



**Az Észak-Déli Regionális gyorsvasút
konceptcionális változatainak
összehasonlító vizsgálata**

*The North-South regional rapid railway
the alternatives of his realisation*

TDK dolgozat

Készítette:

Szakmár Tamás

közlekedésmérnök hallgató

Konzulensek:

Dr. Komócsin Zoltán

adjunktus

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

Dr. Mándoki Péter

egyetemi docens

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	3
2. A jelenlegi HÉV-vonalak.....	4
2.1 H5-ös (szentendrei) HÉV	4
2.2 H6-os (ráckevei) HÉV	5
2.3 H7-es (csepeli) HÉV.....	6
2.4 H8/H9-es (gödöllői) HÉV	7
2.5 HÉV-járművek.....	8
2.5.1 MIX/A sorozat	8
2.5.2 MX és MX/A sorozat.....	9
3. Konceptcionális változatok	10
3.1 Jelenlegi koncepció.....	10
3.2 Jelenlegi állapotok konzerválása	11
3.3 Integrált gyorsvillamos a 2-es villamossal	11
3.4 Integrált gyorsvillamos körgyűrű rendszerben	11
4. TramTrain rendszer	14
4.1 Karlsruhe-i modell	14
4.2 Magyarországi példák.....	16
5. Utazási szokások felmérése.....	18
5.1 H5-ös (szentendrei) HÉV	18
5.2. H6-os (ráckevei) HÉV	20
5.3 H7-es (csepeli) HÉV.....	21
5.4 Következtetések.....	23
6. Kesselring eljárásen alapuló összehasonlítás	24
6.1 Értékelési tényezők.....	24
6.2 Összemérés	25
7. Jármű	30

7.1 TramTrain jármű beszerzésének kérdései	30
7.1.1 Jogi/szervezeti.....	30
7.1.2 Nyomtáv.....	30
7.1.3 Áramnem.....	31
7.1.4 Úrszelvények, peronok	31
7.1.5 Költségek	32
7.1.6 Biztosítottság.....	33
7.2 Alkalmas járművek.....	34
7.2.1 Stadler Zebra, Frauenfeld.....	34
7.2.2 Molnár Ádám, HÉV-konceptió	34
7.2.3 GT8-100D/2S-M.....	35
8. Összefoglalás.....	36
9. Forrásjegyzék	38
9.1 Irodalomjegyzék	38
9.2 Ábrajegyzék.....	40
9.3 Táblázatjegyzék	41
10. Köszönetnyilvánítás	42

1. Bevezetés

Évtizedek óta tervezés alatt áll a korábban 5-ös metró, napjainkban ÉDR Gyorsvasútként említett vonal kiépítése, mely által három HÉV-vonal (szentendrei, csepeli, ráckevei) összekapcsolásával új, átszállásmentes kapcsolat jöhet létre a belvárosban.

Az évek alatt több változat, alternatíva is elkészült, melynek eredménye többek között a dolgozatomban is használt ÉDR kifejezés is. A leendő vonal érdekessége ugyanis, hogy a korábbi metró beruházásokkal ellentétben már a tervezés kezdetétől nem szigetüzemben, hanem több vonal koordinációjában, összekapcsolásában gondolkodnak a tervezők.

Az elmúlt években a vonal kiépítésével kapcsolatban számos koncepció készült úgy a közlekedési szakemberek, mind a politika, vagy a civil szféra oldaláról. Ezek közül a ma elfogadottnak tekinthető terv szerint, egy olyan integrált fejlesztés történne meg, amelynek keretében a HÉV-vonalak teljes rekonstrukciója mellett, azok a belvárosban metró jelleggel összekötésre is kerülnének. A Tudományos Diákköri Konferenciára készített munkámban a jelenlegi állapotok, az elfogadott terv és további két koncepcionális változat kerül összehasonlításra.

Dolgozatom célja tehát, hogy ismertesse a korábban kidolgozott, valamint általam javasolt megvalósítási lehetőségeket, és azokat mind szakmai, mind finansziális oldalról, Kesselring módszer alapján értékelje, és javaslatot dolgozzon ki a legjobb alternatívára vonatkozóan.

2. A jelenlegi HÉV-vonalak

A jelenlegi budapesti helyiérdekű vasút napjainkban öt vonalon, mintegy 104 km vonalhosszon látja el elővárosi feladatát, melynek során öt fontos településről, végállomásról szállítja be az utasokat a fővárosba. Szentendréről, Ráckevéről, Gödöllőről, Csömörről és a Főváros részét ábrázoló Csepelről a járatok az utasforgalom nagyságával összhangban, ütemes menetrend szerint közlekednek. A HÉV vonalakon a nyomtávolság egységesen 1435 mm, a megengedett legnagyobb sebesség 60 km/h a felsővezeték pedig 1000 V-tal villamosított. A következőkben a jelenlegi HÉV-vonalakat, és az azokon közlekedő járműveket fogom bemutatni.

2.1 H5-ös (szentendrei) HÉV

Az 5-ös HÉV a budapesti Batthyány tér és Szentendre között biztosít elővárosi kapcsolatot. A vasútvonal hossza 21 km, melyen 17 megállóhely található. Érdekesség, hogy egyedül ez a vonal fut részben a föld alatt, hiszen az első két megálló (Batthyány tér, Margit híd budai hídfő) – részben a Duna közelsége, részben a Margit híd miatt – kéreg alatti vezetésben épült. A menetidő mintegy 39 perc, a megengedett legnagyobb sebesség pedig 60 km/h.

A HÉV első szakasza 1888-ban készült el Szentendre és Filatorigát állomás között. A MÁV ebben az időszakban kezdte el a budapesti fejpályaudvarok összekapcsolását a bal- és jobb parti körvasutakkal. A jobb parti körvasút része volt ez a vonal is, így 1895-ben a szerelvények már a mai Bem József térig jártak. 1937-ben történt a következő jelentősebb fejlesztés, ekkor a Margit híd felújításához kapcsolódóan a mai, az alagútba vezető rámpa helyén alakítottak ki végállomást. Érdekesség, hogy a végállomás egyik vágányát a felszínen mind a mai napig meghagyták, melyet azonban csak üzemi célra használnak, mint például a MÁV esztergomi vonalának felújításakor, amikor idáig közlekedtek a szerelvények a Nyugati pályaudvar helyett (1. ábra). 1972-ben a 2-es metró második üteméhez kapcsolódó területrendezés keretében a vonalat mintegy 1,2 km-rel újra meghosszabbították és kéreg alatti vezetésben egy háromvágányos végállomás épült a Batthyány téren (2. ábra). Ebben az időszakban a HÉV és metró üzemet csak egymástól elválasztva tudták elábrázolni a tervezők és szakemberek, noha az M2 és H5 vonalak kiváló átszállásmentes kapcsolattal már akkor összeköthetőek lettek volna. A későbbiekben több megállóhelyet áthelyeztek, nyomvonal korrekciókat végeztek, részben a kiépülő lakótelepek (pl. Békásmegyer) által generált utasforgalom ellátására. 2005-2007 között a vonalat jelentős mértékben korszerűsítették, részleges pálya-, energiaellátási fel-

újítást, valamint a rendkívül rossz állapotú és teljesítményű biztosítóberendezés teljes körű rekonstrukcióját is ekkor végezték el. Ezen fejlesztéseknek köszönhetően jelenleg ez az egyik legjobb állapotú és egyben legforgalmasabb vonal.



1. ábra

Felszíni vágány a Margit hídnál

(forrás: [38])



2. ábra

Batthyány tér felújítás után

(forrás: [38])

2.2 H6-os (ráckevei) HÉV

A 6-os HÉV Közvágóhíd és Ráckeve között biztosít vasúti kapcsolatot, valamint betétjáratokkal Dunaharasztiig, illetve Tökölig is közlekedik. A vonal hossza 40 km, melyen 24 megálló található, ezzel pedig a budapesti közlekedés leghosszabb kötőtpályás viszonylata. A menetidő a teljes vonalat tekintve 72 perc. További érdekesség, hogy Tököl és Ráckeve között a vonal egyvágányú.

A mai BKV első HÉV-vonala 1887-ben épült ki a Közvágóhíd és Soroksár között. Még ebben az évben a vonalat meghosszabbították Dunaharasztiig, majd 1892-ben Ráckevéig (3. ábra). 1897-ben a vonalat Soroksárig kétvágányúsították. A vaspálya a második világháborúban több bombatalálatot is kapott, felrobbantották többet között a Dunaharasztinál lévő Duna-hidat is. A vonal különlegessége, hogy a Gubacsi hídon keresztül egy szárnyvonal vezetett át Csepelre (4. ábra), melyet azonban 1978-ban, a híd átalakításakor felszámoltak. A vonalon a '80-as évek óta jelentősebb korszerűsítés nem történt, azóta a pályaállapotok nagymértékben leromlottak. Sajnálatos továbbá, hogy mivel a vonal számos részén nincs a közvetlen közelben autópálya, feltehetően ezzel összefüggésben gyakoriak a kábellopások, mely egyaránt megkeseríti az üzemeltető és az utasok életét is.



3. ábra

Közvágóhíd, végállomás

(forrás: [38])



4. ábra

Egyvágányú üzem a Gubacsi hídon

(forrás: [13])

2.3 H7-es (csepeli) HÉV

A 7-es HÉV a Boráros tér és Csepel belvárosa között biztosít kapcsolatot. A vonal 6,7 km hosszú, 6 megállóval és 13 perc menetidővel. A három vasútvonal közül a leginkább villamos jellegű, rövid vonalhossza, illetve Budapesten belüli kezdő- és végállomása miatt is.

1912-ben nyitották meg a ráckevei HÉV szárnyvonalaként a Gubacsi hídon átvezető csepeli vonalat, mely jól kihasznált volt és Pesterzsébetről és a Közvágóhídtól egyaránt indítottak járatokat. 1951-ben készült el a ma is ismert csepeli HÉV (6. ábra). Érdekesség, hogy 1959-1965 között üzemelt egy rövid szárnyvonal, mely a Hárosi iskola végállomásig járt, a mai II. Rákóczi Ferenc utat keresztezve. A vonalat autóbuszokkal, Volán-járatokkal helyettesítették. 1978-ban – a már korábban is említettek szerint – a Gubacsi szárnyvonalat megszüntették, mely egy rendkívül elhibázott koncepciónak bizonyult, azt autóbuszokkal mind a mai napig csak nehezen tudják pótolni. A vonal élete során tehát több szárnyvonallal is büszkélkedhetett, melyek azonban sorban megszűntek, nem feltétlenül a legszerencsésebb döntés szerint. További különlegesség, hogy a vonal egy teherpályaudvaron keresztül egészen a '70-es évek végéig össze volt kötve a 2-es villamossal (5. ábra).



5. ábra

A Boráros tér a '70-es években

(forrás: [12])



6. ábra

A Boráros tér napjainkban

(forrás: [2])

2.4 H8/H9-es (gödöllői) HÉV

Bár a jelen dolgozatban ismertetett ÉDR Gyorsvasútnak nem része ez a vonal, két dolog miatt azonban úgy gondolom, mindenképpen érdemes szót fordítani rá, még ha csak említés szintjén is.

Az egyik az, hogy kevesen tudják, de a régmúltban ez volt az egyik olyan HÉV-vonal, mely színvonalas átszállási kapcsolatot biztosított utasainak a belvárosban. 1970-ig ugyanis a vonal egészen a mai Keleti pályaudvar vonaláig futott, ekkor szüntették meg a Keleti pu.-Örs Vezér tere közötti szakaszt, összhangban a 2-es metró átadásával (7. ábra).

A másik érdekes tény, hogy napjainkban, amikor a HÉV-vonalak fejlesztését már integráltan, és nem szigetüzemben ábrázelik el, e vonal fejlesztése is új aspektusba került. A ma elfogadottnak tekinthető tervek szerint ugyanis összeköttetésre kerülnének az M2 valamint a H8, H9 vonalak, és felmerült egy esetleges rákoskeresztúri szakasz kiépítésének ötlete is. A beruházás során teljes vonal rekonstrukciót végeznének, és több megállót átépítenének, áthelyeznének. A fejlesztés által a ma az Örs Vezér terén a metróról a HÉV-re átszálló utasok színvonalas kiszolgálást kaphatnának. A projekt jelenleg a BKK által elfogadott ÉDR-koncepcióhoz hasonlóan a megvalósíthatósági tanulmány készítésének szakaszában van.



7. ábra

Korábbi végállomás: Keleti pu.

(forrás: [1])



8. ábra

A Kerepesi út jelenlegi állapotában

(forrás: [2])

2.5 HÉV-járművek

A BKV-HÉV vonalain jelenleg három típus közlekedik: MIX/A, MX és MX/A. Míg az első magyar gyártású, addig az utóbbi kettő, mely egyben a flotta nagyobbik részét is adja, német gyártású. A három típus közös jellemzője, hogy három kocsiból állnak, ezekből pedig csak a középső pótkocsi. A szóló, három kocsis szerelvényeket a szakzsargon kisegységnek, míg a nagyobb, csatolt járműveket nagyegységeknek nevezi. A járművek közül a legfiatalabb is idén 30 éves, így a korszerűtlen járművek cseréje igencsak időszerű. A következőkben a három típust mutatom be.

2.5.1 MIX/A sorozat

A járműveket a BKV 1963-1966 között szerezte be a BHÉV Budafoki Üzem-MÁV Dunakeszi Járműjavítótól. Összesen mintegy 27 db motorvonat érkezett, melyből jelenleg 21 van még állományban. A járművek a H7-es vonal törzsjárművei. A vonatok elektronikai egységeit az – az akkori NDK-ban működő – LEW nevű Cég gyártotta, mely a többi típus elektronikáját is készítette. A motorvonat megengedett legnagyobb sebessége 80 km/h. A legfőbb különbség a többi sorozathoz képest a lényegesen alacsonyabb padlószint, valamint az oldalanként 12 darab ajtó (9. ábra). A járművön 164 ülőhely és 259 állóhely található (4 fő/m²).

2.5.2 MX és MX/A sorozat

Az MX (10. ábra) sorozatból 1971-ben 16 db-ot, míg az MX/A (11. ábra) típusból 1975-1983 között 75 db-ot szerzett be a BKV az MX/A sorozat elektronikáját is gyártó LEW-től. A két sorozat nagyrészt azonos, az egyik legfőbb különbség az, hogy az MX/A típuson az áramszedőt és főkapcsolót a pótkocsin helyezték el. További érdekesség, hogy az MX/A kocsikon eredetileg átjáró ajtókat is elhelyeztek, azok balesetveszélyességük miatt azonban megszüntetésre kerültek a főjavítások alkalmával. A járművek megengedett legnagyobb sebessége itt is 80 km/h. Mindkét típuson egyaránt 180 ülőhely és 207 állóhely található.



9. ábra
MX/A típus
(forrás: [3])



10. ábra
MX típus
(forrás: [3])



11. ábra
MX/A típus
(forrás: [3])

3. Koncepcionális változatok

Az elmúlt évtizedekben az ÉDR Gyorsvasút megvalósításával kapcsolatosan számos különböző tanulmány, terv, javaslat született úgy szakmai, mint civil, vagy politikai oldalról is. Habár a tervek számos különböző vonalvezetést, paramétert felvázolnak, a vonal létjogosultságát egyik terv sem kérdőjelezi meg. Jómagam a dolgozat készítése során az elérhető tanulmányokat áttekintettem, értékeltem és ezek alapján választottam három olyat, melyek szerény véleményem szerint szakmai oldalról is megállják a helyüket és azok továbbgondolására, értékelésére szükség van. A három terv közül az egyik az, amely jelenleg elfogadottnak tekinthető, míg a másik kettő csak tanulmány szinten létezik. A következőkben ezt a négy koncepciót kívánom egységes elvek szerint bemutatni.

3.1 Jelenlegi koncepció

A BKK koncepciójának előkészítése 2013 júliusában kezdődött és jelenleg is tart. Mindezek miatt is számos kérdésben nem született még döntés, de a jelen dolgozatban is ismertetett részletek már nyilvánosságra kerültek és sok paraméterben már találhatóak véglegesnek tekinthető információk is.

A tanulmány a vonal megvalósítását 2014-2020-ra teszi, így azért is tartja különösen fontosnak a megfelelő előkészítettséget, hogy a jelzett időszakban az Európai Unió forrásai a beruházásra minél jobban felhasználhatóak legyenek. Vonalvezetést tekintve a terv csak az ÉDR Gyorsvasút déli ágának kialakítását tartalmazza, a H6-H7 vonalak összekapcsolásával és belvárosi végállomás kialakításával (Astoria, vagy Blaha Lujza tér). Mindezek mellett a koncepció szerint az érintett vonalak, kiszolgáló egységek, áramellátás korszerűsítése és új járművek beszerzése is megvalósulna.

Mivel a nyilvánosságra hozott dokumentum csak összefoglaló, ezért részben nem foglal állást a vonalvezetéssel (a 12. ábrán a legtöbb kiadványban feltüntetett vonalvezetés látható), megállókiosztással és a vonalak funkciójával kapcsolatban, bár amennyiben belvárosi végállomást ábrázolnak el – még ha csak ideiglenes jelleggel is - az előrevetíti a felszín alatti nyomvonálvezetést. A változat további érdekessége, hogy az egyedüli, amely valódi metróként ábrázol el a koncepciót.

3.2 Jelenlegi állapotok konzerválása

Az egyik legérdekesebb, ámde méltatlanul keveset emlegetett elábrázolás a vonal rekonstrukciójára vonatkozóan. A koncepció alapja, hogy csupán a három HÉV-vonal pályarekonstrukciója és új járművek beszerzése valósulna meg (13. ábra). Megjegyzendő, hogy habár a menetidő és az utazási komfort növelése ilyen módon is elábrázolható, nem véletlen, hogy nem csupán "egyszerű" rekonstrukcióban gondolkodnak a tervezők, hanem a vonalak új koncesszióján és továbbfejlesztésén is. Ennek ellenére – figyelembe véve a BKV és a Főváros szűkös anyagi kereteit – e változat vizsgálata is mindenábrapen szükséges az összehasonlítás során.

3.3 Integrált gyorsvillamos a 2-es villamossal

Ezen változat– mely többek között már az előző városvezetés által készített Podmaniczky programban is felmerült– mint felszíni gyorsvasút gondolkodik a fejlesztés megvalósításán. Az alternatíva szerint a H6-os viszonylat a Közvágóhídnál, a H7-es pedig a Boráros téren kapcsolódna be a jelenlegi 2-es villamos vonalába. Míg előbbinél egy forgalmas útkereszteződésen lenne szükséges keresztülvezetni a síneket, addig az utóbbinál csak egy igen rövid, a jelenlegi gyalogosforgalmat keresztező szakaszon válna szükségessé a vágánykapcsolat kialakítása. Az így összekötött vonalak a 2-es villamosvonalon gyorsvillamosként haladnának, és vagy a Széll Kálmán tér végállomásra közlekednének, vagy a korábban meglévő Margit krt.-Török utca kereszteződésben jobbra kanyarodva, a Zsigmond téren (14. ábra) kapcsolódnának be a H5-ös vonalba.

Természetesen, mint minden koncepcionális változatnál, úgy ebben az esetben is számos lehetséges változat merül fel a vonalvezetéssel kapcsolatban. A fő kérdés az, hogy van-e realitása a szentendrei HÉV-vonalba való integrálásnak, illetve hogy a 2-es villamosvonal, a jelenlegi kialakításában rendelkezik-e kellő kapacitással egy plusz gyorsvillamos rendszer megvalósítására.

3.4 Integrált gyorsvillamos körgyűrű rendszerben

Az előző két változattól jelentősen eltérő megoldás, melyet jómagam dolgoztam ki és az mint integrált villamosvasúti fejlesztés gondolkodik az ÉDR Gyorsvasút megoldásában. Az alternatíva szerint a H6-os járat az 1-es villamossal kerülne összeköttetésre (15. ábra), így egy külső gyorsvillamos gyűrű valósulna meg, a H7-es járatot a 4/6-os villamossal kötnék össze, így egy belső villamos gyűrűt kialakítva, mely az előző változatnál ismertettek szerint érné el a H5-ös vonalat.

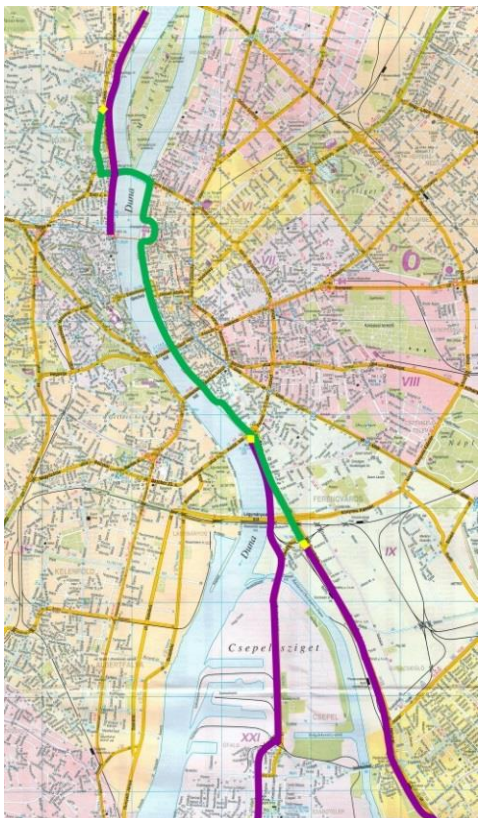
A vonalvezetéssel kapcsolatban itt is számos kérdés lehetséges. Vizsgálandó a H5-ös viszonylat szerepe, összekötés esetén a lehetséges viszonylat és betétjáratok rendje. A H7-es járatnál pedig felmerül a kérdés, hogy a 4/6-os, vagy 2-es villamossal, esetleg mindkettővel érdemes-e összekötni. Természetesen a legfontosabb kérdés a nagykörúti vonal, mely zavarérzékenysége, elszállított utas mennyisége miatt különösen kritikusan és odafigyelve kezelendő.



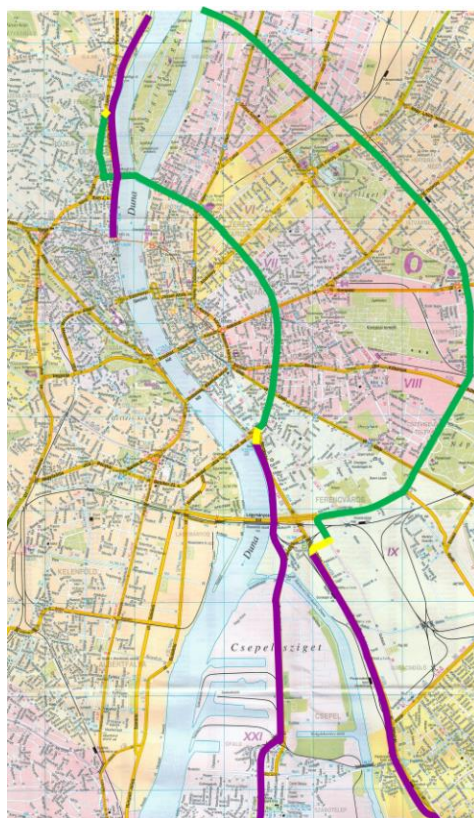
12. ábra
Jelenlegi koncepció
(forrás: [14])



13. ábra
Jelenlegi állapotok konzerválása
(forrás: [14])



14. ábra
Integrált gyorsvillamos
(forrás: [14])



15. ábra
Integrált gyorsvillamos
(forrás: [14])

1. táblázat Jelmagyarázat
(forrás: [14])

	H5-ös HÉV
	H6-os HÉV
	H7-es HÉV
	Felújítandó HÉV vonalak (minden változatban alapelem, ezért a külön szín)
	Kiépítendő, hiányzó vonalszakasz
	Meglévő, felújítandó vonalszakasz

4. TramTrain rendszer

A TramTrain rendszerek alapja, hogy olyan közlekedést alakítsanak ki, mely során a helyi és regionális vasúti rendszereket ötvözzék, ezzel csökkentve az átszállások számát és az utazási időt, jobb területfeltárást, kapacitásnövelést és településfejlesztő hatást is megvalósítva. Jelen dolgozatban ez a megoldás azért kapott külön fejezetet, mert az ÉDR Gyorsvasút kiépítése során gyakorlatilag egy TramTrain rendszer valósulhatna meg, mely a maga nemében az első lehetne hazánkban.

A TramTrain rendszereknek három fő fajtája ismert:

- vasúti pálya átalakítása közúti vasúti üzemre
- közúti vasúti járművek nagyvasúti pályán való közlekedése
- nagyvasúti járművek közúti vasúti pályán való közlekedése

A következőkben az első TramTrain rendszert kiépítő várost és egy jelenleg még csak koncepció szintjén létező magyarországi példát fogok bemutatni az előző fajták reprezentálására.

4.1 Karlsruhe-i modell

Számos szakember számára ismert a tanulmányokban, megvalósíthatósági tervekben gyakran előforduló "Karlsruhe-i modell" kifejezés. 1990-ben a németországi Karlsruhe városa rendhagyónak tekinthető fejlesztéseket hajtott végre városi villamoshálózatán. Nem csupán összekötötték a városi vasutat a nagyvasúttal, de a megfelelő szabályozási, technikai hátteret is kialakították. A koncepció középpontjában az az elábrázolás állt, hogy a vasúti tömegközlekedés egyik legnagyobb problémáját, az átszállást megszüntessék, ezáltal attraktív és vonzó alternatívát nyújtsanak a korábban más közlekedési eszközöket használóknak. A fejlesztés során az egyik legnagyobb műszaki probléma az volt, hogy a járművek ábraesek legyenek a városi 750 V-os egyenáram és a nagyvasúti 15 kV-os váltóáram alatt is üzemelni (16. ábra), ezt új TramTrain járművek beszerzésével oldották meg (17. ábra).

1992-ben nyílt meg az első vonal Karlsruhe és Bretten városok között. A fejlesztés alappillérei a következők voltak:

- új, jó gyorsító ábraességű járművek beszerzése
- új megállók kialakítása
- különböző tömegközlekedési eszközök menetrendjének összehangolása
- díjszabás egységesítése

- átszállásmentes kapcsolat kialakítása
- utastájékoztató korszerűsítése

Az új megállóknak köszönhetően az utasok a közvetlen lakókörnyezetükben szállhattak fel a vonatokra, azok pedig a városközpontban ott tették le őket, ahol az úti céljuk volt. Az indulás után a fejlesztés nem várt eredményeket hozott: 1993-ra a napi utasok száma 10.000 főre emelkedett, amely csaknem az ötszöröse volt a korábbi utasszámoknak. Köszönhető ez többek között annak is, hogy a fejlesztés előtt az utazás mintegy 60 percig tartott, az új kapcsolattal azonban mindez már csak mintegy 35 percbe telt annak ellenére, hogy 10 új megálló is épült.



16. ábra

750V/15 kV szakaszhatár

(forrás: [4])



17. ábra

TramTrain jármű és egy TGV szerelvény

(forrás: [14])

Az első vonal kiépítését követően több új vonalat is kialakítottak. Szinte az összes környező települést összekötötték, sőt volt arra is példa, hogy korábban villamos nélküli várost ért el az új kapcsolat. A később már "modell"-ként említett attraktív ötletet számos más város is átvette, néhol eltérő elvek szerint, de az átszállásmentes kapcsolat mint alapelem maximális figyelembevétele mellett.

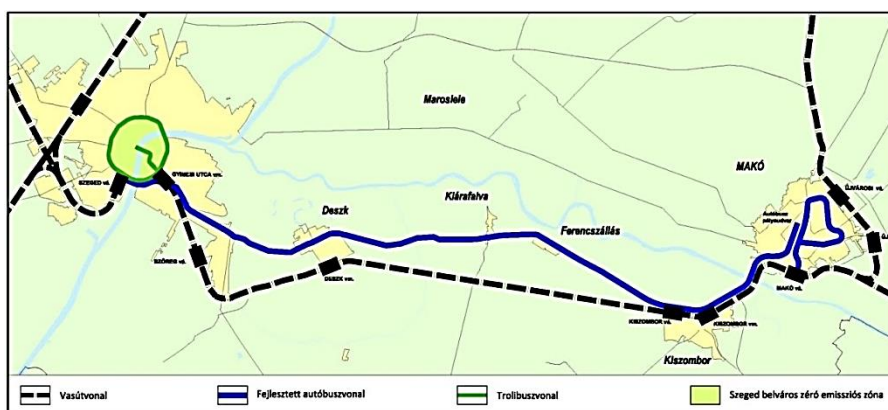
Az új összeköttetés kiépítésének azonban számos járulékos eredménye is volt: Bretten népessége 17,6%-al 28.000 főre nőtt, a telekárak emelkedtek, a munkahelyek száma mintegy 27,9%-al 11.000-re nőtt, a munkanélküli ráta pedig a korábbi 20%-ról 7%-ra esett vissza. Mindezek mellett, mivel a vonal egy forgalmas sétálóutcán – a Kaiserstrasse-n – halad keresztül, így vonzó a turisták számára is, a kereskedelemből származó bevétel így a jelzett időszakban mintegy 193,8%-al nőtt.

A rendszer egyértelmű előnyei mellett néhány hátrány is megemlíthető. A Kaiserstrassen, mely a város legforgalmasabb sétálóutcája, szinte az összes városi és TramTrain vonal végighalad, ezáltal annak ellenére, hogy egy közepes méretű településről beszélünk, a villamosok követési ideje megközelíti a budapesti nagykörúti villamosvonalét. A lakossági visszajelzések alapján ezért megkezdődött a sétálóutcat érintő vonalrész föld alá "süllyesztése", ezáltal már egy vonat-metró-villamos komplex konstrukcióról beszélhetünk. Nyilvánvalóan ez igen költséges beruházási elem. Mindezek mellett egyedi járművekre volt szükség, melyeknél amellett, hogy meg kell oldani, a különböző feszültségek alatti közlekedést, eltérő szerepet is el kell látniuk. A városban mint villamos, a regionális forgalomban pedig mint vonat kell működniük. További megoldandó probléma, hogy az eltérő jármű- és peronmagasságok áthidalására, az akadálymentes közlekedés megteremtésére is különleges megoldásokat kell alkalmazni, amelyek nyilvánvalóan drágítják a járművek beszerzési árát.

4.2 Magyarországi példák

A magyar szakemberek körében napjainkig több terv is készült különböző TramTrain rendszerek megvalósításának tekintetében. Mindezek közül az egyik legjobban ismert és előkészített terv a Szeged-Makó viszonylatot ábrázeli el új alapokon.

Az új vonal Szeged belvárosában az 1-es és 2-es villamosvonalakon keresztül érne el Szeged személypályaudvart, ahonnan vonatként haladva érne be Gyimesi út-Szőreg-Deszk-Kiszombor vonalon keresztül Makó állomásra. A részletes megvalósíthatósági tanulmány több alternatívát is tartalmaz, ezek közül csupán az egyik az előbb említett, melynek bekerülési költsége mintegy 37 milliárd Ft lenne (18. ábra).



18. ábra

Szeged-Makó TramTrain egyik lehetséges vonalvezetése

(forrás: [5])

Annak ellenére, hogy számos terv látott napvilágot, hazánkban még egyetlen TramTrain rendszerű vonal sem készült el. Ennek egyik oka – az esetleges politikai, hatósági, műszaki okokon túl – az, hogy ilyen rendszerekből még Európában is relatíve kevés üzemel, azokkal úgy pozitív, mint negatív tapasztalatok is jócskán vannak. Továbbá azok a városok, ahol ilyen rendszerek kiépítésre kerültek jellemzően kisebbek, általánosan 300.000 fő lakosságúak és részben a települések szerkezetével is összefüggésbe hozható a rendszer kiépítésének igénye. Ezért a 6. fejezetben több aspektusból is vizsgálom az ÉDR koncepcióval összefüggésben egy lehetséges TramTrain rendszerben való megvalósítás hasznát, előnyeit a többi alternatívával összevetve.

5. Utazási szokások felmérése

Minden közlekedési tervezés, elemzés egyik alapja az alapvető forgalomáramlási irányok meghatározása és a honnan-hová mátrixok felvétele. A leendő Gyorsvasút részét ábraező HÉV vonalakon (H5, H6, H7) 2013.09.04.-én, szerdán végeztünk kérdőíves felmérést két hallgatótársammal, Papp Tamással és Soós Gáborral. Az időpontválasztás oka, hogy már megjelenjen a hivatásforgalom is a mérés során, továbbá a szerdai nap az egyik legalkalmasabb a három nap közül (kedd, szerda, csütörtök) az átlagos forgalom reprezentálására. A mérés során véletlenszerű mintavétel segítségével a városba beérkező irányokat vizsgáltuk. Az utasok kikérdezése során feljegyeztük az utazásuk kiinduló- és cél megállóhelyét, a járatokat, amelyekkel utaztak és azt, hogy mennyire rendszeresen veszik igénybe a közösségi közlekedési szolgáltatásokat. Az adatokat némileg torzítja, hogy a megállóhelyeken és nem a járműveken végeztük el a mérést, illetve, hogy viszonylag kis számú mintával dolgoztunk (mérésenként 100 fő), azonban a mérés célját – a fő közlekedési útvonalak megismerését – ez nem befolyásolja jelentősen.

5.1 H5-ös (szentendrei) HÉV

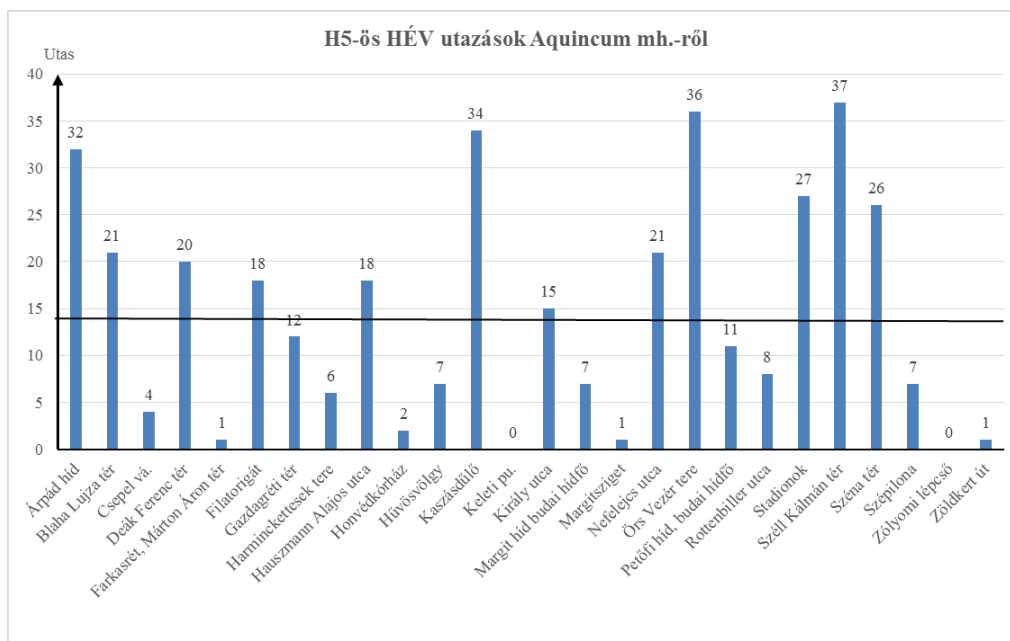
A H5-ös viszonylat esetében Aquincum megállóhelyen végeztük el az utasok kikérdezését. A mérés helye kiváló lehetőséget biztosíthatott volna a MÁV Zrt. esztergomi vonaláról átszálló utasok kikérdezésére, utazási szokásainak felmérésére, sajnálatos módon azonban erre nem volt lehetőségünk, mert ebben az időszakban már zajlott az érintett nagyvasúti vonal felújítása.

A mérés eredményei a 2. táblázatban láthatóak. A 2. oszlopban a mért utazások száma, míg a 3. oszlopcsoportban azok gyakorisága látható. Jelentésük: 1-alkalmi, 2-havi, 3-heti, 4-heti többszöri, 5-napi utazás. A kiértékelés során csupán a 3-4-5 gyakoriságokat vettem figyelembe, ezek 1-4-7 szorzótényezőket kaptak azzal összefüggésben, hogy hetente hány darab utazást generálnak. Az így számított eredmények láthatóak a 4. oszlopban. Mindezek után kiszámítottam az adott irányba utazók átlagos számát, ez 14 utas/megállóhely. A következtetések során így csak az ennél nagyobb számmal rendelkező első öt megállót tekintettem mérvadónak (19. ábra). A számokból jól látható, hogy a legtöbb utas az Örs Vezér tér irányába utazik tovább (M2), majd őket követik a Kaszásdűlő (H5) és a Széll Kálmán tér felé haladók (4-6 villamos), továbbá sokan mennek tovább még az Árpád híd, Stadionok (1-es villamos) irányába is.

2. táblázat A mért eredmények

(forrás: [38])

H5	Aquincum	Gyakori- ság					Számított utazás- szám
		1	2	3	4	5	
Árpád híd	6		1		1	4	32
Blaha Lujza tér	3					3	21
Csepel vá.	2		1		1		4
Deák Ferenc tér	6		1	2	1	2	20
Farkasrét, Márton Áron tér	2	1		1			1
Filatorigát	3				1	2	18
Gazdagréti tér	3			1	1	1	12
Harminckettesek tere	3			2	1		6
Hauszmann Alajos utca	3				1	2	18
Honvédkórház	6	1	3	2			2
Húvösvölgy	3	1	1			1	7
Kaszásdűlő	9	1	1	1	3	3	34
Keleti pu.	4	2	2				0
Király utca	3			1		2	15
Margit híd budai hídfő	2		1			1	7
Margitsziget	2	1		1			1
Nefelejcs utca	3					3	21
Örs Vezér tere	10	3	1		2	4	36
Petőfi híd, budai hídfő	4		2		1	1	11
Rottenbiller utca	2			1		1	8
Stadionok	6			2	1	3	27
Széll Kálmán tér	9	1	1	1	2	4	37
Széna tér	5			1	1	3	26
Szépilona	1					1	7
Zólyomi lépcső	1	1					0
Zöldkert út	1			1			1



19. ábra

H5-ös HÉV utazások

(forrás: [38])

5.2. H6-os (ráckevei) HÉV

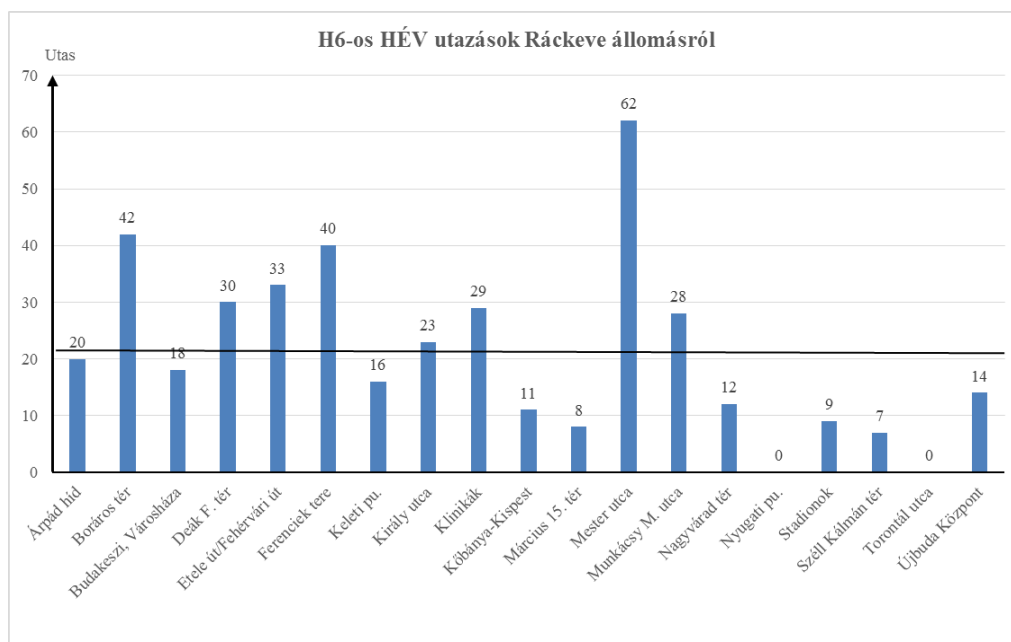
A kikérdezést Ráckeve állomáson végeztük, ennek oka, az, hogy itt volt lehetőség a mérés időtartama alatt a legtöbb utas megszólítására. A mért eredmények a 3. táblázatban láthatóak. A táblázat oszlopainak jelentése és az abban szereplő adatok számítása azonos az előzőekben ismertetettekkel. Az adott irányba utazók átlagos számára 21 utas/megállóhely adódott. A 20. ábrán szereplő adatokból szemléletesen látszik, hogy a legtöbb utas a Mester utca irányába utazik tovább (24-es villamos) őket követik a Boráros tér, Ferenciek tere (2-es villamos) irányába tartók, majd az Etele út/Fehérvári út (2-es, 4-6 villamos) és a Deák Ferenc tér felé továbbhaladók (2-es villamos, M3).

3. táblázat Mért eredmények a H6-os HÉV-nél

(forrás: [38])

H6	Rác-keve	Gyakoriság					Számított utasszám
		1	2	3	4	5	
Árpád híd	5			2	1	2	20
Boráros tér	9			2	3	4	42
Budakeszi, Városháza	6			4		2	18
Deák F. tér	6			2		4	30
Etele út/Fehérvári út	6			1	1	4	33

Ferenciek tere	7			3	4	40
Keleti pu.	4		2		2	16
Király utca	6	1		4	1	23
Klinikák	6	1	1		4	29
Kőbánya-Kispest	6		1	4	1	11
Március 15. tér	4		2		2	8
Mester utca	12	1	2	1	8	62
Munkácsy M. utca	5		1		4	28
Nagyvárad tér	6			4	2	12
Nyugati pu.	2	2				0
Stadionok	3			1	2	9
Széll Kálmán tér	1				1	7
Torontál utca	2	2				0
Újbuda Központ	4	2			2	14



20. ábra

H6-os HÉV utazások

(forrás: [38])

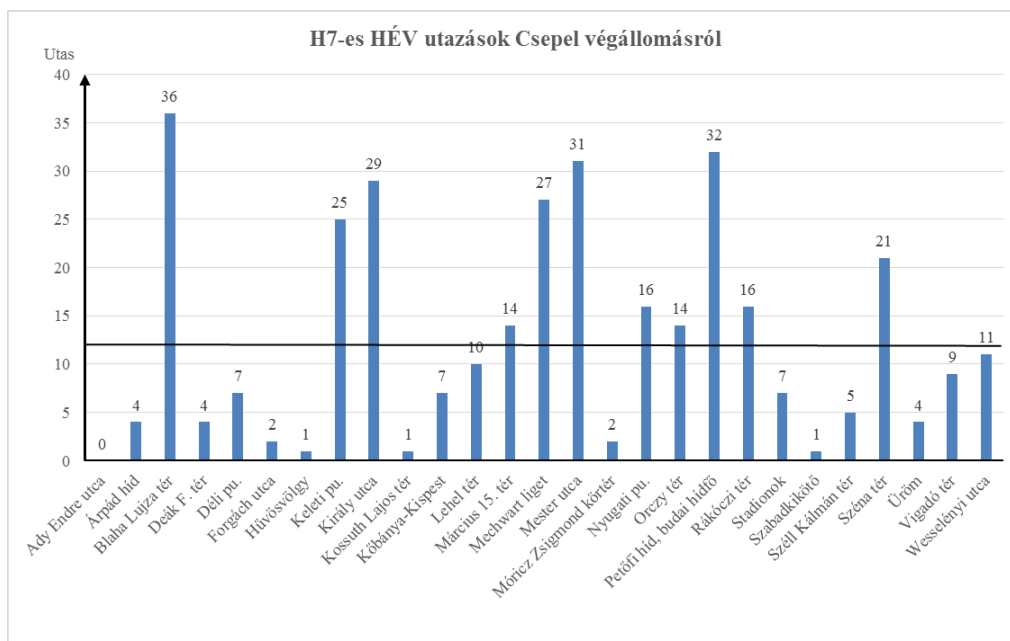
5.3 H7-es (csepeli) HÉV

A felmérést itt is a végállomáson, Csepelen végeztük, hogy minél több utas megkérdezésére legyen lehetőségünk. A mért eredmények a 4. táblázatban láthatóak. Az adott irányba utazók átlagos számára 12 utas/megállóhely adódott. A 21. ábrán láthatóak szerint a legtöbben a Blaha Lujza tér, Petőfi híd budai hídfő, Mester utca, Király utca, Mechwart liget megállók felé utaznak tovább ezzel jelentős utasszámot generálva a 4-6 villamos viszonylaton.

4. táblázat A mért eredmények a H7-es HÉV-nél

(forrás: [38])

H7	Csepel vá.	Gyakori- ság					Számított utasszám
		1	2	3	4	5	
Ady Endre utca	1		1				0
Árpád híd	1				1		4
Blaha Lujza tér	6				2	4	36
Deák F. tér	4			4			4
Déli pu.	1					1	7
Forgách utca	4	2		2			2
Hűvösvölgy	1			1			1
Keleti pu.	12	4	1	1	6		25
Király utca	5				2	3	29
Kossuth Lajos tér	3		2	1			1
Kőbánya-Kispest	1					1	7
Lehel tér	4			3		1	10
Március 15. tér	3	1				2	14
Mechwart liget	6			2	1	3	27
Mester utca	9		2	3		4	31
Móricz Zsigmond körtér	4		2	2			2
Nyugati pu.	6	2			4		16
Orczy tér	2					2	14
Petőfi híd, budai hídfő	5				1	4	32
Rákóczi tér	4			2		2	16
Stadionok	1					1	7
Szabadkikötő	1			1			1
Széll Kálmán tér	3	1		1	1		5
Széna tér	5		2			3	21
Üröm	1				1		4
Vigadó tér	3			1	2		9
Wesselényi utca	4		2		1	1	11



21. ábra

H7-es HÉV utazások

(forrás: [38])

5.4 Következtetések

A mért eredményekből a következő következtetéseket vontam le:

- a H5-ös viszonylat esetében az átszállások az 1-es villamosra, a 4/6-os villamosra és az M2-es metróra történnek elsősorban
- H6-os vonal esetében a legtöbben a 2-es és a 24-es villamosra szállnak át
- H7-es HÉV tekintetében jelentős számú utas száll át a 4/6-os villamosra.

A következtetésekből jól látszik, hogy a H5-ös HÉV esetében egy esetleges átépítés során sem szabad felszámolni a Batthyány téren lévő végállomást, mert ezzel egy átszállási kapcsolat veszne el. Megjegyzendő, hogy a jelenleg elfogadott koncepció szerinti kiépítésben az új vonal viszont tehermentesíthetné, részben átvehetné a 2-es metróvonal szerepét. A H6-os HÉV tekintetében nem teljes mértékben, a H7-es viszonylat tekintetében azonban már teljesen alkalmas lenne az új vonal a jelenlegi állapotoknak egy vonzó alternatívát nyújtani, Blaha Lujza tér felé tartó vonalvezetés esetén.

A következőkben Kesselring-eljárás alapján összehasonlítás során igyekszem megadni a választ a legjobb opcióra vonatkozóan, a korábban ismertetett tervek egységes feltételek melletti összehasonlításával, és a mért adatok figyelembevételével.

6. Kesselring eljáráson alapuló összehasonlítás

Ebben a fejezetben az ÉDR-Gyorsvasút megvalósítása kapcsán felmerült különböző koncepcionális változatokat hasonlítom össze, a komplex rendszerek vizsgálatára is alkalmas Kesselring-eljárás segítségével.

Fritz Kesselring svájci villamosmérnök volt, akinek a nevéhez fűződik a Kesselring-eljárás, mely első ízben az 1955-ben megjelent Morfológiai-analitikai Tervezési módszer című műben fogalmazódott meg. A módszer alapelve, hogy a különböző értékelési tényezők mérhetőek arány-, vagy intervallum skálán, sőt, azok súlyozó tényezők használatával választ adhatnak a legjobb megoldásra vonatkozóan.

Az olyan komplex megoldásokat, rendszereket – mint amilyenek az ÉDR-Gyorsvasút koncepciói is – több szempont szerint is minősíthetjük. Az összemérés során a következő lépéseket szükséges megvalósítani:

- a minősítés alapjául szolgáló értékelési tényezők kiválasztása
- ideális paraméterek meghatározása az egyes értékelési tényezőkre vonatkozóan
- koncepcionális változatok ideális paraméterhez való viszonyítása, pontozása
- korrigált érték meghatározása a súlytényezők figyelembevételével
- az egyes változatok megfelelő sorrendbe állítása az összemérési tényezők figyelembevétele mellett.

6.1 Értékelési tényezők

Az értékelési tényezők konstruálása során azokat a leggyakoribb szempontokat vettem figyelembe, amelyek alapvetően minden tömegközlekedési beruházás megvalósítása során felmerülnek. Ezek a következők:

- *Biztonság*: nehezen számszerűsíthető és összemérhető elem, melynél a biztonság szintje elsősorban attól függhet, hogy a jármű mennyire közlekedik zárt, elkülönített pályán és/vagy térben.
- *Eljutási idő*: az egyik legfontosabb, könnyedén számszerűsíthető tényező. Nyilvánvaló, hogy egy zárt pályán közlekedő jármű esetén kedvezőbb, viszont a pálya kiépítési költsége is magasabb lehet.
- *Gyakoriság*: egyszerűen számszerűsíthető, mely a zárt pályás közlekedés esetén nyilvánvalóan magasabb lehet.

- *Zavarérzékenység*: zárt és nyitott pályák, esetleges alternatív útvonalak, belső végállomások megvalósíthatóságának egyszerű összemérése.
 - *Kényelem*: több szempontból állhat, viszonylag nehezen számszerűsíthető, jómagam az összehasonlítás során az átszállások számát és minőségét tekintetem mérvadóknak.
 - *Beszerzendő jármű*: könnyű összehasonlítást tesz lehetővé, hiszen majdnem minden változat alapeleme, hogy új járművek beszerzésére van szükség, ezek azonban a jellegtől függően (HÉV, TramTrain, HÉV-Metró) eltérő beszerzési árúak is lehetnek.
 - *Menetrendi struktúra*: egyszerűen összemérhető, viszont lényeges, hiszen számos változat egyéb paramétere kedvező lehet, de alapkérdés, hogy beilleszthető-e a menetrendi struktúrába, illetve, hogy milyen feltételek mellett.
- Bekerülési költség*: alapelem, mely a fejlesztések számától, a végrehajtandó koncepciótól függően markánsan eltérő lehet az összemérés során.

6.2 Összemérés

Az összehasonlítás során a következő pontozási skálát használtam:

- 4 pont – igen jó
- 3 pont – jó
- 2 pont – kielégítő
- 1 pont – elfogadható
- 0 pont – nem elfogadható

A pontozási skála meghatározása után a következő táblázatot készítettem:

5. táblázat Pontozási táblázat

(forrás: [38])

	Jelenlegi koncepció (1. sz.)	Jelenlegi állapotok konzerválása (2. sz.)	Integrált gyorsvillamos a 2-es villamossal (3. sz.)	Integrált gyorsvillamos körgyűrű rendszerben (4. sz.)
Biztonság	4	4	3	2
Eljutási idő	4	2	3	2
Gyakoriság	4	3	3	3
Zavarérzékenység	3	3	4	4
Kényelem	3	4	4	4
Beszerzendő jármű	1	3	3	3

Menetrendi struktúra	4	3	3	2
Bekerülési költség	1	4	4	3
Σ	24 pont	26 pont	27 pont	23 pont

A pontozás magyarázata:

- *Biztonság:* a legbiztonságosabbnak a jelenlegi koncepció és a jelenlegi állapotok konzerválása tekinthetőek, hiszen mindkét esetben a járművek elkülönített pályán haladnak. Ezzel szemben a másik két változat biztonsági szintje kisebb lehet, mert itt azok több ponton is kereszteznék a közúti, illetve gyalogosforgalmat is.
- *Eljutási idő:* a legrövidebb eljutási időt egyértelműen az 1. változat kínálja, hiszen részben elkülönített pályán, illetve a földfelszín alatt kerülne kiépítésre. A második legkedvezőbb változat a 3. számú, ennél a 2. sz. az átszállási kényszer, míg a 4. a nagykörúti villamosvonal zavarérzékenysége és a hosszú viszonylat kialakítása miatt lehet kedvezőtlenebb.
- *Gyakoriság:* a legnagyobb gyakoriság kétségkívül az 1. sz. koncepció esetében valósítható meg, a 2. sz. az elkülönített pálya, a 3. és 4. sz. változat pedig a menetrendi struktúrába való illeszthetőség kételyei miatt kapott kisebb pontszámot.
- *Zavarérzékenység:* az értékelés során két szempontot vettem figyelembe: a zavarérzékenységet, illetve az esetleges zavar elhárításának lehetőségét. Az első két koncepció a korábban említettek szerint kevésbé zavarérzékeny (4-4 pont), míg a másik kettő jóval zavarérzékenyebb (3-3 pont). A zavar fellépése esetén azonban az első két változat esetében azt pont a zárt pálya miatt jóval nehezebb elhárítani (2-2 pont), míg a másik kettő esetében a meglévő, vagy a relatíve olcsón kiépíthető vágánykapcsolatok segítségével az könnyedén kezelhető (4-4 pont). A pontozás során a két szempont pontjait összegeztem és ezek átlagolása alapján kerültek meghatározásra a táblázatban is látható pontszámok.
- *Kényelem:* a jelenlegi koncepció azért kapott alacsonyabb pontszámot, mert a föld alatti vezetés (kéreg, vagy mélyvezetés esetén is) mindenábrapen egy kényelmetlen megoldás. Kényelmetlen azért, mert növeli a járműhöz való eljutás idejét, továbbá az esélyegyenlőségi feltételeknek való megfelelés is jóval nehezebb (emlékeztetőül: a jelenlegi metróvonalak esetében csupán két megállóhelyen található összesen lift például). Ezzel szemben a másik három esetben megfelelő, akadálymentes jármű és megálló páros esetén könnyen és gyorsan megtörténhet a járműre való felszállás.

-
- *Beszerzendő jármű:* a legtöbb pontszámot itt az utolsó három alternatíva kapta. A 3. és 4. változat esetén TramTrain járművek beszerzésére volna szükség, míg a 2. sz. esetben egyedi járművekre, amelyek azonban egy normál járműhöz ábraest drágábbak, ezért csupán 3 pontot kapott mindhárom koncepció. Az 1. sz. változat esetén kombinált TramTrain-Metro járművekre lenne szükség, amelyek véleményem szerint jóval drágábbak lennének az előzőekben ismertetettekkel szemben, ezért erre 1 pontot adtam.
 - *Menetrendi struktúra:* a legmagasabb pontszámot itt az 1. koncepció kapta, mert véleményem szerint a menetrendi struktúrába esetleges sűrítéssel a zárt pálya miatt ezt lehetne a legkönnyebben beilleszteni. A 2. sz. csupán azért kapott alacsonyabb pontszámot, mert itt a sűrítés egy esetleges kínálati menetrend kialakításának céljából, csak nehezen megvalósítható, pl. a H6-os vonal egyvágányú vonalai által generált kapacitás hiány miatt. A 3. sz. változat esetében nyilvánvalóan a 2-es villamosvonal lehet egy szűk keresztmetszet, ahol lehetséges, hogy csak a villamos menetrendjének ritkítása jelenthet megoldást. A 4. sz. változat a hosszú viszonylat kialakítása miatt (bár ez tendencia, mondhatni cél a mai közlekedési fejlesztések során) lehet kritikus.
 - *Bekerülési költség:* a legmagasabb pontszámot itt a 2. és 3. sz. változat kapta. Míg előbbi esetében csupán az érintett vonalak rekonstrukciójára volna szükség, addig az utóbbi esetében is csak néhány igen rövid (< 100 m) szakasz kiépítése volna szükséges. Azonban a 4. sz. esetben is csak egy nagyságrenddel hosszabb vonalszakasz kiépítése válna szükségsszerűvé. Mindezekkel szemben az 1. sz. esetben, nyilvánvalóan jóval drágábban lehetne csak kivitelezni a fejlesztést. Napjainkban egy beruházás költsége pedig az egyik legkritikusabb kérdés.

Habár az előző táblázatból szemléletesen látszik a legjobb koncepcionális változat (3. sz.), látható, hogy az egyes alternatívák között csak igen csekély eltérés tapasztalható a pontok tekintetében. Elsősorban az előbbi ok miatt, továbbá mivel az egyes tényezők nem azonos súlyt ábraviselnek, ezért szükséges a további számolás, amikor súlytényezőkkel kerülnek beszorításra az egyes pontok. Mivel ezeknek a tényezőknek a meghatározása igen fontos és összetett kérdés, így ebben a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszékének Oktatói nyújtottak segítséget.

A súlytényezők így a következőképpen alakultak:

6. táblázat Súlytényezők

(forrás: [38])

	Súlytényező
Biztonság	10
Eljutási idő	8
Gyakoriság	6
Zavarérzékenység	7
Kényelem	4
Beszerzendő jármű	9
Menetrendi struktúra	5
Bekerülési költség	10

A súlytényezőkkel számolt táblázat:

7. táblázat Súlytényezőkkel kiegészített táblázat

(forrás: [38])

	Jelenlegi koncepció (1. sz.)	Jelenlegi állapotok konzerválása (2. sz.)	Integrált gyorsvillamos a 2-es villamossal (3. sz.)	Integrált gyorsvillamos körgyűrű rendszerben (4. sz.)	Optimális
Biztonság	40	40	30	20	40
Eljutási idő	32	16	24	16	32
Gyakoriság	24	18	18	18	24
Zavarérzékenység	21	21	28	28	28
Kényelem	12	16	16	16	16
Beszerzendő jármű	9	27	27	27	36
Menetrendi struktúra	20	15	15	10	20
Bekerülési költség	10	40	40	30	40
Σ	168 pont	193 pont	198 pont	165 pont	<u>236 pont</u>
Kesselring-eredmény	0,711864	0,817797	0,83983	0,699153	

Az egyes értékek kiszámításához a következő képletet használtam:

$$X' = \frac{\sum p_i * v_i}{\sum p_{imax} * v_i}$$

Ahol p_i jelöli az 6. táblázatban megtalálható egyes cellaértékeket, p_{imax} a pontozási skála maximális értékét (egységesen 4 az értéke), v_i pedig a súlytényezőket.

Az X' maximális értéke 1 lehet, így relatív és abszolút rangsorolásra is lehetőséget nyújt. Az egyes értékek osztályozása a következők szerint történik:

$0,8 \leq X' \leq 1$	nagyon jó
$0,6 \leq X' < 0,8$	jó
$X' < 0,6$	nem megfelelő

Mindezek alapján megállapítható, hogy az integrált gyorsvillamos a 2-es villamossal (1.) és a jelenlegi állapotok konzerválása (2.) nagyon jó megoldások, a jelenlegi koncepció (3.) és az integrált gyorsvillamos körgyűrű rendszerben (4.) jó megoldások.

7. Jármű

Az ÉDR Gyorsvasút kiépítése során az egyik legfontosabb kérdés a vonalvezetésen túl a járművéké. Habár a jelenleg közlekedőek is igen jó állapotúak, megbízhatóan üzemelnek, azok cseréje korukból adódóan időszerű. A következőkben elsőként egy TramTrain jármű beszerzésekor felmerülő kérdéseket kívánom bemutatni, majd néhány olyan járművet, melyek a 3. fejezetben ismertetett koncepciók megvalósításakor alkalmasak lennének a vonalakon való közlekedésre.

7.1 TramTrain jármű beszerzésének kérdései

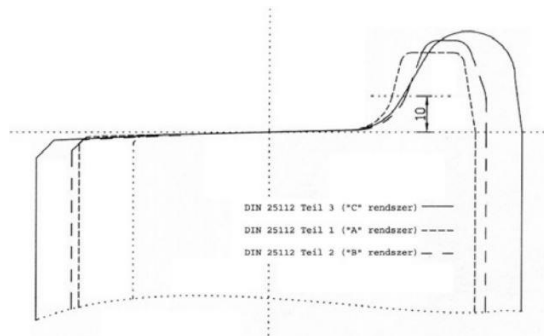
Egy új jármű beszerzése esetén, főként ha az olyan típusú és rendszerű, mely az adott hálózaton még nem közlekedett, számos kérdés merülhet fel. Jómagam ezek közül a teljesség igénye nélkül néhány fontosnak ítéltet emeltem ki és ezeket fogom bemutatni.

7.1.1 Jogi/szervezeti

Szervezeti oldalról egy TramTrain rendszerű jármű üzembe állítása relatíve könnyen megvalósítható lenne, mivel mind a HÉV, mind a villamos ágazat közös irányítás alatt áll. Ebből a szempontból a budapesti megoldás akár egy minta is lehetne a későbbi vidéki rendszerek létrehozására. A jegyrendszer tekintetében a mai állapotok utasbarátnak és korszerűnek tekinthetők. Fel kell azonban szerelni a járműveket a megfelelő fékekkel, melyek segítségével a városi szakaszokon is viszonylag rövid fékút valósítható meg (sínfék).

7.1.2 Nyomtáv

Mivel mind a HÉV, mind a villamos esetében normál, 1435 mm-es nyomtávolságról beszélhetünk, így ez nem vet fel további kérdéseket. A beszerzés során azonban oda kell figyelni arra, hogy amennyiben a jármű a villamoshálózat pályáját is használja, akkor a legkisebb bejárható ívsugar tekintetében annak az adatait kell alapként kezelni. Továbbá mivel a HÉV és a villamos tekintetében a nyomvezetés jelentősen eltérő, ezért különleges megoldást kell keresni a kerékprofil kialakítása során, a megfelelő futásjószág megalapozása érdekében (22. ábra).



22. ábra

Eltérő kerékprofilok és egy különleges kialakítás

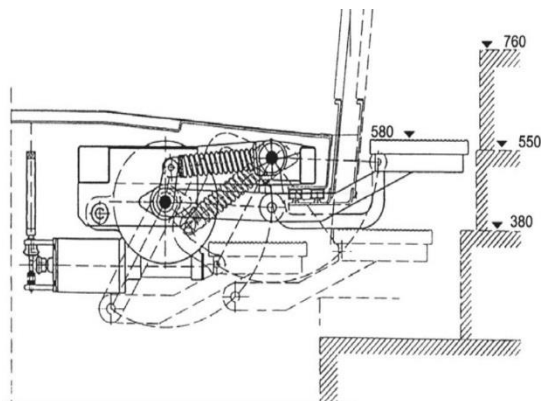
(forrás: [6])

7.1.3 Áramnem

Mind a két közlekedési ág egyenárammal villamosított, azonban míg ez a villamos esetében 550 V, addig a HÉV tekintetében 1000 V. Több lehetőség is felmerül: vagy a HÉV vonalak rekonstrukciója során több betáplálási pontot helyezünk el a hálózaton, vagy kétáramnemű járműveket szerzünk be. Nyilvánvaló, hogy az utóbbi megoldás jóval költségkímélőbb.

7.1.4 Űrszelvények, peronok

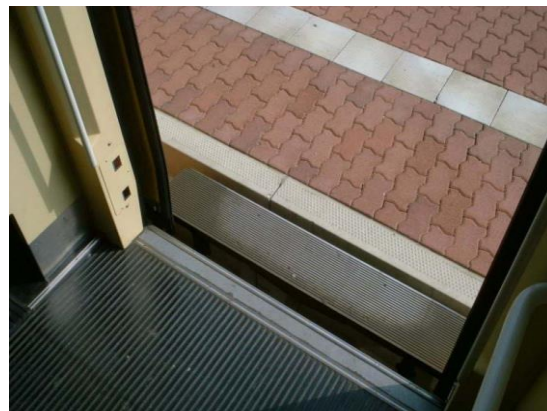
Az űrszelvény tekintetében két kritikus adattal kell számolni: a jármű szélessége és magassága. A magasság kevésbé korlátozó tényező, a jelenleg közlekedő HÉV és villamos járművek magassága közel azonos (pl. MX: 3300 mm, TW6000: 3310 mm). A szélesség tekintetében a villamosok adatai a mérvadóak, itt a jelenleg közlekedő legszélesebb jármű 2500 mm-rel a Tatra T5C5, mivel azonban a 2-es villamossal való összeköttetés merül fel a tervekben, ahol a Ganz CSMG2 és KCSV7 típusú villamosok közlekednek, így 2300 mm a mérvadó adat. A szélesség a jelenleg közlekedő MX szerelvényeken ezzel szemben mintegy 2680 mm. Ez azt jelenti, hogy (2300 mm-es szélességgel számolva) az új járműveknél oldalként 190-190 mm széles hely keletkezik a jármű és a peron széle között. Ezt a távolságot csak különleges megoldásokkal (lenyíló lépcső, megállóhely ajtóknál történő szélesítése) lehetséges megoldani (23, 24. ábra). Ez megdrágíthatja a beszerzési költséget, azonban akár a Hungaroplan vagy a TW6000 villamostípusra gondolva, a BKV-nál már vannak tapasztalatok a lenyíló lépcsőkkel kapcsolatban, így azok üzemeltetése, karbantartása nem jelenthetne nagy újdonságot.



23. ábra

Eltérő peronmagasságok - lenyíló lépcső

(forrás: [6])



24. ábra

Szintbeli beszállás lenyíló lépcsővel

(forrás: [6])

7.1.5 Költségek

Költségek tekintetében a már korábban említetteken túl – többáramneműség, különleges kerékprofil, kinyíló lépcső – elsősorban az utastér kialakítása, az ajtók száma, az utastájékoztató minősége és a járművek hossza lehet még meghatározó. Az utastér kialakítása tekintetében olyan megoldást kell keresni, amely egyaránt alkalmas a regionális forgalomban az ülőhelyek számának maximalizálására (esetlegesen kerékpárok elhelyezésére), továbbá kielégíti az esélyegyenlőségi és városi igényeket is (több állóhely, kevesebb ülőhely). Egy jó megoldás lehet az, ha többcélú terek kerülnek kialakításra, így olyan, ahol főként ülőhelyek vannak, illetve olyan is, ahol a mozgásukban korlátozottak, illetve az álló utasok is kényelmesen utazhatnak (25, 26. ábra – Saarbrücken, Bombardier Flexity Link típusú villamos). Az ajtók számának tekintetében a jelenlegi HÉV járművek lehetnek mérvadóak: a 47 m-es MX típusú járműveken 9 db ajtó található. A jövőben tehát mindenábrapen hasonló hosszúságú járművek beszerzésében érdemes gondolkodni, azonban véleményem szerint, amennyiben a jármű három átjárható részből áll, melyet csukló köt össze, oldalanként – középre helyezve – elegendő lehet a 6 db ajtó is. Megjegyzendő azonban, hogy a H6-os HÉV esetében elsősorban az alacsonyabb utasforgalmú időszakokban akár kétrészes (~32 m-es) járművek is elegendőek lehetnének a jelentkező utasforgalmi igények kielégítésére (ezen állítást elsősorban az elvégzett felmérés adataira alapozom). Utastájékoztató tekintetében a ma már követelménynek tekinthető audio-vizuális utastájékoztató berendezés szükséges a járműveken, belső kijelzőkkel, amelyek kompatibilisek a FUTÁR rendszerrel is.



25. ábra

Bombardier Flexity Link típusú villamos

(forrás: [7])



26. ábra

A villamos utastere

(forrás: [6])

7.1.6 Biztosítottság

Biztosítottság tekintetében a legfontosabb követelmény, hogy a beszerzendő járművek menetdinamikai illesztése egyaránt megvalósuljon a HÉV és a villamos pályán is. Követelmény tehát, hogy megfelelő számban és méretben a járműveket sínfékkel kell ellátni, hiszen a városi közlekedésben a járműveknek szükség szerint rövidebb fékúton is meg kell állniuk a balesetek elkerülése, vagy a bekövetkezett károk csökkentése érdekében.

Az előző pontokban ismertetettekből jól látszik, hogy egy TramTrain járműnek jóval több követelménynek kell megfelelnie, mint egy normál villamos járműnek. El kell látnia a villamos feladatát, azonban – még ha csak alapszinten is – de meg kell felelnie a vasúti pályán való közlekedésnek is. Részben e komplex igények miatt eddig kevés ilyen jármű készült el, ezek közül kívánok a teljesség igénye nélkül a következő alfejezetben néhányat bemutatni, két megvalósult, illetve egy, még csak terv szintjén létező példán keresztül.

7.2 Alkalmas járművek

7.2.1 Stadler Zebra, Frauenfeld



27. ábra
Stadler Zebra
(forrás: [8])



28. ábra
Utastér
(forrás: [8])

A svájci Stadler cég új fejlesztése, mely egy TramTrain rendszerű jármű. Frauenfeld városában a 2013-mas évben kezdték meg üzemüket. A jármű utastere elsősorban a regionális forgalom igényeinek kielégítésére optimalizált.

7.2.2 Molnár Ádám, HÉV-konceptió



29. ábra
HÉV-járműkonceptió
(forrás: [9])



30. ábra
A jármű utastere
(forrás: [9])

A Molnár Ádám formatervező által kidolgozott HÉV-konceptió több szempontból is érdekes, tárgyalásra érdemes. A kidolgozott munkában ugyanis olyan jármű terveit vázolja fel,

mely jó közelítéssel kiválóan alkalmazható lenne egy TramTrain rendszerben is. A Fiatalember által kidolgozott jármű utastere többfunkciós, a városi járműegységben oldalt elhelyezett fapadok hozzájárulnak a megfelelő ülő/álló utas arány megteremtéséhez, míg a regionális járműegységben a párhelyes elrendezésű ülések garantálnak nagyobb menetkomfortot. Összességében tehát elmondható, hogy habár ez csak egy formaterv, mindenábrapen továbbgondolásra érdemes, megfelelő műszaki paraméterek figyelembevétele mellett.

7.2.3 GT8-100D/2S-M



31. ábra

Nagyvasúti pályán

(forrás: [10])



32. ábra

Utastér a csuklóból tekintve

(forrás: [11])

A Karlsruhe városában közlekedő második generációs jármű kifejezetten a TramTrain rendszer követelményeinek megfelelően került kialakításra. Az ajtók kis száma, a jó gyorsítóábraesség, valamint a nagy menetsebesség a vasúti pályán való közlekedést, míg a rövid járműhossz, kis szélesség a villamos pályán való közlekedést alapozza meg. A járműben a szintkülönbséget a már korábban ismertetett kinyíló lépcsőkkel hidalták át.

Az előzőekben ismertetett járműveket csupán azon okból mutattam be, hogy néhány szemléletes példát hozzak a TramTrain járművekkel kapcsolatban. Jól látszik, hogy felépítésük, utasterük elrendezése nagyban hasonlít egymásra, így kiváló példái lehetnek egy újonnan beszerzett járművel szemben támasztott követelmények megalapozásának.

8. Összefoglalás

A TDK dolgozat elkészítése során az volt a célom, hogy az ÉDR Gyorsvasutat, mint komplex rendszert több aspektusból is vizsgáljam, és számításokkal alátámasztva választ adjak a legjobb alternatívára vonatkozóan. A fő utasáramlási irányok vizsgálata, a Kesselring eljárás és a beszerzendő járművekkel szemben támasztott követelmények meghatározása is mind ezt a célt szolgálták.

A forgalomáramlási irányok felmérésének kettős célja volt: felmérni az utasforgalmat, hogy az a menetrendi struktúra esetleges változtatása esetén alapadatként szolgálhasson, továbbá, hogy elősegítse a megfelelő, összehasonlítható kivánt koncepcionális változatok kiválasztását. Megjegyzendő, hogy nagyobb mintanagyságú forgalomszámlálás pontosabb, vagy akár eltérő eredményekkel is szolgálhatott volna, azonban erre a viszonylag szerény mérési körülmények miatt nem volt lehetőség.

Nyilvánvaló volt, hogy a gyorsvasút megvalósítása során felmerülő alternatívák osztályozására, rangsorolására mindenábrapen olyan megoldást kell keresni, mely a komplex rendszerek esetén könnyűszerrel alkalmazható. A Kesselring eljárás azért mutatkozott alkalmasnak, mert viszonylag egyszerű módszerekkel, látványosan választ ad a legjobb változatot illetően. Az eljárás számításainak elvégzése során arra az eredményre jutottam, hogy a legkedvezőbb megoldás a 2-es villamossal való integrált gyorsvillamos koncepció lehetne.

Ha új forgalmi kapcsolatot építünk ki, az érintett vonalakon rekonstrukciót végzünk, felmerülhet a kérdés új járművek beszerzésével kapcsolatban, főként ha egy átjárható, TramTrain megoldásban gondolkozunk. Mindezek miatt tartottam fontosnak azon szemben támasztott követelmények bemutatását, melyek egy esetleges járműbeszerzésnél felmerülhetnek. A következtetéseket levonva megállapításra került, hogy a két legfontosabb szempont – a számos egyéb műszaki jellegű paraméter mellett – a járművek hossza és a megfelelő ülő/állóhely arány kialakítása, mely által egy vonzó járműkoncepció alakítható ki.

Zárásként elmondható tehát, hogy a jelenleg elfogadottnak tekintett koncepcionális változattól jó közelítéssel van hatékonyabb is, akár a bekerülési, vagy a hasznossági mutatókat nézve is. Természetesen ezzel szemben széleskörűbb vizsgálat, vagy további szempontok figyelembevétele esetén az általam ismertetett és kiszámolt eredményektől eltérőek is létrejöhetnek. Úgy gondolom azonban, hogy jelen dolgozatnak nem ez, hanem inkább egyfajta szemléletformálás, ismertetés, a fejlesztés összetettségének reprezentálása volt az elsődleges feladata. Mivel vi-

szont még mindegyik alternatíva csak koncepcionális és nem megvalósíthatósági szinten létezik, jószerivel akár az általam javasolt megoldás – integrált gyorsvillamos a 2-es villamossal – is kiválóan alkalmazható lenne alacsony költségek mellett magas prioritással a felmerülő utasigények kielégítésére. Bárhogy is legyen, egy biztos: az ÉDR Gyorsvasút kiépítésével olyan vonzó közösségi közlekedési kapcsolat jöhet létre Észak-Buda és Dél-Pest között, mely már régóta hiányzik a budapesti közlekedési hálózathoz és remélhetőleg már nem kell sokat várni az elkészülésére.

9. Forrásjegyzék

9.1 Irodalomjegyzék

- [1] Németh Zoltán Ádám és Mr. Cyber gyűjteménye digitális gyűjteménye
letöltve: 2013.09.10.
- [2] Google Maps Street View
2013.10.01.
- [3] BKV Zrt.
letöltve: 2013.09.10.
- [4] Karlsruher Verkehrsverbund
letöltve: 2013.10.01.
- [5] Szeged-Makó Elővárosi Községi Közlekedés vizsgálata, döntéselőkészítő tanulmány
letöltve: 2013.09.30.
- [6] Barna Zsolt-BME UVT
letöltve: 2013.09.05.
- [7] Bombardier Transportation
letöltve: 2013.09.30.
- [8] Stadler Trains Magyarország Kft.
letöltve: 2013.09.30.
- [9] Diplomamunka: Molnár Ádám
letöltve: 2013.09.10.
- [10] Wikipedia.de
letöltve: 2013.10.15.
- [11] Public Transport.net
letöltve: 2013.09.25.
- [12] Ab van Donselaar
letöltve: 2013.09.30.
- [13] Lakos Rudolf
letöltve: 2013.11.01.
- [14] Hiszi-Map Kft.
letöltve: 2013.09.30.
- [15] Dr. Turányi István: Személyközlekedési üzemtan, 1972
- [16] Kádas Kálmán: Közlekedésgazdaságtan, 1972

-
- [17] Magyarország Kormánya: Új Magyarország Fejlesztési Terv Közlekedési Operatív Program, 2007
- [18] Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ Nemzeti Közlekedési Stratégia I. kötet: Előzetes koncepció és stratégia, 2012
- [19] Budapest Főváros Önkormányzata: 7 éves fejlesztési tervben elkülönített projektek, 2007-2008
- [20] Budapest Főváros Önkormányzata: Budapest Középtávú Városfejlesztési Programja – Podmaniczky program, 2005.06.08.
- [21] Budapest Főváros Városcépzési Tervező Kft, Budapest Főváros Településszerkezeti terve, 2005
- [22] BKK Zrt, Összefoglaló az észak-déli regionális gyorsvasút déli szakaszának megvalósíthatósági tanulmánya c. előkészítési projekthez, 2013
- [23] BKK Zrt, Összefoglaló az M2 és a gödöllői HÉV összekötése c. előkészítési projekthez, 2013
- [24] BKK Zrt, A fővárosi közösségi közlekedés perspektívái, 2013.04.08
- [25] Balogh Imre: Észak-Déli Regionális Gyorsvasút, 2008.01.31.
- [26] Kendi Zsolt: Észak-Déli Regionális Gyorsvasút Entry level terv, 2008.04.21.
- [27] Raab József: Budapest közlekedési rendszerének alternatív fejlesztési terve, 2007.07.18.
- [28] Molnár Ádám, diplomamunka - Helyi érdekű vasút a Főváros számára, 2012
- [29] MHV Cosinus Mérnöki Kft, Tram-train tervezési irányelvek, 2010
- [30] FŐMTERV: Szeged és Hódmezővásárhely tramtrain tervezett üzeme, 2013.04.10.
- [31] Ekés András: Vasúttal a városban-Regionális és elővárosi közlekedés Debrecenben, 2012.10.02.
- [32] UVATERV: Szeged-Makó elővárosi közösségi közlekedés vizsgálata, 2013.10.30.
- [33] Közlekedéstudományi Szemle, Nagy Bana Ibolya: Állami feladatok a Fogyatékosügyi programban, akadálymentes közlekedés, 2001
- [34] Tramways & Urban Transit Tram-trains: Euphoria or Depression?
- [35] European Transport Conference TramTrain: The 2nd Generation, 2004
- [36] therailengineer.com Next stop Rotherham: Sheffield's new Tram Trains
letöltve: 2013.09.27.
- [37] railway-technology.com Tram-Train Trials, United Kingdom
letöltve: 2013.10.29.
- [38] A szerző saját felvételei, munkája, 2013

9.2 Ábrajegyzék

1. ábra	Felszíni vágány a Margit hídnál	5
2. ábra	Batthyány tér felújítás után	5
3. ábra	Közvágóhíd, végállomás	6
4. ábra	Egyvágányú üzem a Gubacsi hídon	6
5. ábra	A Boráros tér a '70-es években	7
6. ábra	A Boráros tér napjainkban.....	7
7. ábra	Korábbi végállomás: Keleti pu.....	8
8. ábra	A Kerepesi út jelenlegi állapotában	8
9. ábra	MIX/A típus	9
10. ábra	MX típus.....	9
11. ábra	MX/A típus.....	9
12. ábra	Jelenlegi koncepció	12
13. ábra	Jelenlegi állapotok konzerválása	12
14. ábra	Integrált gyorsvillamos.....	13
15. ábra	Integrált gyorsvillamos.....	13
16. ábra	750V/15 kV szakaszhatár.....	15
17. ábra	TramTrain jármű és egy TGV szerelvény.....	15
18. ábra	Szeged-Makó TramTrain egyik lehetséges vonalvezetése.....	16
19. ábra	H5-ös HÉV utazások	20
20. ábra	H6-os HÉV utazások	21
21. ábra	H7-es HÉV utazások	23
22. ábra	Eltérő kerékprofilok és egy különleges kialakítás.....	31
23. ábra	Eltérő peronmagasságok - lenyíló lépcső.....	32
24. ábra	Szintbeli beszállás lenyíló lépcsővel	32
25. ábra	Bombardier Flexity Link típusú villamos	33
26. ábra	A villamos utastere.....	33
27. ábra	Stadler Zebra	34
28. ábra	Utastér	34
29. ábra	HÉV-járműkonceptió.....	34
30. ábra	A jármű utastere	34
31. ábra	Nagyvasúti pályán	35
32. ábra	Utastér a csuklóból tekintve	35

9.3 Táblázatjegyzék

1. táblázat	Jelmagyarázat	13
2. táblázat	A mért eredmények	19
3. táblázat	Mért eredmények a H6-os HÉV-nél.....	20
4. táblázat	A mért eredmények a H7-es HÉV-nél.....	22
5. táblázat	Pontozási táblázat	25
6. táblázat	Súlytényezők	28
7. táblázat	Súlytényezőkkel kiegészített táblázat.....	28

10. Köszönetnyilvánítás

Az elkészült dolgozatban nyújtott segítségükért külön köszönet illeti:

Kiss Csaba,

kommunikációs vezető

Stadler Trains Magyarország Kft.

Papp Tamás,

egyetemi hallgató

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Soós Gábor,

egyetemi hallgató

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Varga Nóra,

főiskolai hallgató

Budapesti Kommunikációs és Üzleti Főiskola,

Heller Farkas Turisztikai és Gazdasági Kar