

Az M2 metró és a H5 szentendrei HÉV összekötés megvalósítási lehetőségeinek vizsgálata

Solymosi Krisztián^{1,*} – Dr. Vinkó Ákos² – Pap Zsigmond³

¹MSc Hallgató, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

²Adjunktus, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

³Projektvezető mérnök, Budapesti Közlekedési Központ Zrt.

e-mail: solymosikrisztian@edu.bme.com, vinko.akos@emk.bme.hu, zsigmond.pap@bkk.hu

Absztrakt

A kutatás a két vonal Batthyány téri összekötésének [1] létjogosultságát és műszaki megvalósíthatósági lehetőségeit kívánja meghatározni. Előzetes utasforgalmi igényfelmérés és szimulációfuttatások után komplex menetrend készült az összesen 4 viszonylatból álló Stadtbahn-szerű vonalakra, az Örs vezér terén már meglévő összekötés feltételezésével. A műszaki tekintetben kompromisszumos megoldás az új HÉV Tervezési előírásokkal [2] egyszerűbben kivitelezhető lenne. A vizsgált projekt gazdaságilag megtérülő.

Kulcsszavak: hibrid rendszer, városi és elővárosi gyorsvasút, átjárhatóság, költséghaszonelemzés, menetrend tervezés, forgalmi szimuláció, utazási igényfelmérés, vasúti pályatervezés

DOI:<https://doi.org/10.24228/KTSZ.2025.6.4>

1. A TÉMAVÁLASZTÁS INDOKLÁSA, ELŐZMÉNYEK

Átszállás nélkül Szentendréről Budapest belvárosába metróra? Létezhet az M5-ös metrónak egy lényegesen olcsóbb változata? Vajon képes egy 2 km hosszú alagút megduplázni a HÉV-et használók számát?

Az összefoglaló munka többek között a fentiekre keresi a választ. A kutatás és tervezés folyamán több meglepő eredmény is született.

Mégis azonban honnan jött a téma?

Egy felvetés szerint, ha az Örs vezér terén megteremthető a HÉV és a metró közötti közvetlen kapcsolat, akkor ugyanez ugyanennek a metróvonalnak a Batthyány téri állomásán is

kivitelezhető. A H5-ös szentendrei HÉV-et ugyanis azért hosszabbították meg 1972-ben, hogy elérje az akkor épülő 2-es metróra, ezzel megkönnyítve az utasok belvárosba való eljutását. A helyszíni utasszámlálás során számszerűsíthető információhoz való hozzájutás volt az egyik cél, illetve megvizsgálni, hogy a metróra milyen arányban oszlanak el az átszállások. Mindez a két irány között egy esetleges delta összeköttetés jogosultságának igazolására szolgál.

Az átmenő rendszerek európai elterjedése az elmúlt évtizedekben felvetette a kérdést, hogy Budapesten lehetne-e tovább integrálni a H5-ös HÉV-et a metróhálózatba. Annak milyen következményei és műszaki megoldásai lehetnek, illetve, hogy mennyire lenne megtérülő egy ilyen jellegű beruházás.

A mindenkori utasszámlálások kimutatták, hogy a Batthyány téren az utasforgalom legnagyobb része nem is jön a felszínre, az a HÉV és a metró között történik.

A két vonal utasforgalmi kölcsönhatásának meghatározására helyszíni mérések készültek az utazási igények felmérésére. A több alkalommal elvégzett számlálás eredményeképpen átfogó kép alakult ki a csomóponton történő továbbutazások megoszlásáról. A hipotézis további vizsgálata érdekében célszoftveres forgalmi szimulációk készítése volt a következő lépés. Ehhez segítségével a BKK rendelkezésre bocsátotta az Egységes Forgalmi Modellt (továbbiakban EFM). Ezek a szimulációk azt szolgálták kideríteni, hogy ha valóban összekötésre kerülne a két üzem, akkor hogyan változnának az utazási szokások.

Az előzőekkel párhuzamosan készült egy komplex, több viszonylat összevonásából keletkező, S-Bahn rendszerszerű kialakításra szóló menetrend. Azzal a feltételezéssel élve, hogy a 2-es metró és a H8-as és H9-es HÉV vonalak már össze vannak kötve az Őrs vezér terén [3] tulajdonképpen a város alatt lévő egy közös szakasz mindkét végén két irányba válna szét. Nyugati oldalon Szentendre és a Déli pályaudvar felé, keleti oldalon pedig Gödöllő és Csömör felé ágazna szét a Batthyány tértől Cinkotáig tartó közös szakasz.

Az összekötő műtárgy, maga az alagút megtervezése jelentené azonban talán a legnagyobb kihívást minden feladat közül. Rengeteg adottság van, aminek mind meg kell felelni, és egyesek ki is zárnak másokat. Az előzetes nyomvonalváltozatok után 4 került részletes kidolgozásra, amelyek közül egyet kellett kiválasztani a kutatás végén. Erre egy preferencia összehasonlító szempontrendszert készítettek.

A győztes változat meghatározása után készült arra egy költség-haszon elemzés, hogy gazdasági szempontból is igazolva legyen a feltételezett projekt létjogosultsága.

Felmerült annak a lehetősége, hogy a Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégiában szereplő, Déli és Nyugati pályaudvar összekötő Duna alagúttal [4] létesüljön átszállási lehetőség az összekötő alagútról. Ezek megjelennek a négy részletesen kidolgozott változat helyszínrajzaiban. Az állomások terveit a kutatás terjedelmi korlátai miatt műszakilag nem készítettük el.

A lehetőségeket főleg utasforgalmi szempontból vizsgáltuk, szintén a forgalmi modellező szoftver segítségével. A költség-haszon elemzés során a lehetőség megtérülését vizsgáltuk.

2. A PÁLYA-JÁRMŰ INFRASTRUKTÚRA ÖSSZEHANGOLÁSI KÉRDÉSEI

Fontos tisztázni, hogy a vizsgálat mind a metró, mind a HÉV üzem teljes szakaszán a jelenlegi fő műszaki rendszerek módosítását, illesztését igényli-e vagy sem. Jelenleg ugyanis a HÉV és a metró üzemekben merőben mást alkalmaznak mindkét tekintetben. Ahhoz, hogy egy átjárható viszonylat jöhesse létre, az kell, hogy a két rendszerben is közlekedni képes járművek járjanak a vonal teljes hosszában. Ez magával vonzaná a pályainfrastruktúra egységesítését, ami többek között azt jelentené, hogy azonos peronhossz, és -magasság, azonos biztosító- és jelzőberendezések, továbbá áramellátás kiépítése válna szükségessé [5].

Mivel a középső, közös szakaszon, a mai 2-es metró alagútja jelentős kötöttségeket jelent, így egyszerűbb lenne ahhoz a rendszerhez igazítani a másikat, mint fordítva. A felszínen viszonylag könnyebb módosítani a meglévő állapotokon, mint a föld alatt.

A HÉV-metró közös rendszert az M2+GHÉV projektben tervezték meg, beleértve a padlómagasság, áramellátás (áramszedő vagy harmadik sín) szerelvények kapacitását érintő kérdéseket. Ezeket a kutatás folyamán adottságként kezeltük [6].

3. HELYSZÍNI UTAZÁSI IGÉNYFELMÉRÉS A BATTHYÁNY TÉRI CSOMÓPONTBAN

A műszaki tervezés megkezdése előtt érdemes megvizsgálni a HÉV és a metró közötti utasforgalom megoszlásának aktuális állapotát. Ennek megismeréséhez helyszíni utazási igényfelmérés készült. Ez összesen négyféle mérést jelent, amelyek mind különböző kérdésekre adnak választ.

- Az aluljáróban a HÉV-ről leszálló összes utassal számoltunk, és hogy közülük hányan szállnak át a metróba (1).

- A metróállomáson az összes, mozgólépcsővel az állomásra érkező utast számba vettük, és számba vettük, hogy közülük hányan szállnak fel Pest felé (2).
- Az aluljáróban az összes a metróállomásról a mozgólépcsőn érkező utas és a közülük a HÉV-re átszállók száma került meghatározásra (3).
- A Batthyány téri metróállomáson az összes leszálló és közülük a Pest felől érkező utasokat számoltuk (4).

Annak érdekében, hogy a mérések a mértékadó időszakokban készüljenek, az első két mérés reggeli, míg a 3. és 4. a délutáni csúcsidőben készült. Figyelembe véve, hogy hétfőn és pénteken már módosulhat a munkahelyi forgalom, ezért ezeken a napokon nem mértünk.

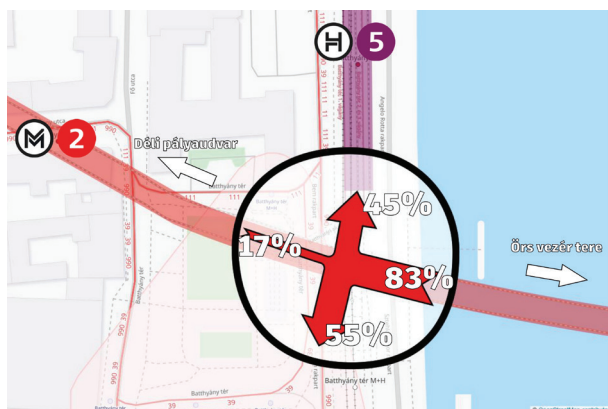
minden 5. utas halad tovább a Déli pályaudvar felé. Az érkező oldalon még drasztikusabb a különbség.

Mivel a HÉV-ről az M2-es metróra a Déli pályaudvar felé felszállva csak a Széll Kálmán tér és a Déli pályaudvar lehet célpont, és ezeket a pontokat a Déli pu. – Nyugati pu. vasúti alagút kiszolgálja, a H5-ös használó utasok a cikk tárgyát képező vizsgált műtárgyon javasolt vasúti átszállóhelyen a vasúti járatokra átszállva el tudnák érni ezeket a célpontokat. Kimondható, hogy hálózati szempontból is szükségtelen lenne a H5-ös vonalról külön a Déli pályaudvar felé kanyarodó metróműtárgy építése.

4. MENETREND TERVEZÉS

A kutatás összetettségét jelentette, hogy a kutatott projektnek egyszerre sok szempontnak kellene megfelelnie, ahhoz, hogy megvalósíthatónak tekinthető legyen. Egyik ilyen volt egy megfelelő menetrend kialakítása.

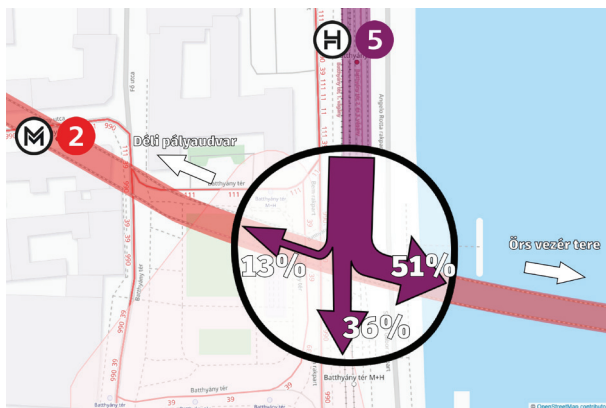
Az alap koncepció, hogy a Batthyány tértől Cinkotáig tartó közös szakaszon a 2-es metró jelenlegi követési ideje megmaradjon, és mindemellett az összes ágra, végállomásra nagy mennyiségű és hatékonyságú kiszolgálás történjen. Az utazások megfelelő hatékonyságú kielégítése érdekében három időszakra készült menetrend:



1. ábra: A Batthyány térre HÉV-vel érkezők tovább utazási szokásai (forrás: saját szerkesztés)

Az 1. és 3. mérés célja a metró és HÉV forgalmának összefüggését vizsgálta, célja a kutatott fejlesztési lehetőséggel közvetlenül előnyben részesített utasszám becslése volt. A 2., illetve 4. mérés azt a kérdést célozta megválaszolni, hogy szükség van-e egy delta elágazásra vagy elég egy egyszerű elágazás a Batthyány téren.

Az 1. és 2. ábrák jól szemléltetik, hogy a HÉV-nek és a metrónak nagyon erős hatása van egymásra az utazási szokásokat tekintve. Mindemellett az is megállapítható, hogy nincs szükség delta elágazásra, ugyanis a metróba érkezők mintegy 80%-a Pest és csupán



2. ábra: A Batthyány térre metróval érkezők tovább utazási szokásai (forrás: saját szerkesztés)

- hétköznap csúcsidőszak
- hétköznap napközben és egésznapos hétvégi időszak
- peremidőszak (üzemkezdettől reggel 6 óráig és 21 órától üzemzárásig)

A nehézséget egyrésről az jelentette, hogy a csúcsidőszakban minden ágon elég sűrűn járnak a szerelvények, azonban összeérve a közös szakaszon ne merítsék ki annak teljes kapacitását. Másrésről pedig az, hogy peremidőszakban, mikor a közös szakaszon is ritkábban járnak a vonatok, akkor is legyen érdembeli kiszolgálás mindegyik ágon, és mindez a járatrendszer az utazóközönség számára is kiismerhető legyen. Mindezen igények kielégítése érdekében az 1. táblázatban összegzett menetrendet vizsgáltuk.

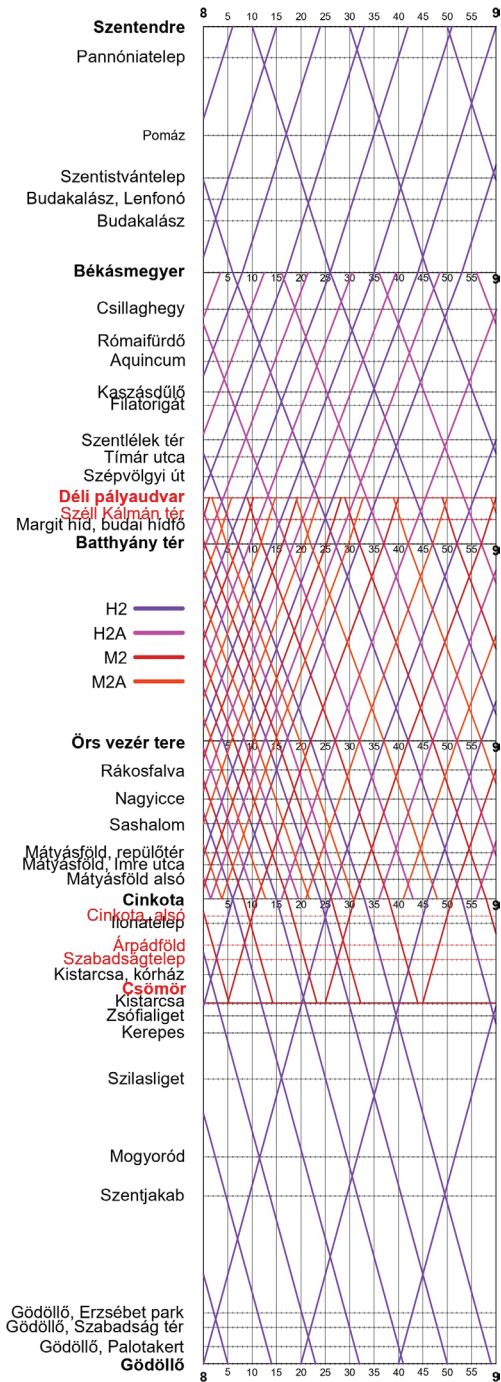
időszak	Követési idő [perc]	
	viszonylatonként	közös szakaszon
csúcs	10	2,5
napközben	20	5
perem	20, - (A)	10

1. táblázat: Követési idők
(forrás: saját szerkesztés)

Csúcsidőben a közös szakaszon a szerelvények 2,5 perces követési ideje mindkét elágazó állomáson 5-5 percre válna szét. A budai oldalon minden második a Déli pályaudvar és minden második Szentendre irányába menne tovább, amihez a mai HÉV kapacitás biztosított.

A békásmegyeri betétjárat végpont változatlanul feltételezett, így Budapest belvárosából 10 percenként lenne Szentendreig közlekedő járat, és 5 percenként lehetne a békásmegyeri betétjárat segítségével a városhatárig eljutni. Így összességében minden negyediknek lenne Szentendre a végállomása.

A keleti oldalon a két végállomás Csömör és Gödöllő lenne, amelyek szintén egyenlő 50-50%-os arányban haladnának tovább szerelvények, mindkettőnek a betétjárata azonban Cinkotáig betétkezne, így Szentendréhez hasonlóan csupán minden negyedik járat menne Gödöllőig, illetve Csömörre. A belvárosból Gödöllőre és Csömörre 10-10 percenként indulna járat, míg Cinkotáig mindegyik eljutna, vagyis itt 2,5 perces követés lenne érvényes.



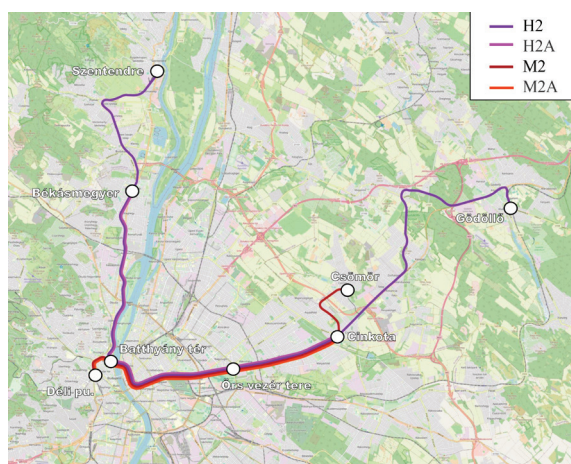
3. ábra: Tervezett grafikus menetrendábra részlete (forrás: saját szerkesztés)

A napközbeni időszakban hasonló módon történne a felosztás, azzal az egyedüli különbséggel, hogy a közös szakaszon 2,5 helyett 5 percnként közlekednének a vonatok, így az összes ágon a követési idő a kétszeresére növekedne a csúcsideihez képest.

Peremidőszakban a közös szakaszon 10 perc követéssel járnának a szerelvények. Mivel, ha minden negyedik közlekedne teljesen a végállomásokig ebben az időszakban, az ritka kiszolgálást jelentene. Ezáltal mind a Déli pályaudvari, mind a szentendrei, gödöllői és csömöri végállomásra is 20 percnként járnának a vonatok. A békásmegyeri utasigények kiszolgálására az esti peremidőszak elején a kocsiszíni menetek felhasználásával a maival megegyező követés feltételezett.

Összesen négy feltételezett viszonylat képezte a vizsgálat részét. A mindkét oldalon két irányba szétágazó szárnyvonalak párba kerülnének, és mind a kettőnek lenne egy-egy betétjárata is. Ezekre azért lenne szükség, mert a forgalom nem indokolja, hogy a vonalak teljes hosszában minden időszakban maximális sűrűséggel közlekedjenek a vonatok, mint a középső, közös szakaszon. A négy viszonylat így a következő:

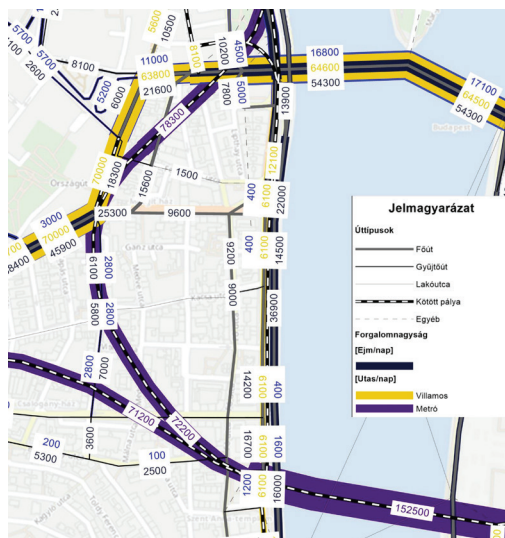
- H2 Szentendre – Gödöllő
- H2A Békásmegyer – Cinkota
- M2 Déli pályaudvar – Csömör
- M2A Déli pályaudvar – Cinkota



4. ábra: Viszonylati térkép
(forrás: OSM és saját szerkesztés)

5. FORGALMI SZIMULÁCIÓ

Az utazási igény további alátámasztása érdekében a német PTV Visum szoftverben készültek forgalmi szimulációk, amelyben alapmodellként a EFM-t használtuk. A programban több állapot, ún. szcenárió készült, amelyben az alap, jelenlegi modellel kerültek összehasonlításra. A két üzem összekötésével létrejövő vizsgált helyzetet az 5. ábra, míg a jelenlegi (2019-es mo-

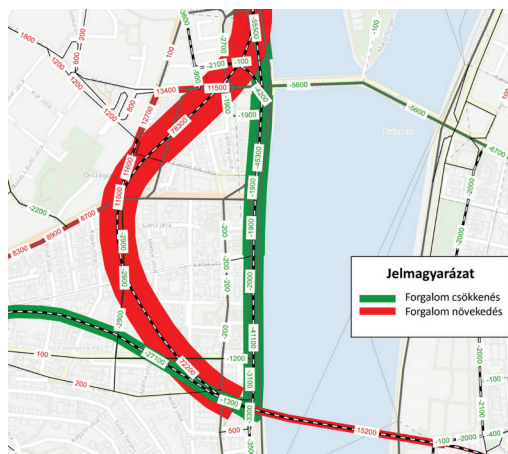


5. ábra: Az összekötéssel létrejött új forgalmi helyzet
(forrás: PTV Visum, EFM, saját szerkesztés)

dell) állapottól való eltérést a 6. ábra mutatja be. A keletkezett többlet utazásokat zölddel, míg a csökkenéseket pirossal jelöltük.

Megfigyelhető, hogy a HÉV jelenlegi Batthyány tér és Margit híd közti szakaszán nagyon nagy negatív, míg az új nyomvonalon kiemelkedő pozitív változást mutat a program. Ez azért van, mert az új nyomvonal miatt az összes jelenlegi eltűnne a régiről és a többletutazások a jelenlegivel együtt mind pluszban jelennének meg az új nyomvonalon.

Egyik mellékhatásként megfigyelhető a 4-es és 6-os számú villamosok forgalmának átrendeződése, a vizsgálattal a Margit hídi és Margit körüli szakasz forgalma sokkal kiegyenlítettebbé válna, ami a villamosforgalom szervezésében jelentős könnyebbé lenne.



6. ábra: Az összekötéssel módosult állapot
(forrás: PTV Visum, EFM, saját szerkesztés)



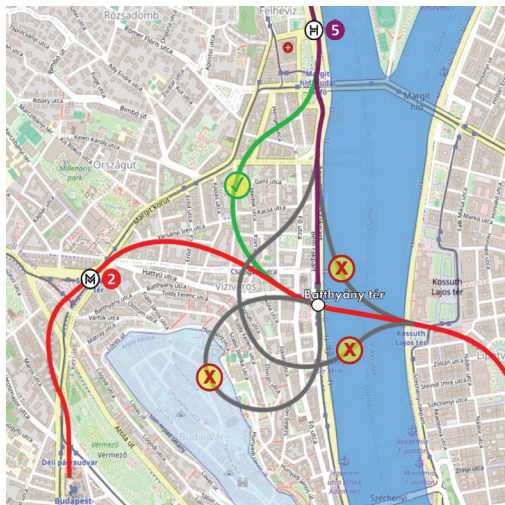
7. ábra: Duna-alagúttal van átszállási lehetőség vs. ha nincs
(forrás: PTV Visum, EFM, saját szerkesztés)

Az országos jelentőségű átszállási kapcsolatok lehetősége miatt készültek szimulációk arra az esetre, hogy hogyan változnának meg az utazási szokások, ha a tervezett Nyugati pályaudvar (Rákosrendező) a Déli pályaudvarral (Kelenfölddel vasútállomással) összekötő Duna-alagúton létesülne egy köztes állomás a Margit híd budai hídfőnél, amire közvetlen átszállási lehetőség lenne biztosított a vizsgált összekötésen áthelyezett, ugyanezen néven futó állomással.

A 7-es ábra azt mutatja be, hogy milyen különbség adódna, ha létesülne a Duna-alagúton állomás, amely össze lenne kötve az M2-H5 alagúttal. Ha mindkét műtárgy megépülne akkor azonban nem lenne átszállási lehetőség, továbbá a Duna-alagúton a jelenlegi tervek szerint nem lenne állomás a Margit híd, budai hídfőnél.

6. ELŐZETES NYOMVONALKERESÉS

Az összekötés megtervezésekor figyelembe kell venni, hogy a legnagyobb kihívást nem a helyszínrajzi nyomvonallevezetés adná, hanem a nagy magasságkülönbség rövid távon történő leküzdése miatt a magassági vonallevezetés. Így a 2-es metró elágazását követően a vágányok meredeken emelkednének. A két egymásra közel merőleges vonalat négy irányból lehetne elméletileg összekötni, amelyeket a 8. ábra szemléltet.



8. ábra: Előzetes nyomvonallevezetések
(forrás: OSM, saját szerkesztés)

Két irányt ki lehet zárni a Duna miatt, mert a vonal ott azonnal nem kezdődhetne emelkedéssel. A délnyugati hurok alagutat több szempontból sem lenne érdemes kialakítani. A minimális sugarú íves kialakítással a Várhegy alatt haladna át, ahol az ott található mészköves talaj műszakilag jelentősen megnehezítené alagút építést. Ezen felül kétszer érintené ugyanazon földrajzi pontot – csak másik magasságban, – ami utazási idő kiesést jelentene. Így összességében egy lehetséges összekötési irány maradna: északnyugatról a Vízivároson át. Az itt

található altalaj ráadásul hasonlóan agyagos felépítésű, mint amiben az M2-es és M3-as metró egy része is halad. [7] A részletesen kidolgozott változatok ebbe az irányban haladnak.

7. VASÚTI PÁLYA TERVEZÉS

Négy fő változatot vizsgáltunk, amelyeket az elágazó állomás vágányainak száma és az elágazás szintbenisége szerint egy 2x2-es mátrix szerint lehet osztályozni a 2. táblázatnak megfelelően. A vizsgálathoz a Metró [8] – és HÉV tervezési előírásokat [9] egyaránt figyelembe vettük, amelyek közül azon esetekben, amikor azok elmentmondásba kerültek, a metró tervezési előírások voltak a mérvadóak.

Változat neve		vágányszám	
		2	3
elágazás	szintbeni	A/1	A/2
	külön szintű	B/1	B/2

2. táblázat: Kidolgozott változatok
(forrás: saját szerkesztés)

A H5-ös HÉV folyópályájához való csatlakozás mind helyszínrajzi, mind magassági értelemben azonosra terveztük mind a négy változatban. Annak érdekében, hogy a Margit hídtól északra elhelyezkedő jelenleg is havária esetén alkalmazott harmadik, kihúzóvágány, ami nem megy le a rámpán, hanem végig a felszínen marad, továbbra is megmaradjon jelenlegi helyzetében és funkciójában, annak a folyópályába becsatlakozását jelentő kitérőig a változatok a meglévő vonalvezetéshez igazodnának.

A HÉV jelenlegi keretlagútjában lévő vágányok járműtárolási lehetőségekre maradnának meg. Egy ilyen méretű flottát működtető rendszerben egy, a legforgalmasabb szakaszon igénybe vehető üzemi terület elengedhetetlen a stabil működéshez, az M3-as metróon is vannak éppen ezért vonalközi félreálló, szükségkarbantartó helyek. A keretlagút vágányaihoz való csatlakozás egy főirányban megszakításmentes kitérő biztosítaná, amely ez esetben a főirány a kitérőirány lenne. Ez a Szentendre felé tartó vágány (Dunához közelebbi) lenne, amelyről meg lehetne közelíteni a keretlagútban lévő tárolóvágányokat.

A Margit híd budai hídfő állomás beforgatva kerülne kialakításra, azonban közvetlen kapcsolata a 4-es és 6-os számú közúti vasúti vonalakkal továbbra is megmaradna. Az állomás hozzátétőlegesen mind a négy változatban azonos helyszínrajzi és magassági elhelyezkedésű lenne, a kisebb eltérések mind a keresztezés mivoltából adódnának. A felszínre az M2-es és M3-as metróvonalak belvárosi szakaszaihoz hasonlóan két lépcsőben lehetne feljutni. Először egy, a Margit körút alatt található aluljáróba érkeznenek az utasok, ahonnan a különböző oldalakon elhelyezett lépcsőkkel az út bármelyik oldala, illetve a 4-es és 6-os villamosok megállóhelye is közvetlenül elérhetővé válna. Az akadálymentesítés, az aluljáróból mind az állomásra, mind az összes felszíni oldalra, beleértve a városi vasúti megálló liftekkel lenne megoldott.

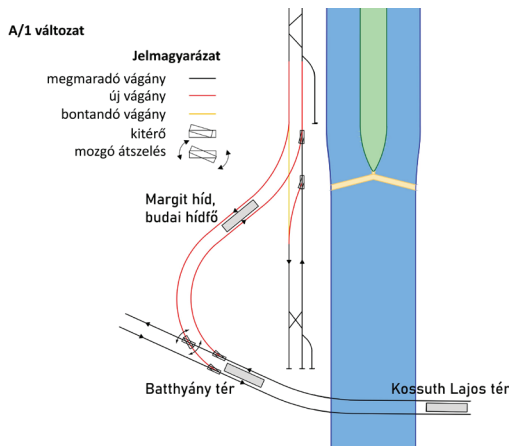
A Duna alagúton közlekedő vonatokra történő átszállási lehetőség vizsgálatának érdekében tervezett annak nyomvonalára egy nagyvasúti állomás az ahhoz tartozó metró - HÉV összekötő alagúton vizsgált állomásra és a felszínre egyaránt közvetlen kapcsolatokkal. Ezen állomás a koherencia miatt szintén „Margit híd budai hídfő”-nek lenne elnevezve, hiszen az azonosan elnevezett M2-H5 állomásra lehetne át- illetve annak környezetébe leszállni. Minden megközelítési oldalról liftekkel lenne megoldva az akadálymentesítés. Mindemellett a nagy forgalomlebonnyító képessége miatt mozgólépcsővel lenne biztosított mind a felszínről, mind a másik állomásról való megközelíthetőség.

Mivel az egyes részletesen tervezett változatok közti különbségek lényegében az elágazó állomásban, illetve a keresztezés milyenségében jelentkeznenek, ezért az egyes vizsgált változatok bemutatásánál ezekre kerül a hangsúly.

7. 1. A/1 változat

A Batthyány téri elágazó állomás megmaradna a jelenlegi állapotában, a Déli pályaudvar felé tartó és a Szentendre felől érkező vágányok egymást szintben kereszteznék egy mozgó keresztezéssel. A változat sematikus kialakítását a 9. ábra mutatja be.

A Szentendre felé és Déli pályaudvar felé tartó vágányok egy 800 1:14,3 típusú kitérővel válnának szét.



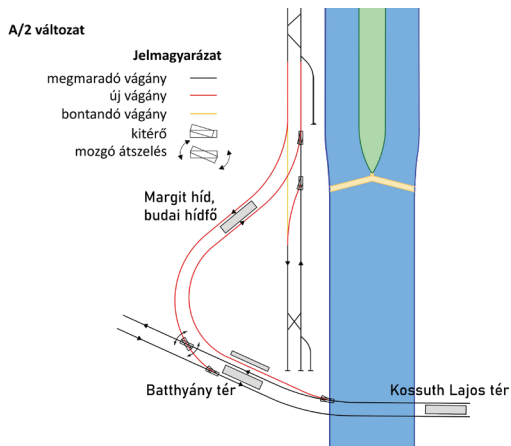
9. ábra: A/1 változat tematikus helyszínrajza
(forrás: saját szerkesztés)

7. 2. A/2 változat

A szintbeni keresztezés hasonló, mint az A/1-es változatban. A Batthyány téri elágazó állomáson három vágány lenne található. A két jelenlegi mellett a harmadik északra helyezkedne egy külön ehhez, ennek északi oldalán kialakított szélsőperonnal együtt. A harmadik vágány még a Duna alatt válna ki a Déli pu. felé tartó vágányból egy 800 1:14,3 ag. típusú kitérővel, amelyet egy rövid ívet követően az állomási egyenes szakasz követne. A változat sematikus elrendezését a 10. ábra mutatja be.

A vizsgált változat előnye az A/1-essel szemben a forgalombiztonságban rejlik. Ezen elrendezés segítségével ugyanis kiküszöbölhető egy esetlegesen felmerülő forgalmi zavar, havária. A városi gyorsvasút a teljesen elszigetelt pályájának köszönhetően a legpontosabban közlekedtethető üzem. Ettől függetlenül azonban előfordulhatnak késések, nem várt események. A metró üzemeltetés egyik alapszabálya, hogy a jármű nem állhat alagútban, csak az állomáson.

Ebből adódóan, mivel a Szentendre felől érkező és a Déli pu. felé tartó vonat vágányai kereszteznék egymást, így menetrendtől függetlenül annak lenne elsőbbsége, amelyik már az alagútban van. Annak érdekében, hogy amíg a Déli pu. felé tartó szerelvény az állomáson várna, hogy a Szentendre felől érkező elhagyja a keresztezést, ne akadályozza a következő Pest felől érkező állomásra történő behaladását és ezzel torlódást okozva, az a harmadik vágányra be tudna



10. ábra: A/2 változat tematikus helyszínrajza
(forrás: saját szerkesztés)

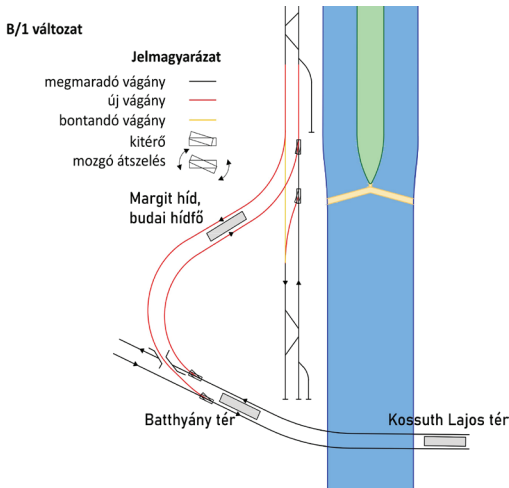
haladni. Ráadásul a menetrend kialakítása miatt a következő mindenképpen arra a vágányra kellene érkezzen, mert Szentendre felé haladna tovább. Amíg a következő azonos irányba tovább haladni szándékozó vonat megérkezne, addig a keresztezés mindenképpen felszabadulna, és el tudná hagyni az állomást a Déli pu. felé tartó jármű.

7. 3. B/1 változat

A Batthyány téri állomás megmaradna jelenlegi állapotában. Az induló oldalon az elválás megtörténne egy 800 1:14,3 típusú kitérővel. A keresztezés ebben a változatban külön szintben történne, a Szentendre felől érkező vágány a 2-es metró feletti elhaladás és a Déli pu. felől érkező vonatok nem találkozhatnak. A változat sematikus elrendezését a 11. ábra mutatja.

A jelenleg hatályos metró tervezési előírások maximális 30,0%-es emelkedést engedélyeznek folyópályára, kivételes esetben (külön engedély köteles) 40,0%-est. Azon rövid szakasz, amit a Szentendre felől érkező vágány a 2-es metró feletti elhaladás és a Déli pu. felől érkező vágányba csatlakozás között tenne meg, túl rövid ahhoz, hogy akár 40,0%-es lejtéssel lehessen kivitelezni.

Ahhoz, hogy lehetséges legyen, olyan helyszínrajzi geometriát kellett volna kialakítani, ami az eredeti peremfeltételt, – az a jelenleg havária esetén használt harmadik vágányhoz vezető



11. ábra: B/1 változat tematikus helyszínrajza
(forrás: saját szerkesztés)

vágánykapcsolatig teljesen felveszi a HÉV jelenlegi vonalvezetését – nem teljesül. Ezért más megoldás lenne szükséges, ami szerint az M2-es metró Déli pályaudvar felé vezető alagútját – a kitérőt követően – meg kellene süllyeszteni mintegy 2,20 m-rel a jelenlegi magassági vonalvezetéshez képest azért, hogy a Szentendre felől érkező vágány alagútja haladhasson felette. Mindezen számításokhoz és tervezésekhez a metró jelenlegi 6,40 m széles külső átmérőjű alagúti kialakítása szolgált alapul.

7. 4. B/2 változat

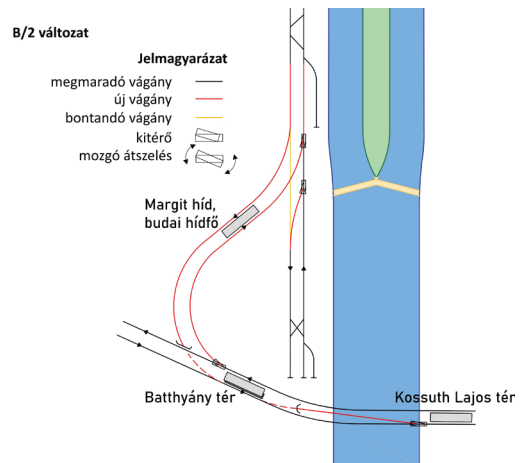
Annak érdekében, hogy a külön szintű keresztezés kialakításához ne kelljen a jelenlegi alagutakat módosítani, további vizsgálat volt szükséges.

Mi van, ha az elágazó állomáson eleve nem egy szintben lenne a két kérdéses vágány?

Akkor nem kellene arra figyelni, hogy elegendő hossz legyen a kitérő és a keresztezés között ahhoz, hogy egy bizonyos magasságkülönbséget legyőzzön, szabadabbá téve a helyszínrajzi tervezést. Már csak az a kérdés, hogy mégis a meglévő alagút felett vagy alatt érkezne a vágány az állomásra. Mivel utána a Duna alatt kellene elérnie a meglévő vágányok szintjét a Kossuth Lajos téri állomás előtt. Így a meglévő alatt érkezne az állomásra. A változat sematikus helyszínrajzát a 12. ábra mutatja be.

A Szentendre felé tartó vágány a többi változathoz hasonlóan egy egyszerű átmenőköríves 800-as kitérővel válna ki a meglévő pályából. Az onnan érkező a Margit híd, budai hídfő állomást követően intenzív (36,3%) süllyedést követően haladna át a Déli pu. felé tartó, majd afelel érkező vágányok alatt.

A magassági vonalvezetés tervezésekor cél volt a megengedett emelkedések és magassági lekerítő sugarak optimalizálása. Ugyanis, ha az egyik kedvezőbb értéket vesz fel, az a másikat negatívan befolyásolja. Ez általánosságban igaz az összes vizsgált változat mindegyik vágányára.



12. ábra: B/2 változat tematikus helyszínrajza
(forrás: saját szerkesztés)

8. KIVÁLASZTOTT VÁLTOZAT

A négy vizsgált változat közül egy preferencia értékelési rendszerrel került kiválasztásra a legkedvezőbb megoldást, ami figyelembe vett összesen 21 paramétert, amelyek 14 szempontot alkottak és négy kategóriába sorolhatóak:

- pályatervezési paraméterek,
- építési és költségtényezők,
- pályafenntartási szempontok,
- forgalmi szempontok.

Minden paraméter kapott egy objektív pontot, ami vagy egy konkrétan mérhető műszaki érték vagy egy építőmérnöki, közlekedésüzemeltetői vagy -szervezői szakértő által meghatározott pont.

A 21 figyelembe vett szempont a következő:

- peronok kiüríthetősége, megközelíthetősége,
- újonnan tervezett állomás(ok) közlekedési kapcsolatainak jósága,
- állomási elrendezés bonyolultsága,
- függőleges vonalvezetés,
- szakaszok határérték közeli oldalgyorsulás / oldalgyorsulás-változás értékei,
- új kéregvezetésű és mélyvezetésű alagút hossza,
- új vágányok hossza,
- M2 metró folyópálya módosítása,
- H5 HÉV folyópálya módosítása,
- építési technológia bonyolultsága,
- Batthyány téri állomás módosítása,
- új kitérők $V=40\text{km/h}$,
- új kitérők $V=60\text{km/h}$,
- új kitérők $V=80\text{km/h}$,
- kitérők száma,
- átszelési kitérők száma,
- átszelések száma,
- zavarérzékenység,
- jövőbeli kapacitásbővítés lehetősége,
- akadálymentesíthetőség,
- tartalékszerelvények forgalomba állításának hatékonysága a vonali tároló vágányokról.

Az egyes paraméterek súlyozásait egy preferencia-mátrix segítségével határoztuk meg személynként, amelyek átlaga adta a felhasznált súlyokat. Az így meghatározott szorzókkal kialakított súlyozott pontok összegeként adódott az egyes változatok végleges pontszáma. A pontozásnak egy részletét mutatja be a 3. táblázat.

	A/2 változat	A/2 változat	B/1 változat	B/2 változat
szempont	súlyozott pt.	súlyozott pt.	súlyozott pt.	súlyozott pt.
I.	1,45	1,70	1,53	1,28
II.	0,00	-0,10	-0,10	-0,49
III.	1,48	1,28	1,43	0,79
...	...	...	...	...
VIII.	0,00	-0,43	0,00	-0,86
IX.	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12
Végeredmény	1,56	2,84	2,59	-0,42

3. táblázat: Súlyozott pontszámok
(forrás: saját szerkesztés)

A pontozás alapján az A/2, azaz a háromvágányú elágazó állomással és szintbeni keresztezéssel vizsgált változat a legkedvezőbb.

9. KÖLTSÉG-HASZON ELEMZÉS

A kutatás teljessége érdekében készült egy gazdasági megtérülési analízis.

A költségeket meg kell határozni, hogy miből származnak. Vannak az egyszeri, építési, illetve a folytonos, üzemeltetési költségek. Mindkettőnek nagyon nehéz volt a becslése. Az egyes építési és üzemeltetési költségtényezők a műszaki tervezést követően, azok alapján képzett menynyiségek alapján állapítottuk meg.

A haszon részen már azt is nehezebb meghatározni, hogy miből származik. Közlekedési projektutatról lévén szó a fő hasznat a megtakarított idő teszi ki [10], amit további társadalmi hasznok egészítenek ki.

Ezeket felül elkészült a vizsgálat arra az esetre is, ha összekötésre kerülne a Duna alagúttal egy – egységesen Margit híd, budai hídfőnek elnevezett – állomáson. Ehhez a költség oldalon szükséges volt megtervezni a Duna alagútra egy köztes állomást, annak közvetlen összekötését mind a kutatott M2-H5 összekötésen létesített megállóval, mind a felszínnel.

Az üzemeltetési költséggel ezen átszállási lehetőség biztosításához nem volt szükséges külön számolni, mert az alagút ettől függetlenül épülne és járnának rajta vonatok, így nem az átszállási lehetőség kiépítésével keletkeznének többlet üzemeltetési költségek.

A haszon oldalán – a 7. ábrán is látható – átszállásokkal megspórolt utazási idő lenne a fő forrás, mely figyelembe lett véve.

Mind az üzemeltetési költségek, mind a megtakarított idők tekintetében 30 éves távlati megtérülési határidő került a számításokba, amelyek összefoglalóját a 4. táblázat mutatja be.

Ahogy a táblázatból megállapítható, a projekt 30 éves időtávon megtérülő. A Duna alagútra való átszállási lehetőség kiépítése önmagában nem számítana annak, azonban, ha a két projekt egyszerre együtt kerülne megépítésre, akkor ebben az időtávban továbbra is megtérülőnek számítana. A Duna alagútra való átszállási lehetőség egyébként 50 év elteltével már önmagában is megtérülőnek bizonyul. Fontos megjegyezni, hogy több helyen is erős közelítéseket alkalmaztunk. Mindemellett a Duna alagút és a

projekt	Költség [Mrd Ft]		Haszon [Mrd Ft]		Távlat (30 év) [Mrd Ft]	CBR (30 év)
	bekerülés	üzem	időmegtakarítás	új utasok		
Összekötés (Duna alagút átszállás nélkül)	101,82	130,94	184,81	151,08	+103,13	1,443
Duna alagút átszállás	48,47	0,00	3,77	21,09	-23,61	0,513

4. táblázat: A projekt költség-haszon elemzésének összefoglalója (forrás: saját szerkesztés)

vizsgált összekötés következtében olyan utazási szokások alakulhatnak ki, amelyek jelenleg még teljesen elképzelhetetlennek tűnnek, továbbá a megtérülésszámítástól függetlenül a tömegközlekedési hálózat felépítési logikája megkövetelné két ilyen térségi, országos jelentőségű, nagykapacitású gerincvonal közötti átszállás lehetőségét.

10. ÖSSZEFOGLALÁS

Az M2-es metró és H5-ös HÉV összekötési lehetőségeinek vizsgálata egy komplex feladat, amit sok szempontból kellett megvizsgálni annak érdekében, hogy megalapozott konklúziót lehessen levonni a kutatás eredményességével kapcsolatban.

A helyszíni utazási igényfelmérést követően kiderült, hogy van értelme foglalkozni a témával, amelyet aztán a szoftveres forgalmi szimulációk is megerősítettek, mi szerint az új rendszerrel sokak számára vonzóbbá válna a viszonylat napi használata.

A téma aktualitását adja az is, hogy az M5-ös metró valamennyi vizsgált nyomvonal-változata a mai metróvonalakkal érdemi funkcionális párhuzamosságot létesít, ezáltal meglévő vonalak hatékonyságát rontaná, emellett a Batthyány téri elágaztatás esetén sem az M2-es metró budai szakasza, sem a H5-ös vonal Szentlélek tér – Batthyány tér között meglévő szakasza nem válna fölöslegessé.

A menetrend tervezése során kiderült, hogy létre lehetne hozni egy olyan ütemes menetendet, amely egyaránt kielégíti az agglomeráció és a belvárosi utazási igényeket.

A műszaki tervezés folyamán négy változatot vizsgáltunk, amelyek mind valamilyen kompromisszummal oldanak meg a feladatot. Ezeket egy preferencia értékelési rendszerrel pontosztuk. Ez által a legjobb változat megállapításra került.

A gazdasági elemzésből kiderült, hogy a projekt a hosszútávú társadalmi hasznoknak köszönhetően megtérülő.

Amennyiben a két üzem közti jelenleg meglévő különbségeket össze lehet egyeztetni, akkor maga az összekötő műtárgy mind műszaki, forgalmi és gazdasági szempontokból is lehetővé tenné a két viszonylat összekötését.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Solymosi Krisztián (2024) szakdolgozata: Az M2 metró és a H5 Szentendrei HÉV összekötés megvalósítási lehetőségeinek vizsgálata
- [2] VMB NHVR (Nem Hagyományos Vasúti Rendszerek) Albizottság (2022) HÉV Vasúti Infrastruktúra Tervezési Szabályzat
- [3] M2 metró és H8-H9 HÉV összekötése Főterv, <https://www.fomterv.hu/hu/node/215>
- [4] Schulek, J. (2021) A Duna Alagút Infrastruktúrája. Prezentáció
- [5] Dammers, N. (2018) The Effect of Interoperability on the Performance of an Urban Rail System
- [6] Dorner, L. (2018) A 2-es metró és a gödöllői HÉV összekötése. prezentáció, BKK, Eger, 2018. november 14
- [7] Dr. Vinkó, Á (2023) Földalatti gyorsvasutak II. - budapesti 2-, 3-, 4-es metró üzem műszaki jellemzői, PowerPoint prezentáció, BMEEOUVA-E5, Települési közlekedés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
- [8] Budapesti Közlekedési Zártkörűen Működő Részvénytársaság (2008) Metró Pályaépítési és fenntartási műszaki adatok, előírások
- [9] Budapesti Közlekedési Részvénytársaság (2004) HÉV Pályaépítési és fenntartási műszaki adatok, előírások

- [10] de Rus, G., Socorro, M. P., Valido, J., Campos, J. (2022) Cost-benefit analysis of transport projects: Theoretical framework and practical rules, *Transport Policy*, 123, pp. 25-39. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.04.008>



Feasibility study on the interconnection of metro line M2 and suburban railway line H5 in Budapest

Keywords: hybrid system, urban and suburban rapid transit, intermodality, cost-benefit analysis, timetable planning, traffic simulation, travel demand survey, railway infrastructure planning

The project intended to determine the demand and technical feasibility for the connection of the two lines. After a preliminary traffic demand assessment and simulation runs, a complex timetable for the Stadtbahn-like lines consisting of a total of 4 branches was designed, assuming that the connection of metro line M2 and suburban railway lines H8 and H9 at Örs vezér square is already implemented. The technically compromised solution becomes easier to implement with the new HÉV technical specifications. The project is economically profitable.

