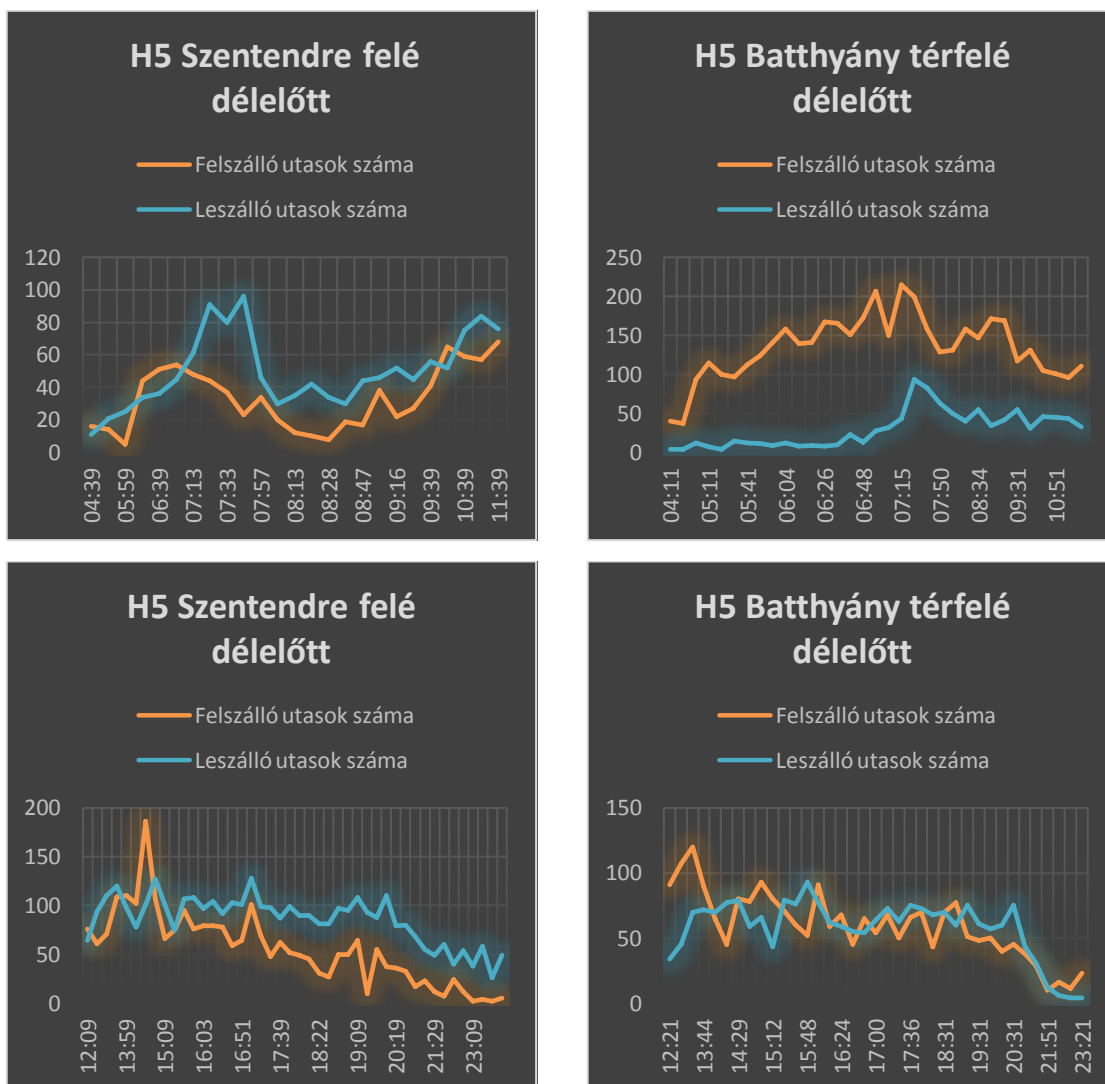
közlekedő minden második szerelvény leszálló utas mennyisége, valamint a Szentendre felé közlekedő minden második szerelvény felszálló utas mennyisége nulla. A jobb átláthatóság érdekében célszerű külön-külön vizsgálni a hosszú és betétjárat utasforgalmát.



47. ábra: Békásmegyeri betétjárat utasforgalmi adatai

(Forrás: Saját szerkesztés)

Az alapjárat utasforgalmának alakulását a békásmegyeri megállónál a 48. ábra szemlélteti.



48. ábra: H5 Alapjárat utasforgalma Békásmegyer állomáson

(Forrás: Saját szerkesztés)

A diagramok alapján meghatározott értékeket a 7. táblázatban foglaltam össze

7. táblázat: Békásmegyer állomás tervezési adatai

(Forrás: Saját szerkesztés)

Irány:	Batthyány tér		Szentendre	
Csúcsidők:	De.: 06:29- 09:00		Du.: 14:20- 18:20	
	Felszállók száma [Fő/Szerelvény]	Leszállók száma [Fő/Szerelvény]	Felszállók száma [Fő/Szerelvény]	Leszállók száma [Fő/Szerelvény]
λ_{max}^{De}	369	93	54	98
λ_{max}^{Du}	97	93	186	1546
$\bar{\lambda}_{max}^{De}$	243	63	47	88
$\bar{\lambda}_{max}^{Du}$	94	81	119	138
$\bar{\lambda}_e$	138			
$\bar{\lambda}_k$	10			
λ	148			
t_k	12 perc			
μ	20 fő/perc			
n	8 db			

A legsűrűbb járatkövetés igaz, hogy 6 perc, azonban az az alap és betétjárat közös követési ideje. Mivel a legnagyobb leszálló utasmennyiség Szentendre irányába került rögzítésre, ezért csak az alapjárat követési idejét veszem figyelembe a felszálló utasok számából adódó $\bar{\lambda}_k^y$ érték meghatározása esetében, hiszen a betétjárat Békásmegyer állomáson fog vissza Batthyány tér felé, ezért nem végez innentől Szentendre állomás irányába utasszállító tevékenységet. Vezérlő egységet külön nem kalkuláltam a végső darabszámhoz, ugyanis a darabszám az erősebb irányra, azaz Szentendre felé lett meghatározva és az utasforgalom szempontjából gyengébb irányba is ugyannyi eszköz kerül telepítésre. A meghatározott csúcsértékhez tartozó λ érték 97 [Fő/ szerelvény].

A 4. fejezetben ismertetett matematikai paraméterek kiszámítása az utasforgalom szempontjából erősebb irányra:

- ρ : 0,925. azaz *ergodikus*
- P_0 : 0,0017 (1) alapján
- Q : 60,748 (3) alapján
- n_- : 7,4 (4) alapján
- T_s : 0,41 (6) alapján

Matematikai paraméterek kiszámítása Batthyány tér M+H irányába:

- ρ : 0,6063. azaz *ergodikus*
- P_0 : 0,1727 (1) alapján
- Q : 5,17 (3) alapján
- n_- : 4,85 (4) alapján
- T_s : 0,09 (6) alapján

Ezen értékek alapján látható, hogy van benne beépített tartalék, így külön plusz eszköz hozzáadási nélkül a kiépített eszközökből kiválasztható bármikor egy validátor, mely ellátja a vezérlő szerepet. Így a Batthyány tér M+H irányba közlekedő szerelvények le,- illetve felszálló utasforgalmának kiszolgálását 7 validátor végzi. Ennek elégségességének megállapításához szükséges ismét kiszámolni a vonatkozó matematikai paramétereket, melyek az alábbiak szerint változnak:

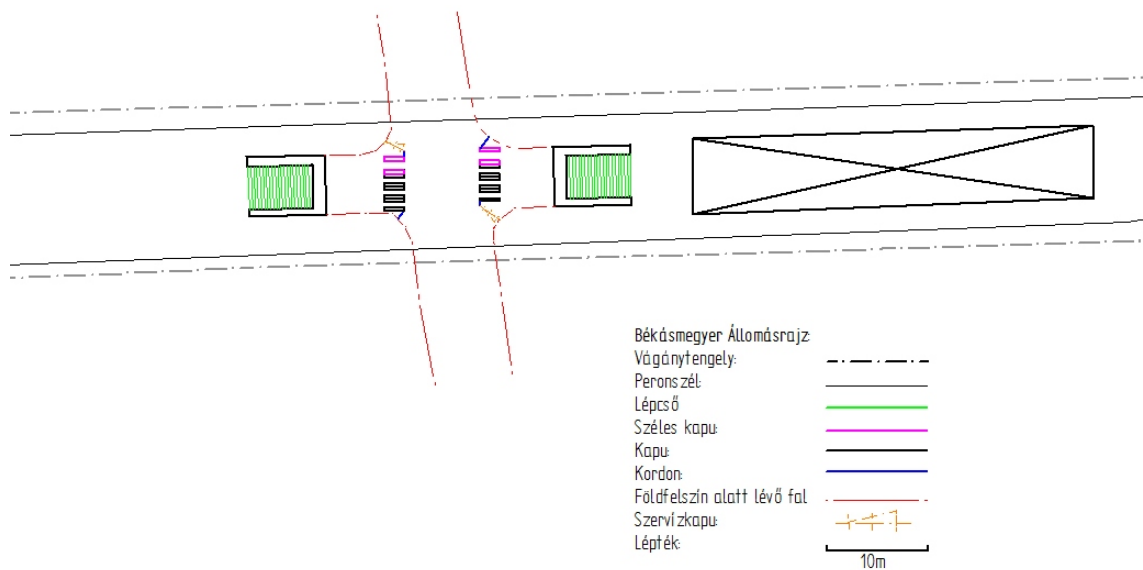
- ρ : 0,6929. azaz *ergodikus*
- P_0 : 0,09728 (1) alapján
- Q : 8,95 (3) alapján
- n_- : 4,85 (4) alapján
- T_s : 0,05 (6) alapján

A számításokat elvégezve elmondható, hogy matematikailag elegendő tehát az irányonként elhelyezett 8-8 darab validátor.

5.3.2 Eszköz topológia variációk

a) Kapuval történő lezárás aluljáróban

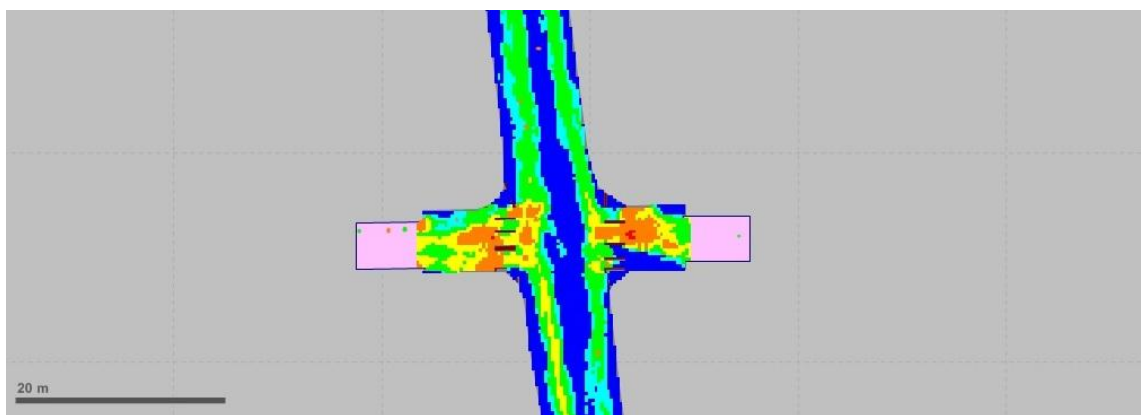
Mivel a peron területe csak aluljárón keresztül közelíthető meg könnyen adódik a kapuval történő beléptetés lehetőségének kiépítése. Az egyik megvalósítható megoldás, mikor a lépcsők aljánál, azaz az aluljáróban kerülnek elhelyezésre a beléptető kapuk. Az elrendezés alaprajzát a 49. ábrán szemléltetem



49. ábra: Aluljáróban elhelyezett beléptető kapuk. Békásmegyer H

(Forrás: Saját szerkesztés)

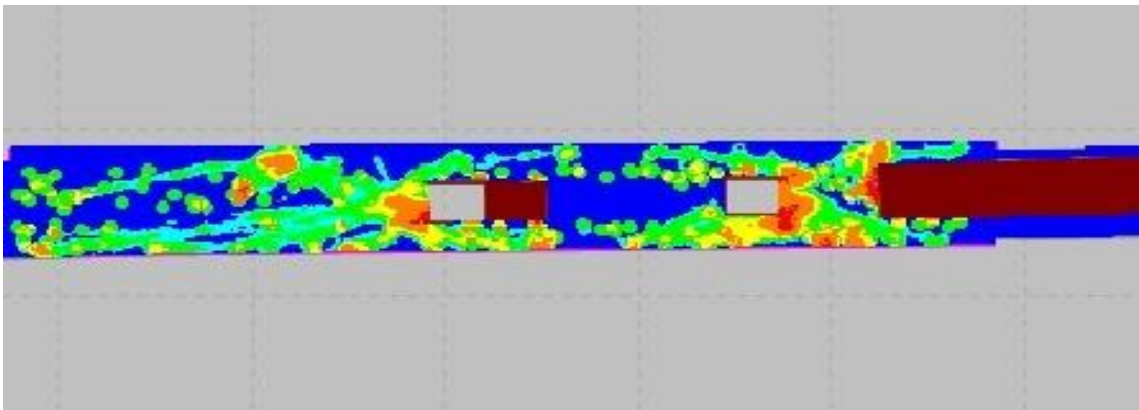
Az imént szemléltetett elhelyezés mikroszimulációs vizsgálatának eredményét az 50. ábra szemlélteti.



50. ábra: Aluljáróban, kapuval történő zárás mikroszimulációs vizsgálatának

eredménye (Forrás: Saját szerkesztés, VISSIM)

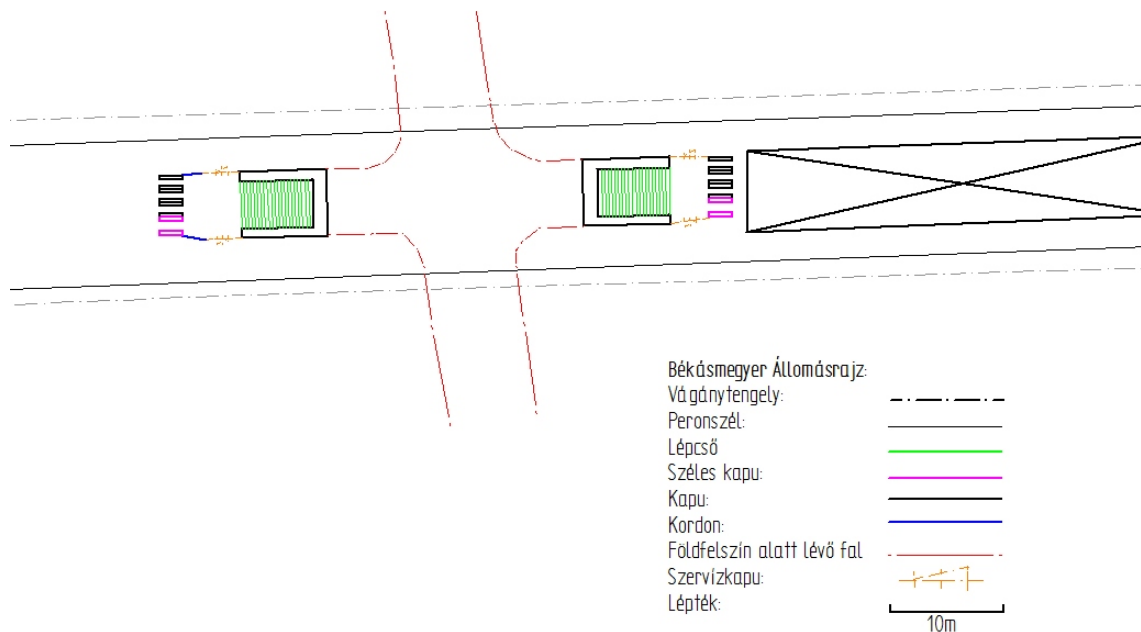
Jól látható, hogy a lenti szűk keresztmetszetekben viszonylag kis területen nagy utasmennyiség koncentrálódik, mely igen balesetveszélyes. Mint látható az alaprajzon is a megfelelő darabszám elhelyezéséhez a kapuk vonalát a fal síkjából kijebbi kellett húzni, ugyanis nincs meg a beépítéshez szükséges minimális szélesség. Ezzel nőtt a peronterületről levezető lépcsők alja, valamint a keresztező folyosó közötti távolság azonban, még mindig nagyon kevés, melynek következtében előfordulhat, hogy az utastömeg a lépcsőn, vagy már a felszínen a lépcső torkolatában feltorlódik. Ezért szükséges külön megvizsgálni a felszínen kialakuló torlódásokat. A vizsgálat eredményét az 51. ábrán szemléltetem.



51.ábra: Aluljáróban, kapuval történő zárás felszíni utasforgalomra gyakorolt hatásának mikroszimulációs vizsgálatának eredménye *(Forrás: Saját szerkesztés, VISSIM)*

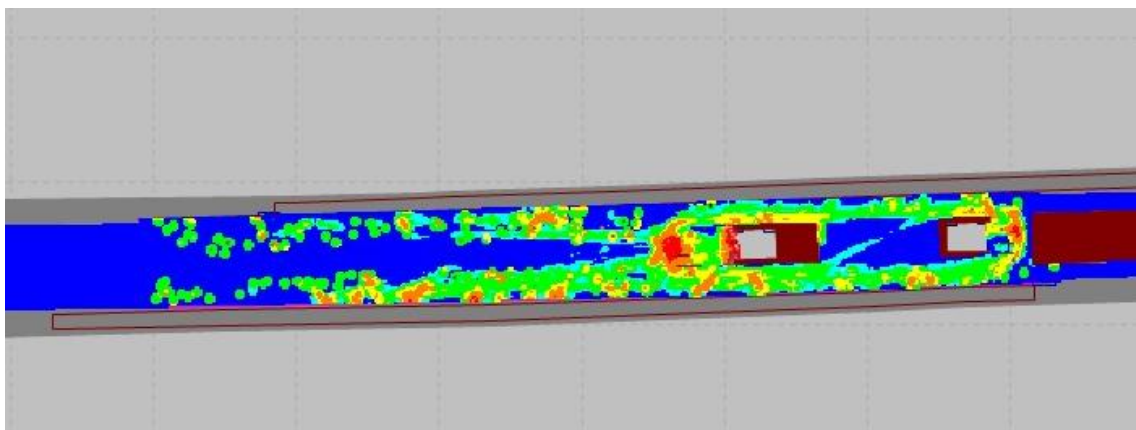
b) Kapuval történő lezárás a peronon, a lejárati lépcsők előterében

Mivel a beléptető kapuk aluljáróban történő elhelyezése alacsonyabb szolgáltatási szintet eredményez a földalatti, szűk keresztmetszetekben, ezért mivel a felszíni területi adottságok lehetővé teszik vizsgálandó egy olyan elhelyezési megvalósítás, mely esetében a beléptető kapukat a lejárati lépcsők torkolatába helyezjük. A biztonság növelése érdekében ebben az esetben lépcsőnként két-két szervizkapu is elhelyezhető. Az alaprajzot a 52. ábrán szemléltetem.



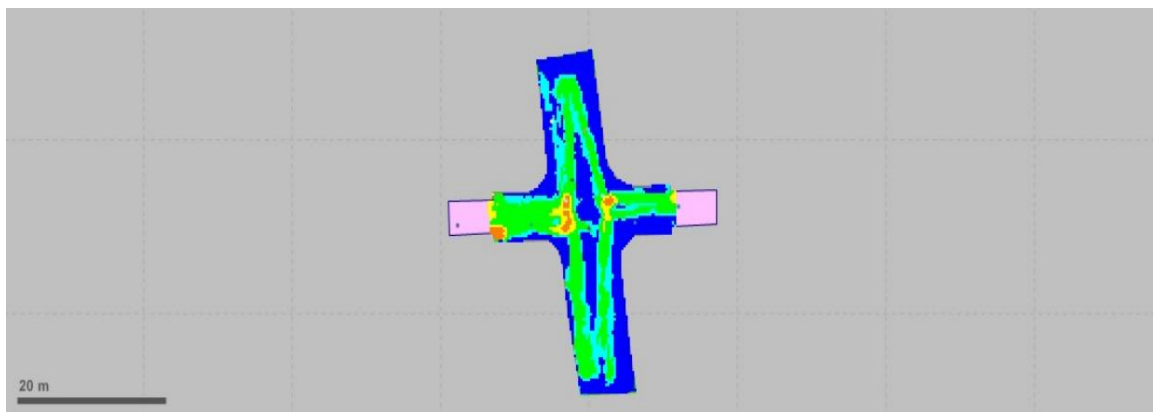
52. ábra: Felszínen, a lépcsők előterébe elhelyezett beléptető kapuk. Békásmegyer H
(Forrás: Saját szerkesztés)

Az 52. ábrán szemléltetett elrendezési ábra mikroszimulációs vizsgálatának eredményét az 53. ábrán szemléltetem. Először a peronszintet vizsgálom meg, mivel az a hipotézisem, hogy ott fog kialakulni nagyobb torlódás a lökésszerű érkező utasforgalom miatt.



53. ábra: Felszínen, a lépcsők előterébe elhelyezett kapukkal történő lezárás mikroszimulációs vizsgálatának eredménye (Forrás: Saját szerkesztés, VISSIM)

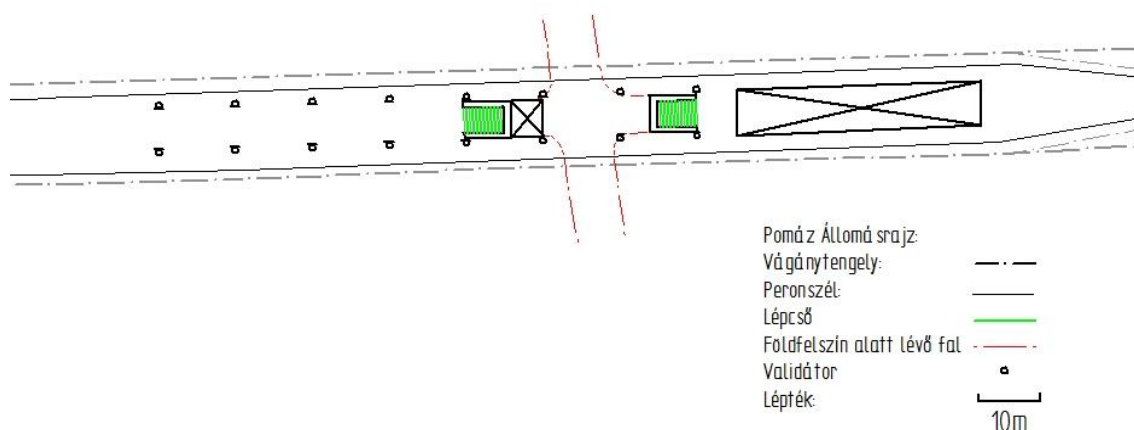
A terhelt területek jól kirajzolódnak, azonban, hogy az összehasonlítást el tudjuk végezni, szükséges külön megvizsgálni az aluljáró forgalmi viszonyait is. Vélhetően jobb lesz a gyalogos forgalom eloszlása, mint az első esetben, azonban kisebb torlódások. A vizsgálat eredményét a 54. ábra szemlélteti.



54.ábra: Felszíni kapus lezárás esetén, az aluljáró utasforgalmának mikroszimulációs vizsgálatának eredménye (Forrás: Saját szerkesztés, VISSIM)

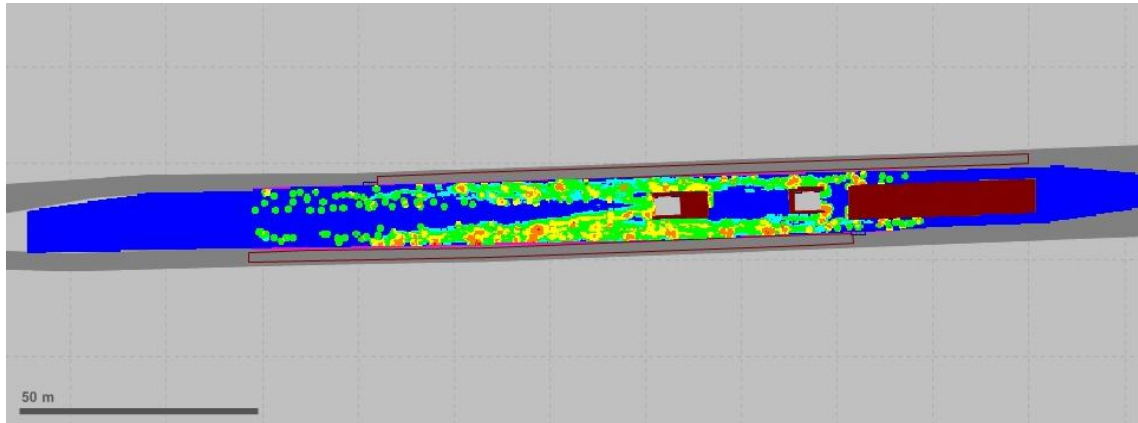
c) Peroni validátorokkal történő érvényesítés

A helyszíni felmérés tapasztalatai alapján könnyen megvalósítható lenne a peron mentén hosszában elhelyezett validátorokkal történő beléptetés, ugyanis ahogyan az a 38. ábrán is látszódik a peron kezdetétől a végéig egymástól egyenletes 6, 25m-es távolságban helyezkednek el a tetőszerkezet tartó oszlopai, melyekre könnyedén szerelhetők lennének a készülékek. Az oszlopok megfelelő távolságban helyezkednek el a peron szélétől (2,6 m) és a megszokott gyaloglási útvonalakba esnek, így a kiépítésének vizsgálata mindenképpen célszerű. Ebben az esetben azonban a számított szükséges eszköz darabszám kétszeresére van szükség, hogy felesleges többlet gyaloglás megtételére ne kényszerítsük az utasokat, valamint a megjelenő forgalom a lehető legjobban diverzifikálódjon. A kiépítés alaprajzát az 55. ábrán szemléltetem. A rajzon csak azokat a tartóoszlopokat jelölöm, melyekre felszerelésre kerül validátor.



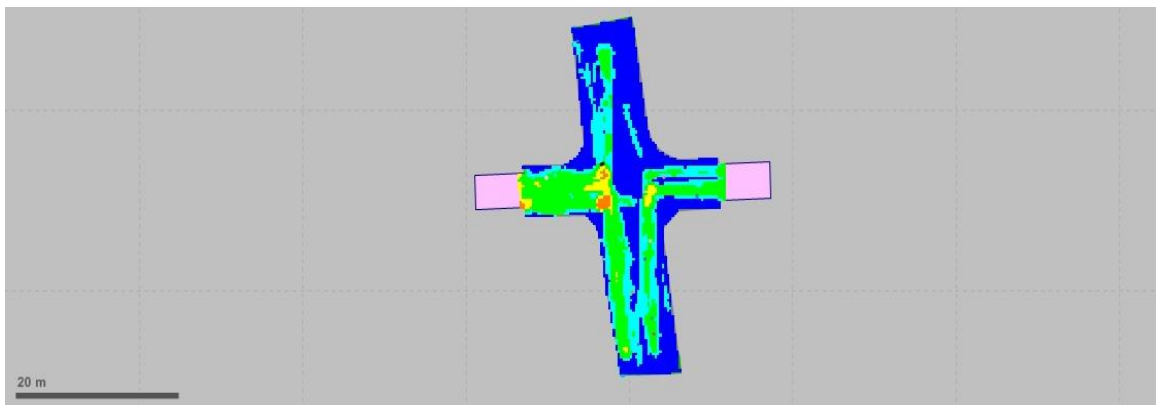
55. ábra: Peron szélén elhelyezett validátorokkal történő beléptetés (Forrás: Saját szerkesztés)

Ezen elrendezés vélhető előnye, hogy a szűk lépcső keresztmetszet helyett egy nagyságrendekkel nagyobb területen oszlik meg az érvényesíteni szándékozótömeg, így várhatóan nem alakulnak ki nagyobb tömörülések, hanem egy homogénebb megállóterhelést kapunk. A mikroszimulációs vizsgálat eredményét az 56. ábra szemlélteti.



56. ábra: Peronon elhelyezett validátoros megvalósítás mikroszimulációs vizsgálatának eredménye *(Forrás: Saját szerkesztés, VISSIM)*

A megvalósítás értékeléséhez szükséges az aluljáró utasforgalmi terheltségét is külön megvizsgálni, ugyanis annak lejárataiban helyezkednek el a legkritikusabb szűk keresztmetszetek, melyek egyben a legbalesetveszélyesebbek is. A mikroszimulációs vizsgálat eredményét az 57. ábrán mutatom be.

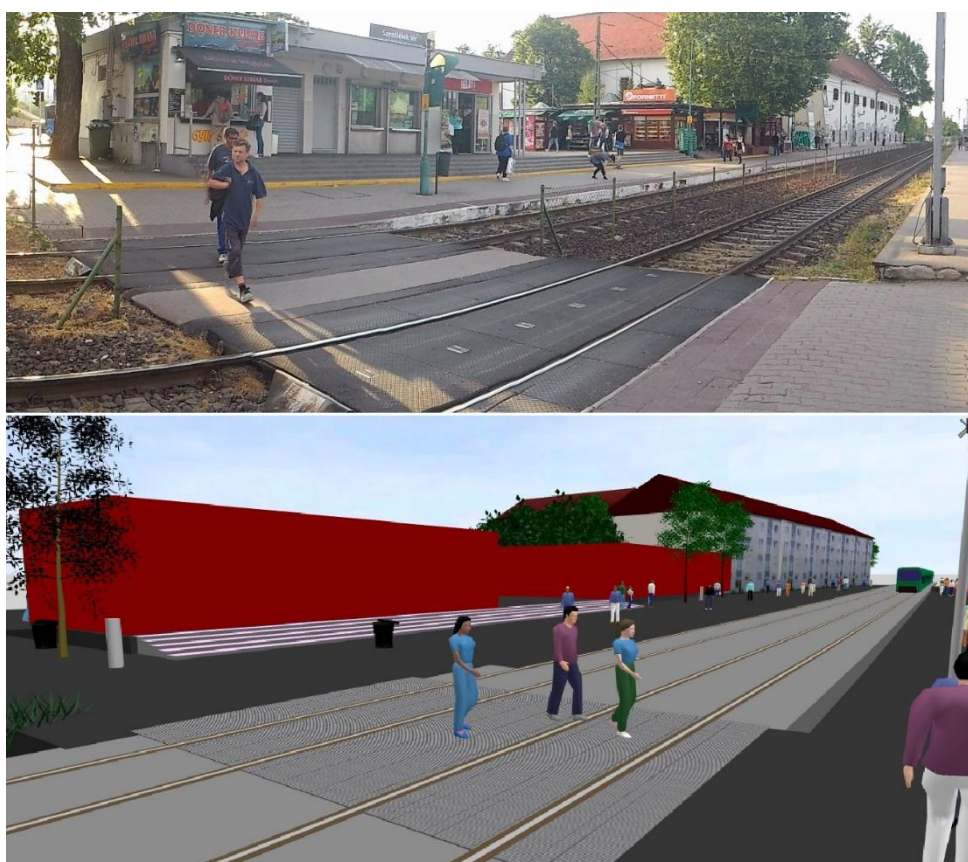


57. ábra: Peronon elhelyezett validátorokkal történő megvalósítás aluljáró utasforgalmára gyakorolt hatásának mikroszimulációs vizsgálatának eredménye *(Forrás: Saját szerkesztés)*

Amint a mikroszimulációs vizsgálat is igazolta a validátoros megvalósítás kiépítésével elkerülhetők az aluljáróban, valamint lépcsőn kialakuló balesetveszélyes feltorlódások.

5.4 Szentlélek tér H

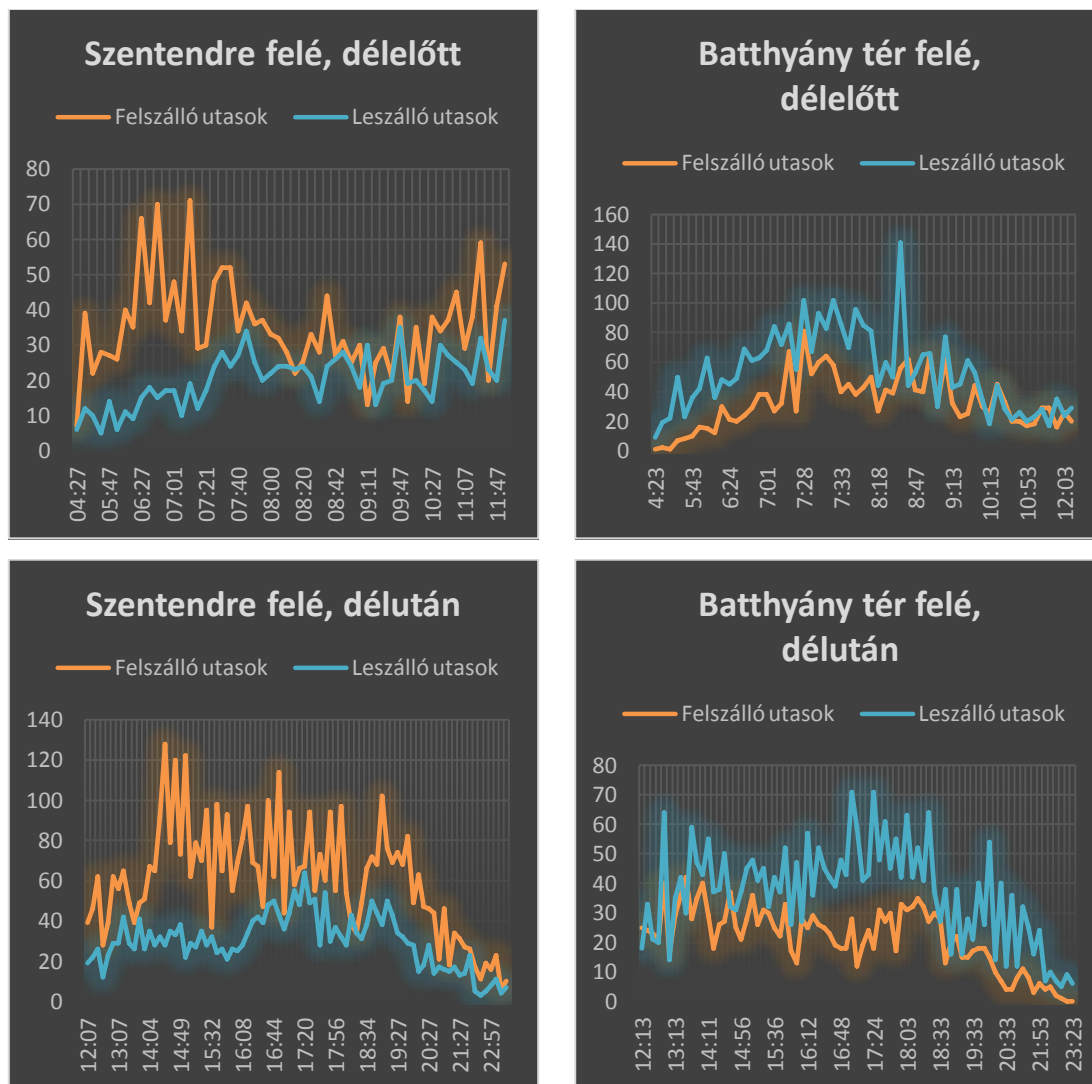
Az Árpád híd budai hídfőjénél elhelyezkedő megálló egész napos nagy utasforgalma, valamint az építészeti kialakítás miatt vizsgálándó. Ugyanis annak ellenére, hogy a földfelszínen helyezkedik el kellően elkerítet a megálló terület egy esetleges kapuval történő lezáráshoz. A megoldás azonban mégsem javasolt mivel a H5 HÉV szolgáltatásait használni nem kívánó, a területen csak áthaladó utasok mozgási szabadságát nagymértékben korlátoznánk, ezért csak validátoros variációk megvalósíthatóságát vizsgálom a továbbiakban.



58. ábra: A terepbejáráson rögzített, valamint a VISSIM környezetben létrehozott Szentlélek tér H megállóterület összevetése *(Forrás: Saját szerkesztés)*

5.4.1 Számítás

A csúcsforgalom meghatározásához használt utasforgalmi adatok alapján az alábbi grafikonokat készítettem el:



59. ábra: Szentlélek tér H megállóterheltség

(Forrás: Saját szerkesztés)

A tervezéshez szükséges paramétereket ezen grafikonok segítségével, a már fentebb ismertetett módszer segítségével határoztam meg, melynek eredményeit a 8. táblázatban foglaltam össze.

8. táblázat: Szentlélek tér H tervezési adatai

(Forrás: Saját szerkesztés)

Irány:	Batthyány tér		Szentendre	
Csúcsidők:	De.: 06:00- 09:00		Du.: 14:20- 18:20	
	Felszállók száma [Fő/Szerelvény]	Leszállók száma [Fő/Szerelvény]	Felszállók száma [Fő/Szerelvény]	Leszállók száma [Fő/Szerelvény]
λ_{max}^{De}	81	141	71	34
λ_{max}^{Du}	37	71	128	71
$\bar{\lambda}_{max}^{De}$	67	107	63	29
$\bar{\lambda}_{max}^{Du}$	35	65	117	55
$\bar{\lambda}_e$	107			
$\bar{\lambda}_k$	12			
λ	119			
t_k	6 perc			
μ	20 fő/perc			
n	6 db			

A 4. fejezetben ismertetett matematikai paraméterek kiszámítása:

- ρ : 0,9917. azaz ergodikus
- P_0 : 0,0007 (1) alapján
- Q : 593,2073 (3) alapján
- n_- : 5,95 (4) alapján
- T_s : 4,9849 (6) alapján

Ezen értékek alapján egyértelművé válik, hogy a matematikailag kiszámított eszköz darabszám elégtelen a jelentkező maximális utasforgalom megfelelő szintű lebonyolításához, ezért szükséges a telepítendő eszközök számát növelni. Így 6 helyett 7-re emelem az eszközök számát, majd újra meghatározom a minősítő paramétereket.

Megnövelt darabszámmal számított minősítő paraméterek:

- ρ : 0,85. azaz *ergodikus*
- P_0 : 0,0135 (1) alapján
- Q : 26,6940 (3) alapján
- n_- : 5,95 (4) alapján
- T_s : 0,2243 (6) alapján

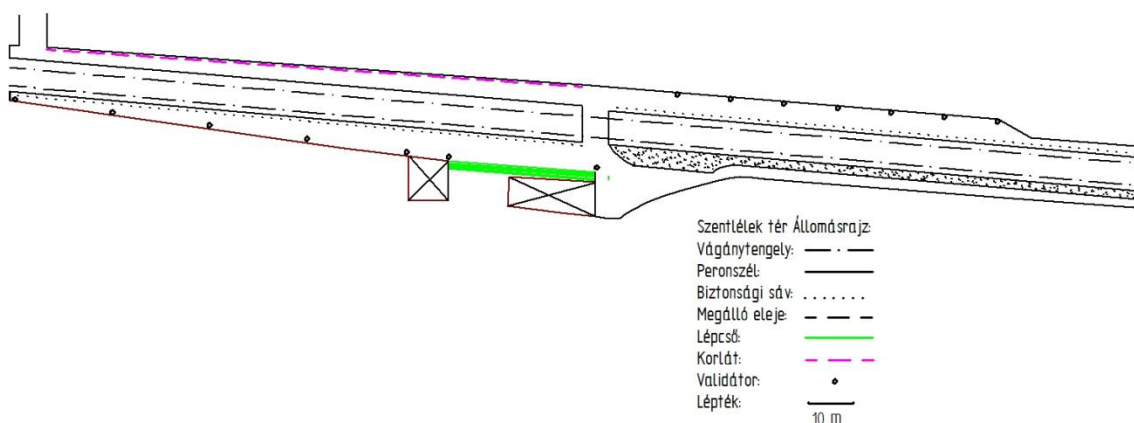
A 7-7 darab validátor már elégnek bizonyul irányonként. Vezérlő egységet ebben az esetben sem kalkuláltam külön, hanem a vizsgált napszakban az utasforgalom szempontjából gyengébb irányba is a legnagyobb forgalomra tervezett eszköz darabszámot tervezem.

A számolást elvégezve nyilvánvaló, hogy plusz készülék elhelyezése nem szükséges. A meglévő kapacitásból egy validátort kijelölhetünk vezérlőként a kevésbé forgalmas oldalon. Mivel a „master” készülékek kiválasztásának dinamikusak kell lennie, így az sem jelent problémát, ha napszakonként megváltozik a magasabb érkezési intenzitással rendelkező irány, mert akkor a másik oldalról vonunk el kapacitást és ott kerül kinevezésre a vezérlőeszköz.

5.4.2 Eszköz topológia variációk

a) Peron széleken sorban elhelyezett validátorok

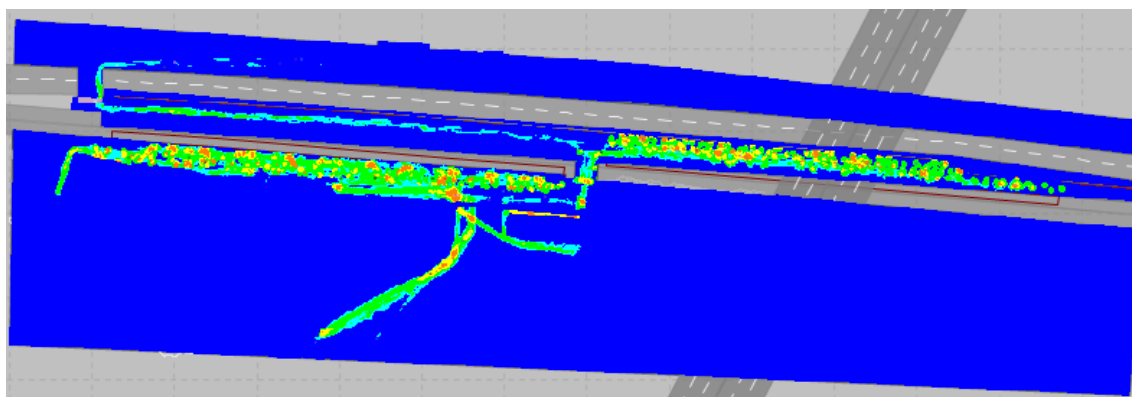
A legegyszerűbbnek tűnő megoldás, ha a szükséges validátor darabszámot irányonként a peron vágánytengelytől távolabb eső szélére telepítjük, ugyanis igaz, hogy így minimálisan növeljük a gyaloglási utakat, azonban így a legkisebb a valószínűsége az esetleges vágányra torlódásnak, valamint a korábbi check out visszaéléseknek. Ennek megfelelően a 60. ábrán bemutatom az általam tervezett elrendezést.



60 ábra: Peronszálen elhelyezett validátorok. Szentlélektér H

(Forrás: Saját szerkesztés)

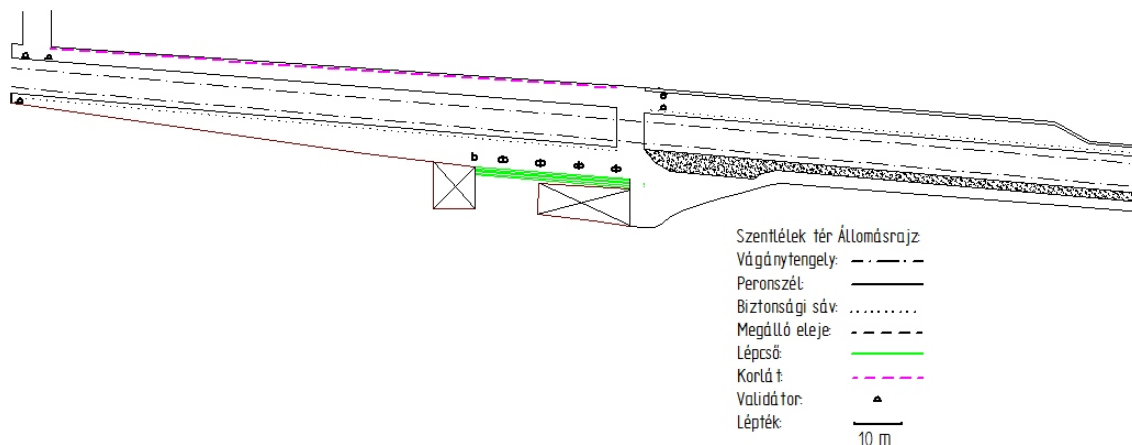
A peronok területét megközelíteni és elhagyni is több útvonalon lehetséges, ennek megfelelően úgy kell elhelyezni az érvényesítő eszközöket, hogy bármely útvonalat is válassza az utas, a lehető legkisebb többlet gyaloglással legyen lehetősége érvényesíteni. Minél nagyobb területen helyezzük el a validátorokat, annál kisebb a valószínűsége kialakuló tömörüléseknek, azaz annál nagyobb szolgáltatási szint biztosítható. A vázolt elrendezés mikroszimulációs vizsgálatának eredményét a 61. ábra szemlélteti.



61. ábra: Peronszélen elhelyezett validátoros megvalósítás mikroszimulációs vizsgálatának eredménye (*Forrás: Saját szerkesztés, VISSIM*)

b) Lépcsőlejárathál elhelyezett eszközök

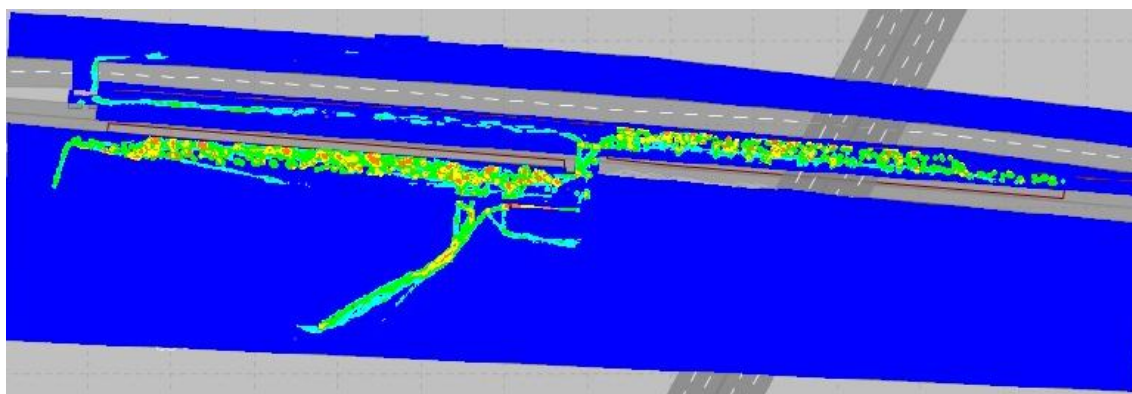
Az elrendezést úgy terveztem meg, ahogy egy esetleges beléptetőkapus megvalósítást helyeznék el, azonban ebben az esetben nem korlátozzuk a területen csak áthaladni szándékozó gyalogosokat mozgásukban. Az elrendezés alaprajzát a 62. ábrán mutatom be.



62. ábra: Bejáratoknál elhelyezett validátorok. Szentlélek tér H

(Forrás: Saját szerkesztés, VISSIM)

Várhatóan a rendelkezésre álló területen ezáltal kevésbé homogénen oszlanak meg az utasok, azonban a nagyobb érkezési intenzitással rendelkező Batthyány tér irányú peron gyorsabb kiürülése is elképzelhető. A Szentendre irányú utasok nem tudnak közvetlenül a felszállást megelőzően, illetve a leszállást követően érvényesíteni, azonban a helyi tapasztalatok alapján minden gyaloglási irányba helyeztem érvényesítő eszközt. Az elrendezés mikroszimulációs vizsgálatának eredményét a 63. ábra szemlélteti.



63. ábra: Bejáratoknál elhelyezett validátoros megvalósítás mikroszimulációs

vizsgálatának eredménye (Forrás: Saját szerkesztés, VISSIM)

6 Értékelés

Ebben a fejezetben javaslatot teszek az 5. fejezetben vizsgált megálló kiépítési megvalósítására. Felhasználva a szimuláció során kapott eredményeket, valamint figyelembe véve az egyes megvalósítások költségének alakulását eszköz darabszámot illetően. Az eszközök költségei összehasonlításához használt árakat a 9. táblázat tartalmazza.

9. táblázat: Projekt elemek egységárai

(Forrás:[7])

Tétel	Egységár [EUR]
Kártyák, kártyakibocsátás	1,5
Érvényesítő eszközök (járműveken és peronokon elhelyezett) szállítása, telepítése	1000
Jegyautomaták szállítása, telepítése	25000
Alágazati elosztó szerverrendszerek szállítása, üzembe helyezése (metró- és HÉV-állomások, telephelyek)	20000
Beléptető kapuk szállítása, szerelése (M1, M2, M3, M4, kiemelt HÉV állomások)	30000

6.1 Pomáz H

A megálló nyitottsága miatt a kapus beléptető rendszer javaslata fel sem merült, ugyanis a megfelelő lekerítés túl magas építészeti költséggel járna, míg ha nem lenne megfelelően körbezárva kerítéssel a peronterület, elképzelhető lenne, hogy néhány utas a vágányokon keresztül bejutva kísérelné meg a felszállást. Tehát csak olyan eshetőségeket vizsgáltam mikor az utasmédia érvényesítés validátorok segítségével történik. A három vázolt kiépítés eszközigénye megegyezik, így a kiépítendő változat kiválasztását nem a költségek alapján fogom elvégezni. A 9. táblázat alapján számítva a Pomáz H megálló validátorokkal történő felszerelésére fordítandó összeg 7000 EUR.

Javaslatom az a) pontban ismertetett elrendezés kiépítése, mivel a peron teljes hosszában egyenletes távolságonként vannak elhelyezve villanyoszlopok, melyekre könnyedén felszerelhetők az olvasófejek. Több szempontból is előnyös lenne ez a fajta

megoldás, ugyanis a területen homogén eloszlásban kerülnének elhelyezésre az eszközök. Ha a későbbiek során oly nagymértékben megváltoznának az utazási szokások, hogy a telepített validátorok már nem tudnák a kívánt szolgáltatási minőségben kiszolgálni az utazóközönséget, abban az esetben könnyen növelhető a kapacitás, hiszen egy oszlopra akár több validátort is szerelhetünk, így csökkentve a szükséges sorbanállási időt. További előnye ennek a tervezetnek, hogy az oszlopok már régóta ott helyezkednek el a peron közepén, az emberek megszokták már a jelenlétüket, nem lesz szükségük újabb tereptárgyak kerülgetésére.

Az oszlopok egyenletes elhelyezkedésének köszönhetően a tömeg eloszlása is relatív homogén. Az átjáró közvetlen előterében, főleg a kezdeti időszakban vélhetően többen próbálkoznak majd érvényesítéssel, mint ahogyan azt a mikroszimuláció is mutatta, azonban remélhetőleg ahogyan megszokják az utasok az új közlekedési rendet úgy használják ki a rendelkezésre álló többi kapacitást is.

Az említett elrendezés legnagyobb előnye a b) és c) változattal szemben, hogy ebben az esetben alakul ki a legkisebb valószínűséggel torlódás az átjáróban.

Hátránya azonban a b) és c) elrendezéssel szemben, hogy a visszaélések lehetősége nagyobb, ugyanis elegendő közelségben ~2,2m-re helyezkednek el az eszközök a peron szélétől, így fenn áll a veszélye az esetleges menet közbeni „check out”-nak, azonban vélhetően az elektronikus jegyrendszer közlekedési morál formáló hatása, valamint az ellenőrzések hatékonyságának javulása megoldja ezt a problémát.

6.2 Békásmegyer H

A békásmegyeri megálló esetében már fontos és vizsgálandó a beruházási költségek közötti különbségek, melyek az alábbiak:

- a) Kapuval történő lezárás aluljáróban: 240000 EUR
- b) Kapuval történő lezárás peronon: 240000 EUR
- c) Peroni validátorokkal történő érvényesítés: 16000 EUR

A kapuval történő lezárási megoldások azon kívül, hogy nagyságrendekkel drágábbak egyéb okból sem felelnek meg a tervezést megelőzően megfogalmazott irányelveknek.

Az a) esetben a mért utasforgalomnak megfelelő mennyiségű beléptető kapu, csak oly módon helyezhető el, ha azokat kiemeljük az aluljáró falának a síkjából, amint az a 49. ábrán is látszik, ezáltal tovább szűkítve a keresztirányú alagutat.

További nagy hátránya a kialakításnak, hogy a keletkező torlódás a lehető legszűkebb keresztmetszetben keletkezik, valamint előfordulhat, hogy a tömeg a lépcsőre torlódik vissza, mely nagyon balesetveszélyes.

Tűz és biztonságtechnikai okokból mindkét oldalon elhelyezésre került szervíz kapu, azonban biztonságosabb, ha a felszínen helyezze el az érvényesítő berendezéseket.

A b) eset előnyösebb az a)-nál annyival, hogy a felszínen jönnek létre az esetleges torlódások, tömörülések, azonban ebben az esetben is fennáll a veszélye a lépcsőkön kialakuló torlódásnak, valamint amint az a 45. ábrán is látható a bal oldali lépcső valamint a jegyértékesítő iroda között túl kevés a rendelkezésre álló hely (6 m), mely szintén kockázatos és nem ergonomikus utasforgalmi szempontból. Megoldás lehet, ha az épület lépcsőhöz közelebb eső feléből elbontatásra kerülne egy minimum 3 méteres rész. Abban az esetben utasforgalmi és biztonságtechnikai szempontokból elfogadható lenne a terv, így azonban nem javasolt a megvalósítás.

A leginkább megfelelő megoldás a c) pontban bemutatott elrendezés. Jóval kedvezőbb a kiépítése, hiszen a validátorok egységára töredéke a beléptető kapuknak, valamint a tetőszerkezetet tartó oszlopok jól felhasználhatók ezen eszközök elhelyezésére.

Az oszlopok egymástól egyenlő távolságra 6,25m-re helyezkednek el, így a leszálló, valamint felszálló utastömeg jól differenciálódhat, az érvényesítés folyamata gyorsabban végbemehet kevesebb idővesztéssel.

A peron szélétől megfelelő, 2,6m-es távolságra helyezkednek el, így az előbb történő check out lehetősége minimális.

Az oszlopok jelenléte az utasok számára már megszokott, kerülésükhöz nincs szükség új rutin kialakítására, az érvényesítéshez szükséges többlet gyaloglás minimális.

A közlekedést kezdő, illetve befejező utasok eloszlása ennél a megoldásnál a leghomogénebb. A felszínen lévő peron terület ebben az esetben van a legnagyobb mértékben kihasználva, ahogyan az 56. ábrán látható. Nem alakulnak ki nagy tömörülések csak kisebb lokális csoportok az érvényesítő eszközök környezetében. A kritikus szűk keresztmetszetek, mint a lépcsők és az aluljáró utasforgalmi terhelése ennél az elrendezésnél a legalacsonyabb, így tűz és balesetvédelmi szempontból a c) pontban vázolt elrendezés mondható a legbiztonságosabbnak. Sajnos a jegynélküli utazás valószínűsége nagyobb, azonban az e-ticket rendszer közlekedési kultúra formáló hatása, valamint a hatékonyabb ellenőrzés remélhetőleg minimalizálja az ilyen típusú visszaélések előfordulását.

Minden szempontot figyelembe véve a c) pontban bemutatott elrendezést javaslom kiépítésre.

6.3 Szentlélek tér H

Amint az 5.4 fejezetben is írtam a helyszín helyszíni adottságok nem teszik lehetővé, hogy alacsony építési költségek mellett beléptető kapus utasmédia érvényesítő rendszer kerüljön kiépítésre. Így csak validátoros megvalósításokat vizsgáltam.

Mind a két vizsgált esetben az eszközökre fordítandó költség azonos 140000 EUR.

Az a) megoldás esetében igyekeztem a validátorokat oly módon pozícionálni, hogy a helyi sajátosságok figyelembevétele mellett a rendelkezésre álló megállóterületet a lehető legjobban lefedjem.

Szándékosan nem helyeztem az átjáró közvetlen vonzáskörzetébe validátorokat, megelőzve a vágányokon esetlegesen kialakuló gyalogos torlódást.

A peron szélétől kellő távolságban vannak a korábbi check out visszaélések elkerülése végett.

Mivel a megálló a 0. zóna határán belül helyezkedik el, így előfordulhat olyan utazás mely 30 perces menetjeggyel történik és nem lépi át a zónahatárt, ezért fontos lehet, hogy maga a check in időben mikor történik. A vázolt elrendezés lehetőséget biztosít az utas számára, hogy felszálláskor közvetlenül az ajtónyitást megelőzően érvényesítse az utazásra jogosító díjterméket. Vélhetően az elektronikus jegyrendszer bevezetésével megmarad a bérlettel utazók részaránya, sőt talán tovább nő kedvező tarifapolitikával, azonban fontos, hogy ne büntessük a jeggyel utazókat azzal, hogy az utazásra jogosító időtartam a peronon a szerelvényt várva teljen, melynek következtében akár a vonatút befejeztével nem szállhat át más közlekedési eszközre, csak egy újabb díjtermék felhasználása ellenében.

A b) kiépítési változat esetében a megállóterület belépési pontjaihoz igyekeztem elhelyezni a validátorokat. A cél, hogy a veszélyes területet, azaz a peront a lehető leggyorsabban elhagyják az utasok és attól távolabb történjen az érvényesítés. Minden esetben úgy határoztam meg az eszközök helyét, hogy az a helyszíni szemle során tapasztalt gyaloglási útvonalakba essen. Az utasforgalom szempontjából erősebb keresztmetszetekbe nagyobb kapacitást helyeztem.

A visszaélések valószínűsége kisebb, mint az a) esetben, azonban az említett esélyegyenlőség a jeggyel utazók esetében nem valósul meg maradéktalanul. Ebben az

esetben ugyanis nem tudják az érvényesítést az utolsó pillanatokban elvégezni, így egy esetleges forgalmi zavar esetén anyagi káruk keletkezhet.

A lépcső aljánál az igényekhez igazított kapacitás koncentráció gyorsítja az utasáramlást, azonban amint az 55. ábrán is látható, ha kismértékben is, de nagyobb valószínűséggel alakul ki tömörülés a lépcsőn és annak közvetlen előterében.

Minden eddig említett szempont alapján az a) pontban szemléltetett elrendezést javaslom megvalósításra.

A 10. táblázatban rögzített átlagos értékek úgy adódtak, hogy a mérőablakot, vagy mérőablakokat az adott megálló kritikus területeire helyeztem el, valamint a vizsgálatot 2000 másodpercig futtattam. Az ezalatt mért értékek átlagát pedig az alábbi módon foglaltam össze:

10. táblázat: Kiépítési változatok összehasonlítása

(Forrás: Saját szerkesztés, VISSIM)

Elrendezési variáció	Szükséges eszköz szám	Átlagos gyalogos sűrűség [Fő/m ²]	Átlagos utas szám	Átlagos idővesztesség [s]	Átlagos gyaloglási sebesség [m/s]	Átlagos szolgáltatási szint	Eszköz ár [EUR]
5.2.2/a	7	0,12	83,79	17,36	0,24	A	7000
5.2.2/b	7	0,10	74,61	13,31	0,14	A	7000
5.2.2/c	7	0,10	66,16	8,8	0,15	A	7000
5.3.2/a	8	0,09	9,03	3,08	0,5	A	240000
5.3.2/b	8	0,11	11,57	5,82	0,68	A	240000
5.3.2/c	16	0,07	23,01	0,07	0,78	A	16000
5.4.2/a	14	0,06	91,78	7,02	0,31	A	14000
5.4.2/b	14	0,06	84,60	7,25	0,97	A	14000

Összefoglalás

Dolgozatom célja a Budapestre tervezett Elektronikus jegyrendszer HÉV megállóiba tervezett beléptető eszközök számának, valamint elhelyezési módjának meghatározására kidolgozni egy olyan döntéstámogató eljárást, mely dinamikusan képes kezelni a bemeneti paraméterek esetleges változását.

Az modell kidolgozása során a célom az volt, hogy a rendszer felépítését, valamint a háttérben zajló folyamatokat a lehető legrészletesebben feltárjam és ismertessem, ugyanis ez elengedhetetlen a pontos tervezés kivitelezhetőségéhez.

Kezdetnek fontosnak találtam bemutatni a díjbeszedő rendszerek evolúcióját, a rendszereszközök működésének, valamint a rendszer logika fejlődésének megértéséhez.

Dolgozatom további részében igyekeztem a Budapestre tervezett rendszer lehető legrészletesebb bemutatására. A Budapesti Közlekedési Központ Üzletfejlesztési és Ügyfél-kommunikáció szakterület munkatársainak köszönhetően betekintést kaptam a kivitelezés alatt álló projektbe, így a dolgozatomban részletesen tudtam ismertetni a rendszereszközökkel szemben támasztott műszaki elvárásokat, valamint a kiépítendő rendszerarchitektúrát. A műszaki és logikai rendszerinformációk birtokában elengedhetetlennek tartottam az alkalmazni kívánt díjszabási stratégia megismerését és azt követő ismertetését. A bevezetendő új menetdíj rendszer ugyanis nagymértékben befolyásolja a dolgozatom elsődleges feladataként kitűzött díjtermék érvényesítő berendezések számának meghatározását, valamint azok elhelyezését. A rendszer párhuzamosan alkalmaz zonális, valamint idő alapú díjszabási elveket. A nulladik zónának tekintett budapesti közigazgatási határon belül kezdődő és végződő utazások menetdíj elszámolása idő alapon történik, míg a közigazgatási határt átszelő utazások díjkalkulációja az átszelt zónahatárok számának meghatározásával történik. Minden esetben törekedni kell arra, hogy biztosítva legyen az utasok számára a lehetősége annak, hogy a felszállás előtt közvetlenül alkalmuk legyen érvényesíteni, hogy egy forgalmi zavar miatt ne fordulhasson elő olyan szituáció, hogy plusz díjtermék igénybevételeire kötelezzük az utasokat, azért, mert lekésik saját hibájukon kívül a csatlakozásukat.

Az eszköz darabszám meghatározásához fel kellett állítanom egy olyan számítási metódust, mellyel az elvárt szolgáltatási szint megfelelően és gazdaságosan biztosítható.

A tervezésem alapját két bemeneti paraméter határozta meg. Az utasforgalmi mérésekből meghatározott beérkezési intenzitás, valamint az érvényesítő eszközök áteresztő képessége, azaz a kiszolgálási ráta.

A probléma megoldásához a születési/ halálozási modellt használtam. Ennek segítségével pontosan megállapítható a szükséges eszköz darabszám, valamint a különböző szolgáltatási szintet minősítő paraméter.

A beérkezési ráta lehető legpontosabb meghatározására kidolgoztam egy saját módszert, melyet a tervezés során végig alkalmaztam. Először a kiválasztott megálló esetében meghatároztam a délelőtti és a csúcsidei időszakot az utasforgalmi mérésadatok alapján. A kritikus időszak minden esetben egy-egy szerelvény beérkezését és utascseréjét követő egy perc, ennek megfelelően a leszálló utasmennyiségekkel számoltam, hiszen ezek jelentenek hirtelen, lökésszerűen nagy terhelést. Külön-külön irányonként, valamint napszakonként meghatároztam a legmagasabb mért értéket és a kiugró értékek miatti esetleges túlméretezés miatt napszakonként, valamint irányonként külön-külön kiszámítom az adott intervallumban mért értékek közül a legnagyobb öt érték számtani átlagát. Így kaptam négy értéket (délelőtt és délután, a be és kifelé irányú utasszám). Ugyan ezen analógia alapján meghatároztam az egyes intervallumokra vonatkozó felszálló utasmennyiségeket is. A pontos terhelés meghatározásához azonban nem megfelelő megoldás, ha egyszerűen összeadjuk az egymáshoz tartozó le és felszálló értékeket, hiszen feltételezzük, hogy a felszálló utasok megállóhelyre érkezése, valamint érvényesítése egyenletes eloszlást mutat. A legjobb közelítéssel úgy számíthatjuk ki a leszálló utasokkal együtt éppen érvényesíteni szándékozó felszálló utasmennyiséget, hogy a meghatározott értéket elosztjuk a vizsgált időszak járatkövetési idejével, így adódik, az átlagosan egy percre eső felszálló utasmennyiség. Ezután már elvégezhetjük az egymáshoz tartozó mennyiségek összeadását. A végső tervezési érték az imént leírt módon meghatározott összegek közül a legnagyobb érték lesz.

Az így kapott érkezési intenzitást elosztottam az érvényesítő eszközökre jellemző kiszolgálási rátával, majd a kapott számértéket minden esetben felfelé kerekíttem. Az így kapott eszközdarabszám felhasználásával elvégeztem a 4. fejezetben ismertetett szolgáltatási szint minősítő paraméterek meghatározását. Amennyiben az így számított eszköz kihasználtság meghaladja a 95%-os határt, illetve a várható sorbanállás mértéke több, mint fél perc, akkor rendszerbe építendő eszközök számát növeltem eggyel. További egy eszközzel meg kell növelni a telepítendő eszközök számát a master-slave

típusú működés miatt, hogy a master feladatok ellátására elkülönített eszköz ne a jelentkező igények kielégítésének rovására menjen.

Függetlenül attól, hogy melyik irány utasforgalmi adataiból adódott az érkezési intenzitás értéke a vele ellentétes irányhoz tartozó, a vélhetőleg alacsonyabb utasforgalommal rendelkező megállóba is ugyanannyi eszközt tervezek telepíteni, mellyel így biztosított a megfelelő kapacitástartalék. Ennek köszönhetően bizonyos esetekben nem szükséges plusz master készülék kihelyezése, hanem az utasforgalmi szempontból adott időszakban gyengébb irányú peronhoz telepített eszközök közül dinamikusán kerül kinevezésre a vezérlő berendezés, mely a nap folyamán, akár többször is változtatható.

A matematikai modellezést és tervezést követően az előzetes terepszemle során rögzített helyszíni sajátosságok, valamint utas áramlási szokásjellemzők felhasználásával, valamint a megrendelő BKK által megfogalmazott követelmények szem előtt tartásával megterveztem AutoCad, valamint Solid Edge software segítségével a megvalósítani kívánt eszközrendezést a megálló terület alaprajzán. Ezt követően a PTV-Vissim mikroszimulációs software felhasználásával modelleztem a vizsgált megálló területét, valamint a csúcsforgalmi adatoknak megfelelően paramétereztem. A beállításokat követően 2000 másodpercig futtattam a szimulációt. Igyekeztem minden esetben több reális alternatívát tervezni, melyekből a szimuláció eredményétől, valamint a beruházási költségtől függően választottam ki az általam javasolt legmegfelelőbb elrendezést.

A dolgozatomban egy olyan komplex tervezési módszert dolgoztam ki, mely képes hatékonyan kezelni a bemeneti paraméterek változását és minden esetben objektív segítséget nyújtani egy-egy konkrét megálló átépítésének tervezéséhez, valamint segít az átépítési tervek közül, az utasforgalmi szempontokból a legmegfelelőbb tervváltozat kiválasztásában.

Felhasznált irodalom

- [1] *Budapesti Közlekedési Központ: Érdekeltek bevonását célzó terv*; Május 2013
URL: http://www.bkk.hu/apps/docs/EBRD_terv.pdf
- [2] *Kövesné Gilicze Éva, Havas Péter, Debreczeni Gábor, Mészáros Péter, Mándoki Péter: Közlekedés és Társadalom*; Typotex kiadó 2011; ISBN 978-963-279-589-8,
Letöltve: 2015.01.16
URL: http://www.kukg.bme.hu/kukg/oktatas/bsc/tantargy/BMEKOKUA114/Kozlekedes_es_tarsadalom.pdf
- [3] *Lengyel Tamás: Közlekedés földrajz*; Letöltve: 2015.04.20
URL: <http://geografus.elte.hu/web/tananyag/3/ipar/gy/kozlfoldrajz.pdf>
- [4] *Esztergár-Kiss Domonkos, Válóczy Dénes, Aba Attila: Elektronikus díjrendszer a magyar közösségi közlekedésben*; Letöltve: 2015.03.12
URL: http://digitus.itk.ppke.hu/~eszdo/cikk_eldijrendszerek_Esztergar.pdf
- [5] *MetroCard (New York City)*; Letöltve: 2015.04.21
http://en.wikipedia.org/wiki/MetroCard_%28New_York_City%29
- [6] *STOA: Integrated urban e-ticketing for public transport and touristic sites*; January 2014; Letöltve: 2015.02.13; ISBN 978-92-823-5302-8
URL: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/513551/IPOL-JOIN_ET\(2014\)513551_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/513551/IPOL-JOIN_ET(2014)513551_EN.pdf)
- [7] *Budapesti Közlekedési Központ: BKK Elektronikus Jegyrendszer Megvalósíthatósági vizsgálat*; Budapest, 2011. december 31. ;
Letöltve: 2015.01.05
URL: http://www.bkk.hu/apps/docs/megvalosithatosagi_vizsgalat.pdf
- [8] *Mohamed Mezghani: Study on electronic ticketing in public transport*; EMTA; May 2008; Letöltve: 2015.01.06
URL: <http://www.emta.com/IMG/pdf/EMTA-Ticketing.pdf>
- [9] *Philip T. Blythe: Improving public transport ticketing through smart cards*, Proceedings of Institution of Civil Engineers, Municipal Engineer 157, March 2004 Issue MEI, Pages 47-54, Letöltve: 2015.01.25
URL:

- <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.112.7895&rep=rep1&type=pdf>
- [10] *Toronto Transit Commission: TTC Fare Collection Study*, October 2000
URL: <http://www.transit.toronto.on.ca/archives/reports/fare.pdf>
- [11] **Az NFC technológia**; Letöltve: 2015.05.04
URL: <http://www.baktat.hu/?q=hu/node/22>
- [12] *Perjési András: Az NFC-technológia mindennapi életben való alkalmazásának vonzó lehetőségei*; Eger, 2013.06.17; Letöltve: 2015.05.01
URL: http://aries.ektf.hu/~andris/iot_nfc.pdf
- [13] *C. Enrique Ortiz: An Introduction to Near-Field Communication and the Contactless Communication API*; June 2008; Letöltve: 2015.05.03
URL: <http://www.oracle.com/technetwork/articles/javame/nfc-140183.html>
- [14] <http://www.nfcworld.com/2014/07/25/330604/london-underground-accept-nfc-payments/>
Letöltve: 2015.04.29
- [15] *Kusper Gábor, Radványi Tibor: Programozás technika*; Kempelen Farkas Hallgatói Információs Központ; Letöltve: 2015.03.19
URL: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0038_informatika_Projektlabor/ch01s08.html#id536850
- [16] *Budapesti Közlekedési Központ: BKK Elektronikus Jegyrendszer Projekt Műszaki Leírás*
- [17] *International standard CEI/IEC 60529*; Letöltve: 2015.04.20
<http://file.yizimg.com/313680/2008091706515095.pdf>
- [18] *IEC 62262 – IK Codes for Electrical Enclosures*; Letöltve: 2015.05.01
<http://s.pangonilo.com/2012/05/iec-62262-ik-codes-for-electrical-enclosures.html>
- [19] *Lukács József: Diplomaterv, Állomási beléptető kapuk elhelyezésének vizsgálata budapesti metróhálózaton*; 2014

- [20] *Matthew Justin Smith: Public Transit and the Time-based fare structure, Examining the peak price of transit*, Urban Transportation Center, The University of Illinois at Chicago, May. 2009
URL: http://www.transportchicago.org/uploads/5/7/2/0/5720074/7-the_case_for_peak_pricing_on_public_transit.pdf
- [21] *Zsiborás Róbert: Az elektronikus jegyrendszerek által szolgáltatott adatok feldolgozási lehetőségeinek vizsgálata*; Diplomaterv, 2012; Letöltve: 2015.02.06
URL: http://www.traffic.bme.hu/data/uploads/Publication/Zsiboras_Robert_dipl.pdf
- [22] *Dr. Jochen Eickholt: Automation and digitalization: For greater efficiency in mobility*; Siemens AG Press Conference; 2015 Milan; Letöltve: 2015.03.24
URL: <http://www.siemens.com/press/pool/de/events/2015/mobility/2015-06-uitp/presentation-eickholt-e.pdf>
- [23] *Ekés András, Gertheis Antal, Petrovác Rózsa Rita, Sipos Zsófia, Dobocsi Tamás, Székely Bea, Saár Szabolcs, Amburs Dávid, Vasvári Gergely: Elektronikus jegyrendszer megvalósíthatósági tanulmányának elkészítéséhez szükséges utazási és közlekedési szokásjellemzők felmérése és vizsgálata*; Városkutatás Kft.; Budapest, 2013
- [24] *Leonard Kleinrock: Sorbanállás- kiszolgálás, Bevezetés a tömegkiszolgálási rendszerek elméletébe*; Műszaki Könyvkiadó; Budapest, 1979; ISBN 963-10-2725-2
- [25] *Dr. Csernyák László, Dr. Gyenesei Attila, Horváth Gézné Dr., Dr. Meszéna György, Dr. Tóth Irén: Matematika Üzemgazdászoknak, Operációkutatás II.*; Nemzeti Tankönyvkiadó Rt.; Budapest, 1990, ISBN 963-18-6024-8, ISBN 963-18-6025-8;
- [26] *Harmati István: Sorbanállási (tömegkiszolgálási) modellek*;
URL: http://www.sze.hu/~harmati/Sztochasztikus%20folyamatok/sztocha_08.pdf
- [27] *Dr. Sztrik János: Bevezetés a sorbanállási elméletbe és alkalmazásaiba*; Debrecen, 1994
- [28] *Dr. Kisgyörgy Lajos: Utak*; Typotex kiadó; Budapest, 2013; Letöltve: 2015.03.09; ISBN 978-963-279-753-3
URL: http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop412A/2011-0023_Utak/html/section-0127.html

- [29] *Varga Sebestyén: Gyalogos mozgásvizsgálatok helyszíni felvételek alapján;*
TDK dolgozat; November 2006; Letöltve: 2015.04.02
URL: <http://vit.bme.hu/tdk/2006/dolgozatok/varga.pdf>
- [30] *Dr. Fi István: Forgalmi Tervezés, Technika, Menedzsment;*
Műegyetemi Kiadó, Második kiadás, 2000; ISBN 963-420-637-9
- [31] URL: <http://mashable.com/2013/08/27/sesame-ring/>
Letöltve: 2015.05.03

Ábrajegyzék

1. ábra: A BKV Zrt. 2010 évi üzemi bevételeinek szerkezeti összetétele (BKV ppt.)	8
2. ábra: Papír alapú több napos menetjegy (Forrás: http://www.delpetibusz.hu)	9
3. ábra: Fedélzeti érvényesítő berendezés (Forrás: https://images.gutefrage.net)	10
4. ábra: Utasmédiák evolúciója (Forrás: [7])	13
5. ábra: Mágnes csíkos kártya és a hozzá tartozó érvényesítő berendezés (Forrás: http://themidtowngazette.com)	15
6. ábra: Érintésen alapuló chip kártya működése (Forrás: [10])	16
7. ábra: Érintésmentes kártya működése (Forrás: [10])	17
8. ábra: QR kód beolvasása (Forrás: https://encrypted-tbn1.gstatic.com)	18
9. ábra: NFC technológia alkalmazása a londoni közösségi közlekedésben. (Forrás: http://www.railtechnologymagazine.com)	20
10. ábra: RFID chippel felszerelt karkötő (http://www.nfcworld.com/)	22
11. ábra: RFID technológia (Forrás: [15])	23
12. ábra: Beléptető kapu kialakítások lehetséges változatai (http://lotgroup.eu/)	28
13. ábra: Peroni érvényesítő berendezés (Forrás: http://www.scheidt-bachmann.com)	29
14. ábra: Ergonómiai szempontok peroni validátorok esetén (Forrás: BKK)	30
15. ábra: Járműfedélzeti validátor kialakítások (Forrás: http://www.mikroelektronika.com)	32
16. ábra: Járműfedélzeti kommunikációs rendszer (Forrás: Saját szerkesztés)	33
17. ábra: Elektronikus jegyrendszer architektúra (Forrás: Saját szerkesztés [4] alapján)	36
18. ábra: Utasmédia érvényesítés a felszállást követően (Forrás: http://www.instantamsterdam.com/inchecken.jpg)	43
19. ábra: BI/BO rendszer (Forrás: [22])	45
20. ábra: Utazási jogosultságok aránya. A külső a hétköznapi, míg a belső kör a hétvégi mérések eredményét ábrázolja (Forrás: BKK utazásjellemzők)	55
21. ábra: A budapesti zónarendszer sematikus ábrája (Forrás: [7])	56
22. ábra: Alkalmi utasok utazási szokásait leginkább befolyásoló tényezők (Forrás: [23])	58
23. ábra: A budapesti AFC rendszer kommunikációs kapcsolatai (Forrás: [16])	69

24. ábra: A budapesti AFC rendszer architektúrája (Forrás: [16])	70
25. ábra: Rendszer elemei (Forrás: Saját szerkesztés)	73
26. ábra: Sorbanállási rendszer idődiagramja. (Forrás: [24])	74
27. ábra: „A” szolgáltatási szint haladó gyalogosforgalom esetén (Forrás: [29])	84
28. ábra: „B” szolgáltatási szint haladó gyalogosforgalom esetén (Forrás: [29])	84
29. ábra: „C” szolgáltatási szint haladó gyalogosforgalom esetén (Forrás: [29])	85
30. ábra: „D” szolgáltatási szint haladó gyalogosforgalom esetén (Forrás: [29])	85
31. ábra: „E” szolgáltatási szint haladó gyalogosforgalom esetén (Forrás: [29])	86
32. ábra: „F” szolgáltatási szint haladó gyalogosforgalom esetén (Forrás: [29])	86
33. ábra: Várakozó gyalogosforgalom szolgáltatási szintjei (Forrás: [28])	87
34. ábra: Szolgáltatási szintek jelölései (Forrás: PTV-VISSIM 7.0)	87
35. ábra: A terepbejáráson, valamint a VISSIM környezetben létrehozott Pomáz megállóterület összevetése (Forrás: Saját szerkesztés)	89
36. ábra: H5 HÉV Pomáz megállójának utasforgalma a Batthyány tér irányába. (Forrás: Saját szerkesztés)	90
37. ábra: H5 HÉV Pomáz megállójának utasforgalma Szentendre irányába (Forrás: Saját szerkesztés)	90
38. ábra: Napszakokra és irányokra bontott megállóterheltségek (Forrás: Saját szerkesztés)	91
39. ábra: Peronon sorban elhelyezett validátorok. Pomáz H (Forrás: Saját szerkesztés)	93
40. ábra: Peronon sorban elhelyezett validátorokkal történő megvalósítás mikroszimulációs vizsgálatának eredménye (Forrás: Saját szerkesztés, VISSIM)	94
41. ábra: Peronon kívüli soros elrendezés. Pomáz H (Forrás: Saját szerkesztés)	94
42. ábra: Peronon kívül sorban elhelyezett megvalósítás mikroszimulációs vizsgálatának eredménye (Forrás: Saját szerkesztés, VISSIM)	95
43. ábra: Átjáró torkolatánál elhelyezett validátorok. Pomáz H (Forrás: Saját szerkesztés, VISSIM)	96
44. ábra: Átjáró torkolatánál elhelyezett validátorokkal történő megvalósítás mikroszimulációs vizsgálatának eredménye (Forrás: Saját szerkesztés, VISSIM)	96
45. ábra: A terepbejáráson, valamint a VISSIM környezetben létrehozott Békásmegyer megállóterület összevetése (Forrás: Saját szerkesztés)	98
46. ábra: Békásmegyer megálló terheltség (Forrás: Saját szerkesztés)	98
47. ábra: Békásmegyeri betétjárat utasforgalmi adatai (Forrás: Saját szerkesztés)	99

48. ábra: H5 Alapjárat utasforgalma Békásmegyer állomáson (<i>Forrás: Saját szerkesztés</i>)	100
49. ábra: Aluljáróban elhelyezett beléptető kapuk. Békásmegyer H	103
50. ábra: Aluljáróban, kapuval történő zárás mikroszimulációs vizsgálatának eredménye (<i>Forrás: Saját szerkesztés, VISSIM</i>)	103
51. ábra: Aluljáróban, kapuval történő zárás felszíni utasforgalomra gyakorolt hatásának mikroszimulációs vizsgálatának eredménye (<i>Forrás: Saját szerkesztés, VISSIM</i>)	104
52. ábra: Felszínen, a lépcsők előterébe elhelyezett beléptető kapuk. Békásmegyer H	105
53. ábra: Felszínen, a lépcsők előterébe elhelyezett kapukkal történő lezárás mikroszimulációs vizsgálatának eredménye (<i>Forrás: Saját szerkesztés, VISSIM</i>)	105
54. ábra: Felszíni kapus lezárás esetén, az aluljáró utasforgalmának mikroszimulációs vizsgálatának eredménye (<i>Forrás: Saját szerkesztés, VISSIM</i>)	106
55. ábra: Peron szélén elhelyezett validátorokkal történő beléptetés (<i>Forrás: Saját szerkesztés</i>)	106
56. ábra: Peronon elhelyezett validátoros megvalósítás mikroszimulációs vizsgálatának eredménye (<i>Forrás: Saját szerkesztés, VISSIM</i>)	107
57. ábra: Peronon elhelyezett validátorokkal történő megvalósítás aluljáró utasforgalmára gyakorolt hatásának mikroszimulációs vizsgálatának eredménye (<i>Forrás: Saját szerkesztés</i>)	107
58. ábra: A terepbejáráson rögzített, valamint a VISSIM környezetben létrehozott Szentlélek tér H megállóterület összevetése (<i>Forrás: Saját szerkesztés</i>)	108
59. ábra: Szentlélek tér H megállóterheltség (<i>Forrás: Saját szerkesztés</i>)	109
60. ábra: Peronszálon elhelyezett validátorok. Szentlélektér H (<i>Forrás: Saját szerkesztés</i>)	112
61. ábra: Peronszálon elhelyezett validátoros megvalósítás mikroszimulációs vizsgálatának eredménye (<i>Forrás: Saját szerkesztés, VISSIM</i>)	113
62. ábra: Bejáratoknál elhelyezett validátorok. Szentlélek tér H	114
63. ábra: Bejáratok pontokon elhelyezett validátoros megvalósítás mikroszimulációs vizsgálatának eredménye (<i>Forrás: Saját szerkesztés, VISSIM</i>)	114

Táblázatok

1. táblázat: Utasmédiák összehasonlítása	24
2. táblázat: Utazás alapú díjképzési stratégiák összehasonlítása	40
3. táblázat: Elektronikus jegyrendszer változatok összehasonlítása	46
4. táblázat: A budapesti AFC rendszer utasmédiáinak összehasonlítása.	53
5. táblázat: Becsült minimálisan szükséges eszköz darabszámok	58
6. táblázat: Pomáz állomás tervezési adatai	92
7. táblázat: Békásmegyer állomás tervezési adatai	101
8. táblázat: Szentlélek tér H tervezési adatai	110
9. táblázat: Projekt elemek egységei	115
10. táblázat: Kiépítési változatok összehasonlítása	115