



GÉPÉSZMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR

A HATÉKONY HORIZONTÁLIS VASÚTI KONTÉNER ÁTRAKÁS HATÁSA A VASÚTI-KÖZÚTI INTERMODÁLIS ÁRUSZÁLLÍTÁSRA

Ph.D. értekezés

Készítette:
Vida László Lajos
gépészmérnök

Hatvany József Informatikai Tudományok Doktori Iskola
Anyagáramlási rendszerek és logisztikai informatika tématerület
Logisztikai Intézet

DOKTORI ISKOLA VEZETŐ
Prof. Dr. Szigeti Jenő
egyetemi tanár

TÉMATERÜLET VEZETŐ
Prof. Dr. Illés Béla
egyetemi tanár

TÉMAVEZETŐ
Prof. Dr. Illés Béla
egyetemi tanár

TÁRS TÉMAVEZETŐ
Dr. Bányainé Dr. Tóth Ágota
egyetemi docens

Miskolc, 2021

Nyilatkozat

Alulírott Vida László Lajos kijelentem, hogy ezt a doktori értekezést magam készítettem és abban csak a megadott forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, amelyet szó szerint, vagy azonos tartalomban, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem. A dolgozat bírálatai és a védésről készült jegyzőkönyv a későbbiekben, a Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Karának Dékáni Hivatalában lesz elérhető.

Miskolc, 2021.

Vida László Lajos

Tartalom

Nyilatkozat.....	2
1. Bevezetés.....	5
2. A kutatás indokoltsága és célkitűzései	6
3. Felhasználói véleménykutatás.....	10
4. Konténerkezelési technológiák	15
4.1. Függőleges konténerkezelés	15
4.2. Bakdarus horizontális konténerkezelés.....	17
4.3. Innovatív horizontális konténerkezelés	20
4.4. Vasúti vagon fejlesztések az intermodális áruszállítás érdekében.....	29
4.5. Intermodális szállítást biztosító adapterek	33
5. A konténeres áruszállítás aktuális gyakorlata.....	36
5.1. A konténeres forgalom	36
5.2. A konténerszállítás időszükséglete	37
5.3. Az intermodális szállítási ár.....	39
5.4. Aktuális termináli konstrukció.....	40
6. A versenyképes konténerátrakó	42
6.1. Követelmények	42
6.2. A HCT konténerátrakó konstrukciója.....	46
6.3. A HCT működése.....	51
7. A konténerkezelés hatása a vasúti-közúti intermodális áruszállításra	54
7.1. Forgalmi adatok	54
7.2. A terminál építési gyakorlat változása.....	55
7.3. Időbeli versenyképesség.....	62
7.4. Versenyképesség árban	63
7.5. Áru biztonság	67
7.6. Vasúti-közúti áruszállítás háztól házig	68
7.7. Alkalmazási példa	74
7.8. A Magyar nemzetgazdaság kitétségeinek csökkentése.....	80
8. A Magyarországi jogszabályi helyzet.....	83
9. Az értekezés tézisei.....	86
9. Theses of the dissertation.....	88
10. Összefoglalás	90
10. Summary	90
11. Irodalom jegyzék	91
11.1. Az értekezés témakörében készült saját publikációk	91

11.2. Áttekintett és felhasznált irodalom.....	92
12. Mellékletek.....	95
1. Kérdőív.....	96
2. HCT vezérlőrendszer blokkvázlat	100
3. Árkalkuláció.....	101
4. Menetidő kalkuláció	104
Köszönetnyilvánítás.....	114

1. Bevezetés

A szakirodalomban számos elemzés található, melyek a vasúti-közúti áruszállítás kérdéseivel foglalkoznak. A kontinentális vasúti-közúti intermodális áruszállítás egyik előfeltétele egy viszonylag sűrű, fejlett konténerkezeléssel rendelkező konténertermináli hálózat jelenléte [1], [2]. Ezen felül a konténerkezelés költségei nem befolyásolhatják az intermodális áruszállítás árbeli versenyképességét. A szakértők következtetései szerint a vasúti teherszállítás komoly versenyhátrányban van a tisztán közúti áruszállításhoz képest. Hangsúlyozom, hogy nem csupán a vasúti áruszállításról van szó, hanem a vasúti-közúti intermodális áruszállításról, amely az ár és az idő szempontjából versenyhátrányban van a közúti szállítással összehasonlítva. A vasúti szállítás időbeli versenyhátrányát a rugalmatlansága okozza a tisztán közúti áruszállításhoz képest. A disszertációban összefoglalt kutatási eredmények jelentősek lehetnek a vasúti-közúti logisztika paradigmaváltásában. A paradigmaváltások történetében gyakran előfordul, hogy az új ötleteket sokáig nem érti meg a szakmai közönség.

A disszertációban javasolt konténerkezelési technológia kiemelkedően fontos, mivel az európai teherfuvarozási vasúthálózat a főbb irányokban 100%-ban elektromos. Az elektromos vasúti felső vezeték alatti konténer átrakás a versenyképes vasúti-közúti intermodális teherfuvarozás előfeltétele. Számos EU által támogatott fejlesztés is elérte ezt a célt, mármint a vasúti felsővezeték alatti konténer átrakást, amely előremutató, a potenciális lehetőségek miatt fontos újítás.

Az intermodális közúti és vasúti áruszállítást gyakran említik az európai közlekedési rendszer fenntartható irányának, amely prioritást kap az Európai Bizottság dokumentumaiban (2001, [3]). Ebben a dolgozatban olyan új technikai és szervezési megoldást javaslok, amely hozzájárulhat az EU által megfogalmazott célok eléréséhez. A kutatással célom volt, hogy felhívjam a figyelmet az új fejlesztési lehetőségekre, és új perspektívát mutassak az intermodális szállításban érdekelt szakembereknek. A téma interdiszciplináris, a részletek több szakterület szakemberei általi további kutatása, fejlesztése elengedhetetlen.

2. A kutatás indokoltsága és célkitűzései

A szakirodalmi publikációk számtalan esetben elemezik azt a kívánatos helyzetet, amikor a közúti áruszállítás részaránya csökken, és a vasúti áruszállítás részaránya növekszik. Ugyanakkor a publikációk nem minden esetben jutnak el az okok nevesítésére, illetve elemzésére. Még inkább hiányosak a szakirodalmi közlemények abban a vonatkozásban, hogy konkrétan milyen műszaki, szervezéstechnikai eljárások szükségesek a kívánt cél eléréséhez.

Kiss Gyula és Lukács András szerzőtársak a „Az áruszállítás közútról vasútra történő átterelésének lehetőségei Magyarországon” [30] című munkában részletesen elemezték a közútról vasútra terelhető áruk összetételét mennyiségét. Ugyanakkor a megkívánt áruáttéreléshez szükséges konténer kezelési technológia fejlesztéseket a tanulmány nem tárgyalja.

Arjan van Binsbergen és szerzőtársai „Innováció az intermodális áruszállításban: Európai előadások” [13] című cikkükben elemezik néhány intermodális áruszállítási elgondolást, köztük vasúti változatokat is. Kiemelik az intermodális áruszállítási innovációk terén a mérnöki alkotások fontosságát, de a sikert legalább annyiban befolyásolja a befogadó környezet állapota, a versenyhelyzetben lévő partnerek együttműködése. *„Az intermodális teherszállítási innovációk a megvalósítás folyamata során számos különféle akadállyal és kihívással néznek szembe. Ez különösen érvényes a nagyszabású, rendszer innovációkra - olyan projektekre, amelyek nagy beruházásokat igényelnek és / vagy alapvető szervezeti változtatásokat követelnek meg a szállítási folyamat során.”* *„Az intermodális közlekedési innováció potenciális sikere függ a versengő intermodális szereplők reakciójától, a versengő szállítási módok reakciójától is, különös tekintettel a közúti közlekedési ágazatra. Feltűnő, hogy a közúti fuvarozóknak, miközben folyamatosan növekvő működési költségekkel néznek szembe, mégis sikerült növelniük termelékenységüket, hogy megőrizzék erős versenyhelyzetüket az intermodális szállítással szemben.”* Bár a cikk nem tér ki a kontinentális terminálokon alkalmazott konténerkezelés versenyképességet befolyásoló tulajdonságára, ugyanakkor releváns megállapításokat tartalmaz az összetett intermodális áruszállítási elgondolások befogadása terén.

Dr Bokor Zoltán „Az intermodális logisztikai szolgáltatások helyzetének értékelése, fejlesztési lehetőségeinek feltárása” [31]¹ című cikkében megállapítja, hogy *„A kombinált szállítás előmozdítása és a fenntarthatóságot előtérbe helyező hazai és nemzetközi közlekedéspolitikák kulcs elem. Ugyanakkor mind a fuvaroztatók, mind pedig a fuvarozók úgy vélik, hogy amennyiben nem történik gyökeres változás a jelenlegi gyakorlatban, piaci keresletben és kínálatban, az intermodális szállítás növekedési lehetőségei erősen korlátozottak maradnak.*” (33. oldal). A cikk nem tárgyalja a kívánt cél elérésnek műszaki aspektusait.

Sönke Behrends és Jonas Floden „Az átrakási költségek hatása az intermodális vonatok teljesítményére” [1] című cikkben megállapítják, hogy a *„közbenső piacokat lefedő vonat megáll az átrakáshoz, körülbelül 100 km-enként, 15–30 percre az útvonal mentén lévő gyorsvasút-terminálok, gyors átrakási műveletekkel, hogy elkerüljék a vonatok és a közúti járművek koordinálását a terminálok*”. Ugyanakkor a cikk nem tér ki arra, hogy az átrakási művelet milyen konténerkezelési technológiával valósítható meg.

A Belga Liegei és az Antwerpeni egyetemek szerzői közössége által készített „BRAIN-TRAINS – SWOT analyse - Az új intermodális stratégiák átfogó értékelése [32] című munkában tudományos publikációkat összegezve, az intermodális vasúti-közúti áruszállítás megtérülésével kapcsolatban megállapítják *„Van Duin (2003) 200-400 kilométeres távolságot feltételez a vasútnál a közúthoz képest. Belgiumban kisebb távolságokra van szükség ahhoz, hogy a vasút versenyképesse váljon. Valójában a vonat olcsóbbá válik, mint a közúti, 90 kilométernél hosszabb távolságok esetén (Macharis, 2000). Végül Vrenken et al. (2005) azt mutatja, hogy az intermodális szállítás 600 kilométeres vagy annál hosszabb távolságokon életképes, míg a 100 kilométeres távolságokon végzett szolgáltatások ritkán versenyképesek.*” A tanulmányban a szerzők megállapítják az intermodális áruszállítás időbeli versenyképességének okait. *„Az intermodális vasúti szállítás magában foglalja az áruk átrakódását az intermodális terminálok. Ezek a műveletek további időt igényelnek, ami ezt a szállítási módot lassabbá teszi, mint a közúti szállítás. Ezenkívül a vasúti közlekedést hosszabb menetidő jellemzi, mivel a vonatok gyakran előre meghatározott menetrendek*

¹ [31] 33. oldal

*alapján teljesítik útjaikat. Az üzleti életben az idő pénz. A szállítási vállalatok alternatív költsége így megnövelheti a vasúti szállítás teljes költségét a közúti szállításéhoz képest.”*² Ebből az látható, hogy a szakembereket foglalkoztatja a vasúti-közúti áruszállítás versenyképességnek kérdése, de műszaki, vasúti forgalomszervezési következtetésekre nem jutnak.

Wen-Chih Huang és Chin-Yuan Chu szerzőtársak a Kiválasztási modell a terminálon belüli konténer kezelési rendszerre [33] című munkájukban átfogóan elemzik a kikötőkhöz tartozó konténertárolási, konténerkezelési területen alkalmazott konténer kezelési eljárásokat. A tanulmányban a gumikerekes bakdaruk, a kötöttpályás bakdaruk, valamint a kötöttpályás konzolos bakdaruk alkalmazásával foglalkoztak. Átfogóan elemezték a fajlagos költségeket az egy konténerre jutó emelések számának, a konténer forgalomnak és a terület nagyságának figyelembe vételével. A metodika alkalmas lehet a kontinentális konténer terminálok is a konténer kezelési eljárás megválasztására. Ennek érdekében szükséges a modell korrekciója, az alkalmazásához szükséges adatok gyűjtése, elemzése, amely a dolgozatnak nem volt tárgya.

Larbi Abdenebaoui és Hans-Jörg Kreowski a Brémai Egyetem munkatársai „Decentralizált folyamatok modellezése dinamikus logisztikai hálózatokban gráf-transzformációs szabály segítségével” [42] című munkájukban” azokra az önszervezési törvényszerűségekre mutattak rá, amelyek a logisztikai hálózatok esetében is érvényesek. *„Ahogy a logisztikai hálózatok egyre nagyobbak és egyre bonyolultabbak lesznek, nehezebben kezelhetők és irányíthatók. A hagyományos központi vezérlés semmiképpen sem működik elég rugalmasan és hatékonyan, ezért alternatív megközelítéseket kell keresni. Ez különösen akkor érvényes, ha a logisztikai hálózat dinamikusan változhat.* ³ Az egyik legjelentősebb jelenlegi paradigma, amely szembesül ezzel a bonyolultsággal, az úgynevezett autonóm kontroll megközelítés [43]. Ez a megközelítés azt javasolja, hogy *„minden logisztikai objektum, például egy konténer vagy egy automatizált vezetett jármű megkapja a saját számítási processzorát, és önállóan hozza meg döntését. Ezért az alkatrészek lokálisan és gyorsan reagálhatnak a környezet változásaira. Az ilyenfajta decentralizált megközelítésen belül azonban nagy kihívás az, hogy az egyedek hogyan cselekednek és hogyan működnek együtt a kívánt globális cél elérése érdekében.”* [43]

² [32] 23-24 oldalak

³ [42] 1. oldal

A megállapításból azt a gyakorlati következtetést vonom le, hogy az intermodális áruszállítás terén nem koncentrálni kell a forgalmat (lásd BILK), hanem dekoncentrálni. Ennek viszont vannak vasúti forgalomszervezési, és konténer kezelési előfeltételei. a másik, a fenti gondolatokból levonható következtetés, hogy a „logisztikai objektumok” által meghozandó döntésekhez bizonyos műszaki előfeltételek szükségesek. Az analógia érdekében példaként említem, hogy az útvonaltervező programok csak létező útvonalakat tudnak figyelembe venni. Az autonóm „logisztikai objektum” csak akkor választja a vasúti szállítást, ha az számára akadálymentesen elérhető (fel tud szállni, le tud szállni), vagyis megfelel bizonyos műszaki elvárásoknak, illetve más alternatív útvonalakhoz viszonyítva hatékony (pl. árban és időben versenyképes).

A szakirodalom tanulmányozásából az alábbi következtetéseket vontam le:

1. A szállítási ágazat környezetterhelésének hatékony módja a vasúti-közúti intermodális áruszállítás fejlesztése.
2. A vasúti-közúti intermodális áruszállítás gazdaságos távolsága csökkenthető, ha a köztes megállókat alkalmazzuk a konténerek fel- és lerakásához.
3. A vasúti-közúti intermodális áruszállítás fejlődésének előfeltétele a korszerű konténerkezelési technológia, amely a vasúti felsővezeték alatti átrakási képesség megteremtését jelenti, mivel az Európai főbb vasútvonalak villamosítottak.

3. Felhasználói véleménykutatás

Mivel az értekezés tárgya a konténer kezelés technológiájának kutatása, illetve annak hatása a vasúti-közúti intermodális áruszállításra, ezért szükségesnek láttam annak megállapítását, hogy a szolgáltatás igénybevevői milyen elemeket preferálnak, illetve melyek indifferensek. Erre a legjobb módszer az érintett szervezetek körében végzett kérdőíves megkeresés. A vélemény kutatási tárgya a szárazföldi intermodális áruszállítással szembeni elvárások felmérése, elemzése. A konténerkezelés fejlesztése elősegíti a vasúti-közúti intermodális áruszállítást, melynek csak akkor van létjogosultsága, ha a potenciális felhasználók érdekeit szolgálja. A szakirodalomban több, a logisztikára vonatkozó felhasználói véleménykutatás megtalálható.

A Maribori Egyetem Logisztikai Tanszékének kutatói arra voltak kíváncsiak, hogy a „logisztikai platform” kifejezés [34], tevékenység mennyire ismert a szakemberek számára. A megkeresett szervezetek a logisztikai ágazatban tevékenykedtek. A felmérés megállapítása alapvetően nem műszaki aspektusú, nem érintik az intermodális áruszállítást, ezért az értekezés szempontjából indifferens.

PGL (Preferred Global Logistics) több száz a logisztikában érintett vállalkozással működik együtt. Célja a legjobb áruszállítási megoldások megtalálására az érdeklődők számára. Vélemény kutatásában [35] arra kereste a választ, hogy a cégek milyen méretűek, és az áruszállítás mely szegmensében tevékenykednek. Az értekezés szempontjából releváns kérdés, vagyis a technikai feltételek változása mennyiben változtatna a fuvarszköz választásban, nem szerepelt a kérdések között.

A Magyar Tranzitgazdasági Iroda Nonprofit Kft. a vasúti áruszállítás versenyképességét javító komplex programok előkészítése tárgyában végzett kérdőíves kutatást (2013) [36]. Jelenleg a kérdőív, illetve annak megállapítása nem érhetőek el.

Mivel a hazai vasúti-közúti intermodális áruszállítás volumene igen alacsony (kb. 0,8%-a szállított tömegnek [7] ⁴), megállapítható, hogy az eddig alkalmazott vélemény felmérések, illetve a bázisukon végzett technikai, technológiai, vagy szervezéstechnikai fejlesztések nem

⁴ [7] 13. oldal

érték el céljukat. Ezért a kutatási téma szempontjából relevánsnak tekintett kérdéseket állítottam össze. A kérdőív a <https://docs.google.com/forms> oldalról került megküldésre. A Mivel a multinacionális cégek belső szabályzata (nem adhatnak tájékoztatást), illetve alacsony volt az érdeklődés, ezért az eredmények nem tekinthető reprezentatívnak.

A kérdőív olyan gazdálkodó szervezetek fuvarszervezésével foglalkozó munkatársai számára készült, akik az áruszállítási szolgáltatás megrendelői. Cél volt, hogy a kérdőív kitöltése lehetőleg ne haladja meg az 5 percet, elérhetőségét internetes linkkel biztosítottam.

A kérdőív céljai:

- A vasúti-közúti intermodális áruszállítás versenyhátrányának vizsgálata.
- A versenyhátrányt eredményező okok (műszaki, gazdasági, szervezéstechnológiai stb.) feltárása, elemzése.
- A versenyképes áruszállítási szolgáltatásnak milyen elvárásoknak kell megfelelnie.

Olyan cégek kerültek megkeresésre, amelyek tevékenysége során naponta több kamionnyi áru beérkezését és kész, vagy félkész termék kiszállítását feltételeztem. A listába felvett cégek éves árbevétele meghaladta a 15.000 milliárd Ft-t, illetve alkalmazottainak száma a 195.000 főt. A kérdésekre adott válaszok alapján az intermodális vasúti-közúti áruszállítási igényre, illetve a lehetséges átrakópontok elhelyezésére, az időbeli és árbeli elvárásokra vonatkozóan lehetett volna következtetéseket levonni. Mivel a válaszok száma alapján a kutatás nem reprezentatív, ezért a következtetések is korlátosak lehetnek. A kérdések, valamint az intermodális logisztika fejlesztése szempontjából relevánsabb esetekben a válaszok kiértékelése alábbiakban látható. Ahol a kérdést követően nincs értékelés, abban az esetben az értekezés szempontjából az értékelést kevésbé gondoltam fontosnak.

1. A vállalat neve

2. A cég telephelye melyik megyében van?

Az intermodális átrakó pontok lehetséges elhelyezési helyére vonatkozóan nem lehetett következtetéseket levonni.

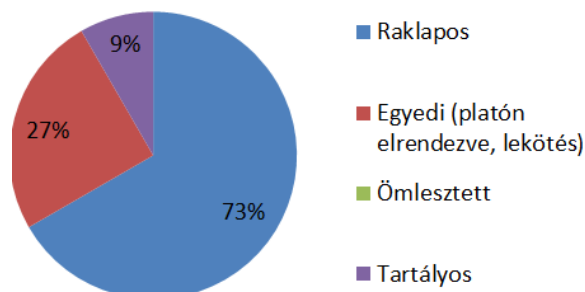
3. Mi a cég profilja?

4. Mi a cég tevékenységi köre?

5. Napi áruforgalmi (alapanyag, késztermék, félkész termék) volumen?

A válaszoló cégek esetében a napi áruforgalom volumene 525 tonna.

6. A kiszállított áru csomagolásának, rendezésének módja?



Az áru jellemzően raklapos, kisebb mértékben egyedi elrendezésű, vagy ömlesztett.

7. Napi ki- és beszállítási kamion forgalom?

A napi áruforgalmat a cégek naponta 84 db tehergépkocsi forgalommal bonyolítják le.

A tehergépkocsik többsége nyerges pótkocsi

8. A beérkezett áru milyen távolságról érkezik?

9. Az áru kiszállítását milyen távolságra végzik?

10. A rakodás módja telephelyükön jellemzően?

11. Jelenleg mennyi idő alatt érkezik meg szállítmánya a célhoz?

12. A szállítási idő csökkentése jelent-e verseny előnyt a cége számára?

13. Milyen az átlagos kiszállított áru megérkezési időre vonatkozó elvárásuk?

14. Jellemzően a cégüknél milyen fuvarszközt alkalmaznak kiszállításnál?

15. Jellemzően a cégüknél milyen fuvarszközt alkalmaznak beszállításnál?

16. Mi a fuvarozó szolgáltató választás alapja?

17. Hány árufuvarozó céggel működnek együtt?

18. A konténeres, csereszekrényes egységakomány képzés jelent-e előnyt a cégük számára?

19. A szállítási mód minél alacsonyabb széndioxid kibocsátása befolyásolja-e a fuvarszköz választást?

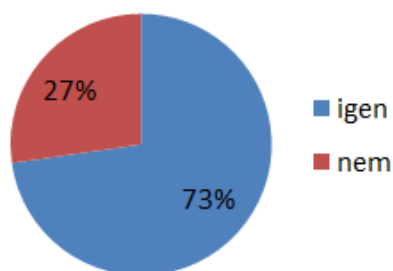
20. A fuvarozó cég kiválasztásánál szempont-e, hogy milyen módon (közúton, vasúton, vízen, intermodális) szállítja az árut?

21. A fuvarozó kiválasztásánál szempont-e a multimodális (vasúti-közúti) szállítás?

18 %-ban igen,

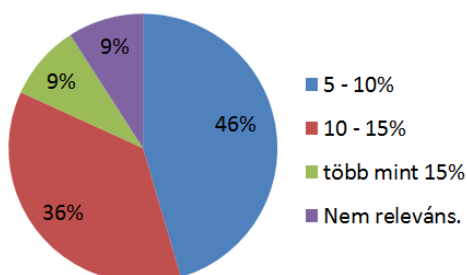
82 %-ban nem

22. Ön támogatja-e a közúti áruszállítás okozta CO₂ kibocsátás csökkentését?



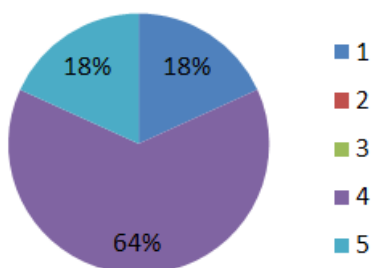
A válaszolók szavakban egyetértenek ugyan a CO₂ kibocsájtás csökkentéssel, de a fuvarszköz választásban már nem hajlandók ezt figyelembe venni. (ábra beszúrása)

23. Milyen mértékű árelőny esetén választana másik fuvarozó szolgáltatót?

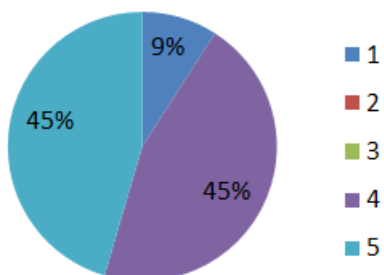


Az intermodális vasúti-közúti áruszállítás fejlesztése szempontjából releváns ár vonatkozásban viszont a kis minta ellenére is egyértelmű, hogy a megrendelők 5-10%-os ár előny esetén már hajlandóak a szállítómányozó váltásra.

24. Az ár a fuvarválasztást milyen mértékben befolyásolja (1 – nem fontos, 5- nagyon fontos)?



25. A feladott áru időben való beérkezése mennyire fontos cégük számára (1 – nem fontos; 5 – nagyon fontos)?



A 1. számú melléklet tartalmazza a teljes kérdőívet, valamint a válaszok megoszlását.

Az áru és kamion forgalommal kapcsolatban feltett kérdésekre adandó válaszok lényegesen nagyobb mintán is ellenőrizhető, de ezekhez az adatbázisokhoz a nyilvános hozzáférés nem lehetséges. A teheráru forgalom elemzése szempontjából a leginkább használható, és kellően nagyméretű adatbázis az alábbi területeken van:

- EKR áruforgalmi adatbázis,
- HU-GO tehergépkocsi útdíj fizetési rendszer,
- VÉDA fizetős útdíj ellenőrző rendszer,
- WebEye és más kamionos flottakövető rendszerek

Mivel az első három rendszerhez tartozó adatbázis állami tulajdonba van, ezért feltételezhető, hogy az Állam által támogatott fejlesztés megalapozása érdekében hozzáférhetővé tehető. Erre az adatvizsgálatra akkor lehet szükség, ha a vasúti-közúti átrakópontok elhelyezését, forgalmának (kapacitásának) becslését kell elvégezni.

A fenti adatbázisokon túl a Magyar Közút Nonprofit ZRt készítette az egyes útvonalak szelvényére vonatkozó forgalomszámlálást [37]. Az igen részletes adathalmaznak a dolgozat szempontjából releváns útszakaszokra vonatkozó adatai a 7. pontban kerülnek hivatkozásra.

A vevői vélemény kutatás alapján az alábbi következtetések vonhatóak le a vasúti-közúti intermodális áruszállítás szemszögéből:

- Az egységgrakományos (konténeres, csereszekrényes) szállítást csak kis mértékben alkalmazzák, ugyanakkor az áru jellemzően raklapos. Mivel a gépjármű csereszekrény azonos raklap elhelyezést biztosít, mint a platós tehergépjármű ezért raklapos szállításnál egyenértékűnek tekinthető megrendelői oldalról.
- Az ár a fuvarválasztást meghatározó mértékben befolyásolja. Ennek következtében megállapítható, hogy az alacsonyabb költségű ajánlatnak lehet piaca.
- A szállítási költség 5-15 %-os csökkentése esetén a megrendelők túlnyomó többsége hajlandó fuvarozót váltani. Ez a megrendelői vélemény meghatározza azt a minimális árelőnyt, melyet egy új technológiának biztosítani kell a piaci siker érdekében.
- A megrendelők túlnyomó többsége támogatja ugyan a közúti áruszállítás okozta CO₂ kibocsátás csökkentését, de a fuvarszköz választásban ez már nem köszön vissza.

4. Konténerkezelési technológiák

A dolgozat céljainak megértéséhez első lépésben a jelenlegi konténerkezelést kell áttekinteni. Az alábbi példák a szárazföldi terminálokon alkalmazott leggyakoribb konténerkezelési megoldásokat szemléltetik. Az egyes műszaki megoldások hátrányaira is rámutatok a korszerűnek tekintett horizontális konténerkezelési megoldáshoz viszonyítva.

4.1. Függőleges konténerkezelés

Az 1. és 2. ábrán bemutatott, széles körben használt konténerkezelési eljárást függőleges átrakásnak nevezzük a viszonylag nagy emelési magasság miatt.



1. ábra Bakdaru⁵

A bakdaruk a kontinentális terminálokon igen gyakran alkalmazott eszközök. Kötöttpályás hagyományos daru, amely az alkalmazott emelőeszköz (spreader) konstrukciójának függvényében az ISO konténereken kívül a gépjármű csereszekrények, illetve daruzható félpótkocsik emelését is biztosítja. Elektromos működése környezetvédelmi szempontból előnyt jelent. Átrakási kapacitás 22 db/óra (a teherkocsi a vagon mellett van) [38].

Hátrányai:

- vasúti felsővezeték megléte esetén nem alkalmazható,
- magas beruházási költség,
- forgalom koncentrációt igényel a magas beruházás megtérülése érdekében,

⁵ <http://www.railcargobilk.hu/hu/fotogaleria>



2. ábra Oldalrakodó⁶

A 2. ábrán látható gumikerekes oldalrakodók (reach stacker) ugyancsak elterjedt eszközei a kontinentális termináloknak. A mellsőtengely hajtású, hátsótengely kormányzású gépek, melyek teleszkópos gémszerkezettel rendelkeznek. Rakott (felül megfogó) és üres (oldal megfogású) konténerek emeléséhez egyaránt alkalmazható. Ugyancsak a megfogó szerkezet (spreader) konstrukció függvényében alkalmas az ISO konténereken kívül a gépjármű csereszekrények, illetve a daruzható félpótkocsik emeléséhez is. Rugalmas alkalmazhatóságuk miatt kedvelt eszközök. Átrakási kapacitása 15 db/óra (a teherkocsi a vagon mellett van) [38].

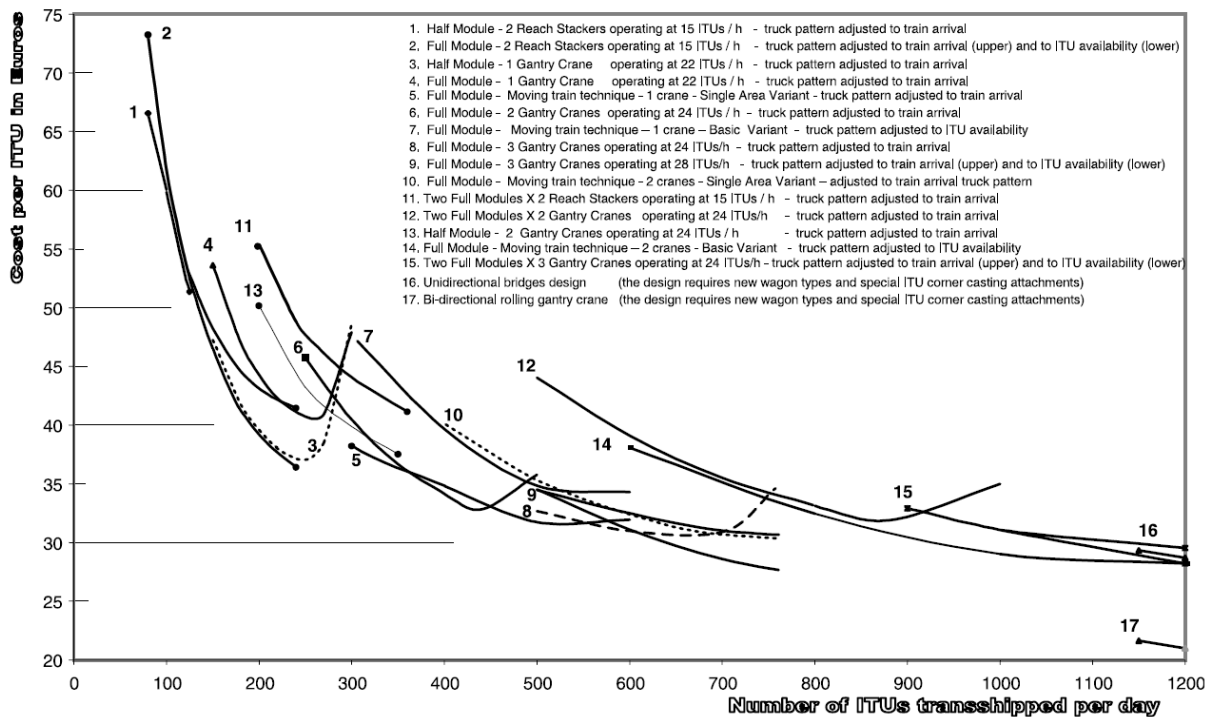
Hátrányai:

- nem alkalmazható elektromos felsővezeték alatt,
- nagy teherbírású beton felületet igényel,
- diesel üzemanyaggal hajtott, ami környezetvédelmi szempontból nem kedvező,
- nagy működési terület igény,

Mindegyik függőleges konténer átrakás legfontosabb hátránya, hogy nem használhatók elektromos vasúti felső vezeték esetén. Ez a tulajdonság negatív hatással van a vasúti áruszállítás fejlődésére.

A 3. ábra a különböző konténer kezelési eljárások költségeinek összehasonlítását mutatja. A Reach Stecker átlagos kapacitása 15 db/óra, a szolgáltatás ára pedig 35-66 €/átrakás között van. A bakdaru átlagos kapacitása 22 db/óra, az átrakásonkénti ár 35-46 € között van. Az emelőeszközzel a konténermozgatási távolsága minimalizált, a minél nagyobb számú átrakás érdekében.

⁶ www.kalmarglobal.com/equipment/reachstackers/



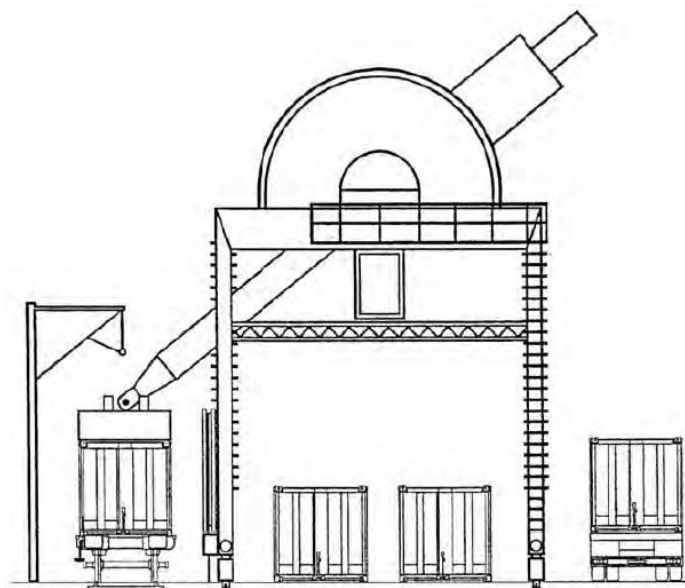
3. ábra Összehasonlító költségelemzés alternatív termináltervekhez [38]

A 3. ábrán látható összehasonlító költségelemzés tartalmazza az infrastruktúrát, a személyzet és a teherautók idejére vonatkozó költségelemeket is. Az átrakási technológia fejlesztésénél ezekkel az értékekkel, mint referencia értékekkel célszerű számolni. A fenti díjak alsó értékével esik egybe a BILK terminálon alkalmazott emelési díj, melynek összege 2019-ben 13.500 Ft volt emelésenként. [8]

4.2. Bakdarus horizontális konténerkezelés

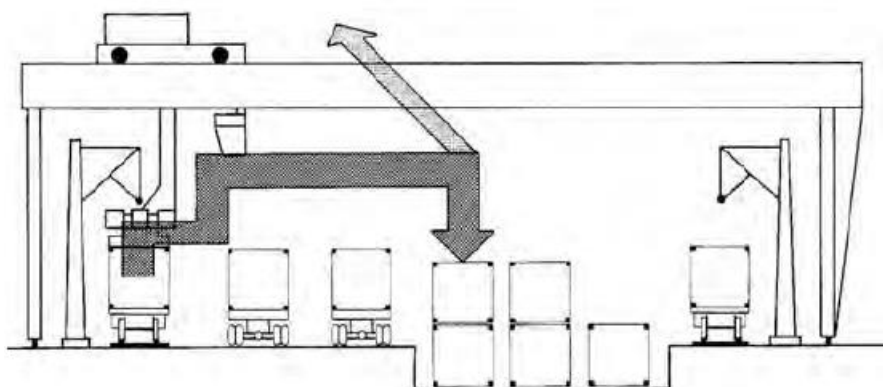
Az alábbiakban egy-egy kép erejéig néhány kevésbé ismert konténerkezelési elgondolás látható. A mára elfeledett műszaki megoldások azt bizonyítják, hogy a szakemberek körében a hatékony vasúti felsővezeték alatti konténer kezelés műszaki megoldásának keresése szinte folyamatos. A megvalósítással kapcsolatban nem minden esetben állnak rendelkezésre adatok.

Az alábbiakban bemutatott műszaki megoldások bár megmaradtak ötlet szinten, ugyanakkor érdemes tanulmányozni a műszaki tartalmat. Az ötletek műszaki megvalósíthatósága eltérő.



4. ábra Mannesmann Transmodal's Transmann⁷

A 4. ábrán egy forgókaros megoldás látható. A felső vezetéktől a szerkezeti elemek biztonságos távolsága minimális. Az emelő kar elfordításához nagy nyomatékra van szükség a névleges terhelésű 40'-as (34 t) ISO konténer mozgatásához, amely a konstrukció egyik jelentős hátránya.



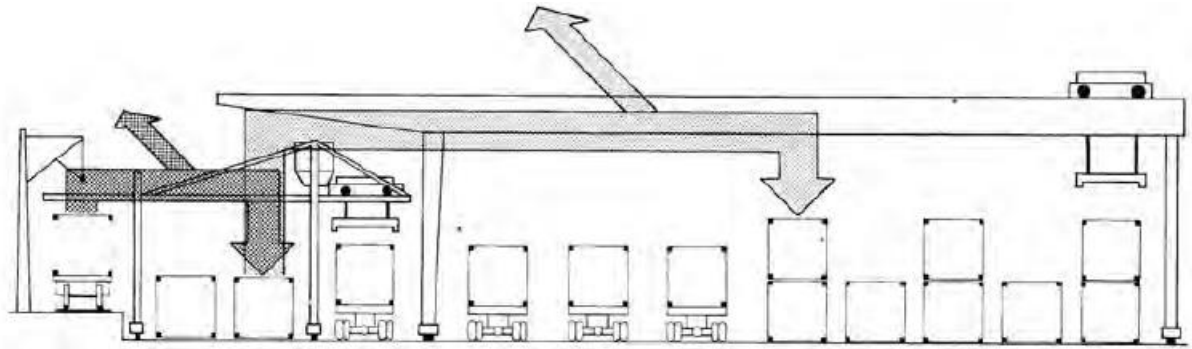
5. ábra DEMAG rendszer⁸

A 5. ábrán látható DEMAG rendszer egy speciális bakdaru, illetve futómacska konstrukciót jelent. A felső vezeték alatt, a konténert megfogó „spreader” alacsony szerkezeti

⁷ Mannesmann Transmodal, product brochure, 1996 (29)

⁸ Bundesminister für Verkehr, 1981, p. 39. (29)

magasságú, merev konstrukciójú, amely a futómacska részét képezi. A merev emelőszerkezet aszimmetrikus a felső vezeték alatti alkalmazás érdekében. A jobb és a baloldali vasúti vágány kiszolgálásához az emelőszerkezetet meg kell fordítani.



6. ábra Aachen rendszer⁹

A 6. ábrán látható Aachen rendszer két bakdaru együttműködésén alapul. A vasúti kocsiról, a felső vezeték alá benyúló bakdaru konzol emeli le, illetve rakja fel a konténert. A konténer megfogó és emelő szerkezeti elemek magassági mérete alapján alkalmas a konténer kezelésére a felsővezeték alatt.

Mindhárom műszaki megoldásról elmondható, hogy nem igénylik a vasúti és a közúti szállítójármű egyidejű jelenlétét. A műszaki megoldások előnye, hogy alkalmasak halmozásra, eltérően a 4.3. pontban bemutatott innovatív horizontális konténer átrakóktól.

A megvalósításra, illetve az elterjedésre valószínűleg azért nem került sor mivel nem sikerült megoldani az alábbi problémákat:

- a felsővezeték megközelítése minden esetben olyan mértékű, ami feszültségmentesítést igényel,
- a felső vezeték alatti anyagmozgatás a vasutak szabályzatában általában nem megengedett, a technika fejlődése a szabályok aktualizálását nem minden esetben váltja ki,
- a liberalizált szállítási piacon a közutas cégek rendelkeznek vevői kapcsolatokkal, és nem érdekeltek a vasúti áruszállítás fejlődésében,
- a környezet szennyezés (CO₂ kibocsátás) áruszállításra jutó részének kritikája nem volt olyan mértékben kiemelkedő, amely az államot lépéskényszerbe hozta volna.

⁹ Bundesminister für Verkehr, 1981, p. 40.n (29)

4.3. Innovatív horizontális konténerkezelés

Az elmúlt évtizedekben számos újítást dolgoztak ki a szakemberek a vasúti áruszállítás piaci részesedésének növelése érdekében [4]. Az alábbiakban néhány példa látható a konténer átrakás megreformálására, melyeket a horizontális konténerkezelés körébe soroltam. A bemutatott megoldások jobbára prototípus szinten készültek el ami lényeges eltérés a 4.2. pontban bemutatott megoldásokhoz képest. Üzleti alkalmazásra – egyenlőre – a Mobiler rendszer került.

A vízszintes átrakás kis emelési magassággal végzett konténer átrakási eljárás, amely alkalmazható elektromos vasúti felsővezeték alatt is. A vasúti felsővezeték alatti alkalmazhatóság a fő különbség a vertikális átrakáshoz képest.



7. ábra Blatchford T-lift rendszer¹⁰

A 7. ábrán látható Blatchford T-lift rendszer önjáró gumikerekes berendezésként közlekedett a vágány mellett. A kitalálást követően alkalmas volt a konténer megfogására, és vasúti kocsira történő átmozgatására. A berendezés hidraulikus működtető elemekkel és saját erőforrással rendelkezett.

¹⁰ Blatchford Cranes/Herbert Pool Ltd, product brochure, 1990 (29)

Hátrányai:

- a vasúti szállító eszköz és a közúti szállító eszköz egyidejű jelenlétét igényli,
- olyan vasúti kocsíkon alkalmazható, amelyek a vasúti oldali kitalpalást nem akadályozza,
- a kezelő gyalog kíséri, amely a haladási sebességet, illetve a különböző időjárási körülmények közötti alkalmazhatóságot szűkíti.

Az RTS-501 jelű horizontális konténer átrakási eljárás kidolgozása 1997–98-ban kezdődött a MIKON Kft szakembereivel, valamint a Svájci Vasút (SBB) aktív részvételével [5].



8. ábra KORAX-MIKON RTS 501¹¹

Az RTS-501 berendezés esetében az emelő egységek oldalról fogják meg a konténert, és a jobbra, illetve balra kinyúló, letalpaló szerkezettel rendelkező gerendákon tudnak elmozdulni. A jobbról, balra történő átrakáshoz egy köztes lerakásra van szükség az átfogás elvégzéséhez. A berendezést a kezelő gyalog kíséri, működtető elemei hidraulikusak, az energiaellátás a sínek között lefektetett csúszó tápvezeték biztosította.

Hátrányai:

- a vasúti szállító eszköz és a közúti jármű egyidejű jelenlétét igényli,
- az átrakónak és a teherkocsinak egymással párhuzamosnak kell lennie
- nem képes halmozásra

¹¹ www.loxodon.com/en/node/4

- nem képes csereszekrények átrakására
- a konténer megfogása nem szabványos



9. ábra NETHS [6]

A NETHS berendezés az RTS-501 tapasztalatai alapján kialakított változat. A felül elhelyezett sín rendszer jobbra-balra elmozdul, ezáltal biztosítja, hogy az emelő egység a konténereket a szomszédos vágányok között átmozgathassa. Előnye az RTS-501-hez képest, hogy a gépjármű csereszekrények átrakását is biztosította a rácsos csáp szerkezettel. A széles gépkonstrukció nem igényli kitalpaló szerkezet alkalmazását.

Hátrányai:

- a vasúti szállító eszköz és a közúti jármű egyidejű jelenléte szükséges,
- nem képes halmozásra
- nem szabványos vasúti nyomtávú vágányon mozog
- minimális biztonsági távolság a felsővezeték-től
- a konténert nem tudja a talajszintre lerakni.

10. ábra Mobiler¹²

A Mobiler berendezés gépjárműre került elhelyezésre. A baloldalra elmozduló sínszerkezetre van szerelve a néhány centiméteres emelési magasságot biztosító emelő szerkezet. A kinyúló sínszerkezet a vagonra támaszkodik, ezért csak olyan vagon esetében alkalmazható, amelynek a felületén a sín támaszkodási szakaszon nincs kikönnnyítés. A sínszerkezetnek a konténer alsó részében úgynevezett „Mobilér alagutat” kell biztosítani. A különböző magasságú vagonhoz való igazítást a tehergépkocsi hidraulikus emelő rendszerre biztosítja. A berendezést a tehergépkocsi vezetője kezeli, aki ebből kifolyólag felelős a vasúti vagonra történő megfelelő rakodásért is.

Hátrányai:

- speciális konténert igényel,
- speciális tehergépkocsit igényel,
- nem minden vasúti kocsik konstrukciónál alkalmazható,
- a vasúti és a közúti szállítóeszköz egyidejű jelenlétére van szükség.

¹² www.mobiler.info

11. ábra ContainerMover¹³

Az Innovatrain ContainerMover technológiája hasonló a Mobiler rendszerhez, azzal a különbséggel, hogy nincs szüksége külön konténer típusra. Cserébe viszont az átmozgató szerkezetnek a helyet a vagonra felszerelt keret biztosítja.

Hátrányai:

- speciális tehergépkocsit igényel,
- átalakított vasúti vagon szükséges,
- a közúti és a vasúti szállítóeszköz egyidejű jelenléte szükséges

A fent bemutatott vízszintes átrakodási technológiák egyetemes hátránya, hogy a vasúti kocsit és a teherautó egyidejű jelenlétét igénylik. Jellemzően irányvonati szállítási megoldások esetén alkalmazható. A Mobiler és az ACTS (14. ábra) rendszerek megfelelő megoldások lehetnek a zárt logisztikai lánc kiszolgálására, amelyre van alkalmazási példa.

A továbbiakban két olyan konténerkezelési eljárást mutatok be, amelyek már nem igénylik a vasúti szállító eszköz, illetve a tehergépkocsi egyidejű jelenlétét.

¹³ <http://www.innovatrain.ch/en/containermover/videos/>



12. ábra metrocargo¹⁴

A *metrocargo* rendszer esetében a középen elhelyezkedő konténerszállító szerelvényen lévő konténereket a négy sarkánál egy-egy emelőszerkezet emeli meg olyan magasra, hogy az átmozgató gerenda a kocsi alátolható legyen. A konténert a gerendára letéve, az átmozgató kocsin mozog balra, vagy jobbra. Az átmozgató gerenda ezt követően behúzásra kerül, és alkalmassá válik az ellentétes oldali kitolásra. A rendszer a konténereket a két oldalt elhelyezkedő bakokra rakja ki, illetve onnan veszi el a vagonra történő felrakás érdekében. A bakokról a konténer elszállítása önrakodó gépjárművekkel, vagy bakdaruval történik.

Hátrányai:

- a vasúti pálya mindkét oldalára emelő eszköz kell építeni,
- a terület műszaki berendezéseinek költsége magas, az átrakási ciklus idő viszonylag hosszú,
- a gépkocsira rakáshoz ugyancsak a gépkocsi mindkét oldalára kell emelőeszközt kialakítani (ha nem önrakodó és gépkocsi és nincs bakdaru),
- nem képes halmozásra.

Előnye a *metrocargo* rendszernek a magas szintű automatizáltság, a kezelő nélküli működés lehetősége.

¹⁴ www.metrocargoitalia.it

13. ábra FastRCargo¹⁵

A *FastRCargo* (2012) konstrukció hasonló a *metrocargo* konténer kezelési technológiához. Az előnyei és hátrányai is hasonlóan alakulnak.

A görgős konténerek és a horgos emelővel felszerelt gépjárművek az ömlesztett áruszállítás, az újrahasznosítható hulladék visszagyűjtés kedvelt eszközei. Ezen konténertípusok vasúti szállításához fejlesztették ki az ACTS rendszert.



14. ábra ACTS [28]

A 14. ábrán látható ACTS rendszer a görgős konténerek (DIN 30722-1) vasúti szállítását biztosítja. A vasúti vagonra felszerelt keretet manuálisan kell kifordítani, majd a görgős konténert a keretre helyezni. Ezt követően a forgó keret visszafordítása és rögzítése a kezelő feladata. Mivel a kezelést a gépkocsi vezetője végzi, ezért a rakodási felelősség is őt terheli. Alkalmazására zárt szállítási rendszerekben van példa.

¹⁵ <https://slideplayer.se/slide/2287492/>

Hátrányai:

- speciális vagon igényel,
- speciális tehergépkocsit igényel,
- speciális konténer szükséges (ömlesztett áruhoz),
- ISO konténerek kezelésére nem alkalmas.



15. ábra BOXMover¹⁶

A BOXMover tehergépkocsira szerelt átrakó eszköz, alkalmazása hasonló az önrakodó gépkocsiknál alkalmazott konténeremelő berendezéshez. Az emelő eszköz stabilitását a vasúti kocsira támaszkodó talp biztosítja. A konstrukció egyoldalas működést tesz lehetővé. A kezelést a gépkocsivezető végzi, aki felel a vasúti vagonra való megfelelő elhelyezésért is. Előnye a megoldásnak, hogy a konténert a talajra is le tudja rakni.

Hátrányai:

- speciális tehergépkocsit igényel,
- a kezelőnek sok feladatot kell elvégeznie,
- az átrakási idő viszonylag hosszú.
- egymás mellett álló konténerek nem emelhetőek

¹⁶ www.boxmover.eu



16. ábra Meclift ML5016SR¹⁷

A 16. ábrán látható Meclift ML5016Sr berendezés egy önjáró gumikerekes konténeremelő és szállító gép. Ennek megfelelően nem elektromos, hanem dízel üzemű. A konténerek megfogását a gumikerekes targoncáknál alkalmazott speder-hez hasonló, teleszkópos szerkezet biztosítja. Az emelő szerkezet felső gémje merev konstrukciójú. A konténer megemelését a teleszkóp konstrukciójú gémszerkezet, illetve a gémbillentő munkahenger együttműködése biztosítja.

Hátrányai:

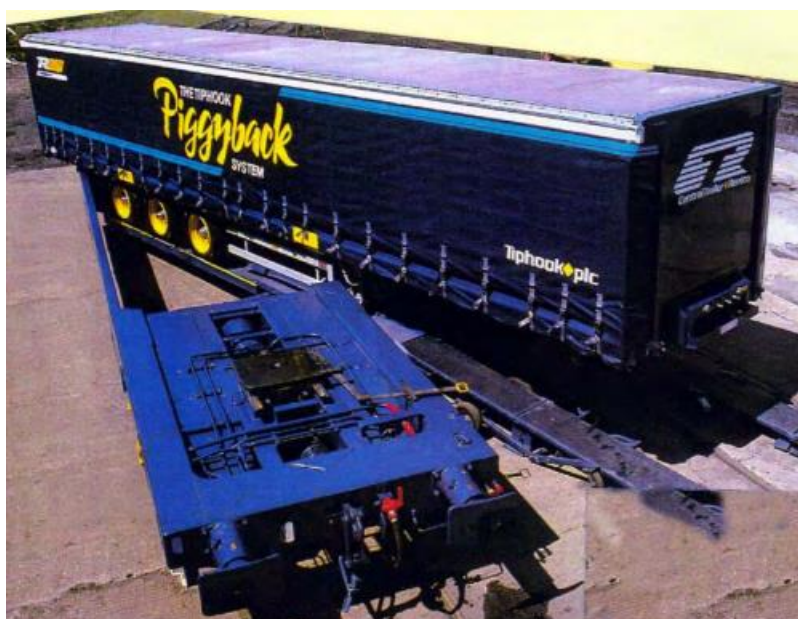
- egy oldali kiszolgálására képes,
- felsővezeték alatt korlátozottan alkalmazható,
- dízel üzemű.

A fentiekkel összefüggésben kijelenthető, hogy a vízszintes konténer-átrakás elve ismert, ám az ismert berendezések széles körű alkalmazására az szakirodalomban nincs adat. A szélesebb körű elterjedés elmaradásának oka nem az adott berendezésnél alkalmazott műszaki megoldások hiányosságai, hanem az intermodális átrakópontok hálózatának hiánya, valamint az áruforgalom áterelést biztosító szervezéstechnikai, vasúti forgalomszervezés technikai javaslatok hiányában keresendő. Ezen túl meg kell említeni a szigorú vasútbiztonsági előírásokat, amelyek nem kedveznek az innovatív konténerkezelési eljárásoknak a felsővezeték alatt.

¹⁷ www.meclift.fi

4.4. Vasúti vagon fejlesztések az intermodális áruszállítás érdekében

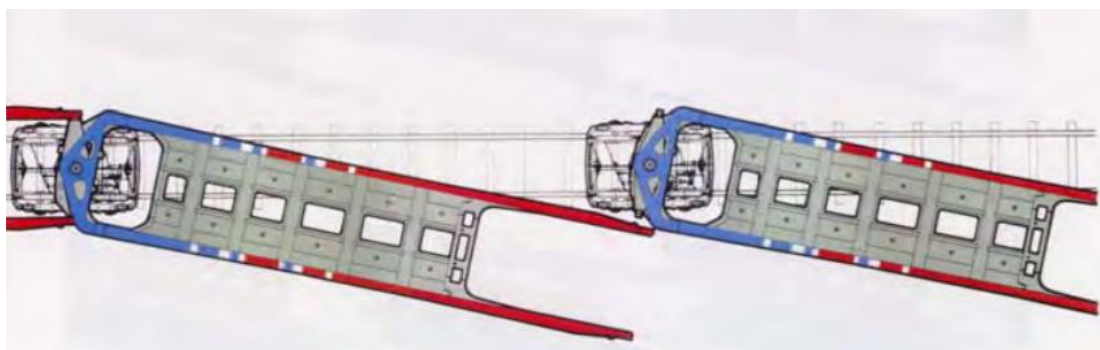
Az alábbiakban olyan vasúti-közúti intermodális áruszállítási megoldásokat mutatok be, amelyek rendeltetése daruzható, és nem daruzható nyerges pótkocsik vasúti kocsin történő szállítása. Bár a dolgozatnak nem tárgya ezeknek az megoldásoknak a részletesebb elemzése, azonban, mivel ismert, helyenként alkalmazott technológiákról van szó, ezért szükségesnek tartottam ezekre is kitérni. Az alább bemutatott Tiphook és Modalohr megoldások szintén alkalmasak felső vezetékkel rendelkező vasúti pályán a nyerges pótkocsi, illetve a vontató jármű vagonra történő fel és lerakásra, pontosabban fel- és leállásra. Mindkét megoldás azonos elvet valósít meg. A vasúti kocsi vázszerkezetének megbontásával, egy részének kifordításával a felhajtó rámpához. A felhajtó rámpa helyzete nem fix, a kifordítást követően kell a megfelelő pozícióba állítani.



17. ábra The Tiphook System¹⁸

A 17. ábrán látható Tiphook rendszer esetében a vasúti forgóvázak közötti kapcsolat nem szűnik meg, mivel a vasúti kocsi vázának egy része a helyén marad. A kifordítás csak az egyik oldalra lehetséges.

¹⁸ Transtech, 1992 (29)



18. ábra A Modalohr rendszer¹⁹

A Modalohr rendszer esetében a forgóvázak közötti kapcsolat megszűnik a vázszerkezet kifordításakor. A kifordítás, elvben, mindkét oldalra lehetséges. Ugyanakkor az ismert Modalohr terminálok, csak az egyoldali kifordításhoz kerültek kialakításra.

Youtube videón²⁰ látható, hogy 36 perc szükséges egy 16 kocsis szerelvény kirakásához, illetve felrakásához. A művelethez 4 db vontatójármű került alkalmazásra, 4 fővel.



19. ábra Modalohr rendszer²¹

A 19. ábrán a Modalohr rendszer egy kiépített változata látható. A speciális vagonok egyaránt alkalmasak úgy a nyerges pótkocsi, mint a vontató jármű szállítására. A szakirodalom szerint 4 db Modalohr terminál van használatban (Chambéry, Perpignan

¹⁹ Lohr Industries, 1995, p. 11 and 15

²⁰ <https://youtu.be/MTvSOrTXFzw>

²¹ www.modalohr.com

Franciaország; Turin Olaszország; Bettembourg Luxemburg), 4 db kivitelezés alatt, illetve további 8 db terminál előkészítési fázisban van²².

A Thiphook és a Modalohr megoldások hátrányait az alábbiakban lehet összefoglalni:

- speciális vagon igényelnek, melyek csak a nyerges pótkocsi, vagy a vontató szállítását teszik lehetővé,
- ISO 668 szerinti boksztartályok és az EN 452 szerinti gépjármű csereszekrények szállítását nem biztosítják,
- a speciális vagon lényegesen drágábban gyártható, mint a konténer szállító vagon típusok,
- a megoldások speciálisan felszerelt, magas beruházási költségű területet igényelnek,
- kizárólag irányvonati rendszerben alkalmazhatóak, köztes megállók nem jöhetnek szóba,
- az áru tömegén kívül a félpótkocsi, illetve a vonatójármű tömegét is szállítani kell

Bár nem a konténer kezelés technológiáját érinti, de mivel kapcsolatban van az intermodális áruszállítással, ezért érdemes megemlíteni két új vasúti gördülőállomány fejlesztést. Ezen fejlesztések célja az előző két példától eltérően a minél alacsonyabb gyártási költségű, konténeres szállítására alkalmas vagon kialakítása.

A TransANT vasúti kocsi fejlesztés célja a minél kisebb tömegű, minél alacsonyabb árú vasúti kocsi előállítás, amely kifejezetten a konténeres áruszállítás céljait szolgálja, melyet a rácsos vázszerkezet biztosít.



20. ábra a TransAnt vagon²³

²² <https://lohr.fr/lohr-railway-system/the-lohr-system-terminals/>

A TransAnt vagon konstrukció 60 láb konténerhossz szállítását biztosítja. A rácsos vázszerkezet konstrukciója 10-20 %-al kisebb szerkezeti tömeget eredményez.



21. ábra m2 vasúti vagon ²⁴

Az m2 vagon projekt célja ugyancsak a vasúti áruszállításhoz alkalmazott olyan új vagonkonstrukció kialakítása, amely csökkenti a gördülőállomány tömegét. Ennél a megoldásnál a vázszerkezet hosszát korlátozták a szállítandó 20 vagy 40 lábás konténer méretre. Mivel a forgóvázak közötti összekötésnek nincs tartási szerepe, ezért a korábbi változatokhoz képest, lényegesen kisebb szerkezeti méretekkel lehet kialakítani.

A fenti vasúti gördülőállomány fejlesztési projektekből azt a következtetést lehet levonni, hogy a vasúti gördülőállomány gyártásában, valamint az áruszállításban érdekelt cégek keresik azokat a műszaki megoldásokat, amelyekkel versenyképesebb áruszállítási ajánlatot tehetnek a fuvar megrendelők felé.



22. ábra ORION osztott hajtású áruszállító vonat²⁵

²³ <https://www.railcargo.com/en/services/wagonload/equipment/freight-wagon/transant>

²⁴ https://pl.dbcargo.com/rail-polska-en/News_Media/news/m2-project-DB-Cargo-Polska-as-a-co-creator-of-an-innovative-form-for-the-freight-rail-transport-of-the-future-5396440

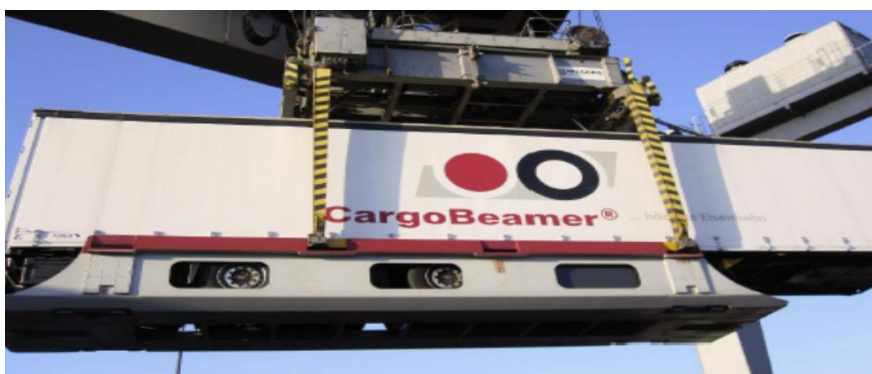
²⁵ <https://www.railfreight.com/railfreight/2021/02/01/plans-move-ahead-for-orion-light-goods/>

Az ORION²⁶ gyors áruszállító vonat alapvetően raklapos áru továbbítására kerültek kialakításra személyszállító kocsik átalakításával. A vonat, hagyományos tehervonatokot meghaladó sebessége az osztott hajtásnak köszönhető, melynek eredményeként a gyorsítási és a lassítási távolság lényegesen kisebb, mint a hagyományos teherszerelvények esetében. A belső terek padlózata golyópályás, ami a raklapok kézi mozgatását teszi lehetővé. A konstrukció arra bizonyíték, hogy a szakemberek keresik a megoldást a konténertől kisebb egységtrakományok intermodális szállításának lehetőségére. A megoldás hasonlítható a közúti gyűjtőfuvaros áruszállításhoz, ahol a szállítási egység az EUR-raklap.

4.5. Intermodális szállítást biztosító adapterek

Tekintettel arra, hogy a közúti áruszállításban alkalmazott nyerges pótkocsik néhány százaléka daruzható²⁷, ezért az ilyen pótkocsik intermodális szállítására a szakemberek a daruzást biztosító adaptereket dolgoztak ki. Az alábbiakban bemutatott CargoBeamer és NiKRASA rendszer tartozik az intermodális áruszállítást biztosító adapterek közé.

Ezek az adapterek ugyan nem horizontális átrakási eszközök, de lehetővé teszi, hogy a nem daruzható félpótkocsik intermodális szállítás eszközei lehessenek. Az úgynevezett zsebes vasúti kocsiból való kiemelés érdekében kb. 800 mm-el több emelési magasság szükséges, mint a póre vasúti kocsik rakfelületére elhelyezett konténer, vagy csereszekrény esetében. Ennek következtében, ezek a megoldások kizárólag termináli körülmények között alkalmazhatóak.



23. ábra CargoBeamer²⁸

²⁶ <https://orion.railopsgroup.co.uk/>

²⁷ <https://logisztika.com/a-magyarorszagi-kozuti-potkocsik-99-szazaleka-egylore-nem-alkalmas-a-vasuti-szallitasra/>

²⁸ www.cargobeamer.com

A nem daruzható nyerges pótkocsik intermodális szállíthatóságát biztosíthatja a 23. ábrán látható CargoBeamer adapter. Ennek az alkalmazásához a konténer darunak csápos emelő eszközzel kell rendelkeznie. Ugyan azok a csápos emelők alkalmazása szükséges, amelyek a csereszekrények daruzását is biztosítják. A daruzható platformhoz olyan speciális, lehajtható oldalú zsebes vasúti kocsi is szükséges, amely ugyancsak a CargoBeamer rendszer része. A CargoBeamer terminál olyan felszereltséggel rendelkezik, amely horizontális mozgással, függőleges emelés nélkül is képes a nem daruzható félpótkocsikat a CargoBeamer vasúti kocsira átmozgatni. A speciális kialakítás következtében a megoldás költséges, csak jelentős állami szerepvállalással alkalmazható.



24. ábra NiKRASA adapter²⁹

A 24. ábrán látható NiKRASA rendszer a CargoBeamer-hez viszonyítva egyszerűbb konstrukciójú adapter, és a zsebes vasúti kocsi is kevésbé speciális. Cserébe a kamionnak az adapterre való felálláshoz felhajtó rámpát kell kialakítani.

A zsebes vasúti kocsin CargoBeamer vagy NiKRASA adapter nélküli, daruzható félpótkocsi is szállítható, illetve a zsebes vagonok egyes típusai alkalmasak ISO konténerek szállítására is.

²⁹ <https://www.bayernhafen.com/nikrasa/>

A fentiekben bemutatott sokféle konténerkezelési eljárás ellenére a vasúti-közúti intermodális áruszállítás részaránya alacsony. A fuvarozó társaságok sok esetben az állami beavatkozástól (közúti forgalomkorlátozás, ártámogatás stb.) várják az intermodális áruszállítás fejlődését.

5. A konténeres áruszállítás aktuális gyakorlata

5.1. A konténeres forgalom

Jelenleg a konténeres vasúti áruszállítás több mint 90%-a esetében a konténer feladási és célállomások, jellemzően nem azonos országban vannak, vagyis főként nemzetközi szállításra használják. A konténerszállító vonatok irányvonati rendszerben, egy tengeri kikötő és egy szárazföldi terminál között közlekednek. A kontinentális intermodális áruszállítás fejlesztése szempontjából fontos, hogy a konténer feladása és megérkezése között eltelt időt a konténerkezelési technológia mennyivel rövidítheti. Az interkontinentális konténeres áruszállítás esetén a kontinentális vasúti-közúti intermodális áruszállítás fejlesztése esetén megnyerhető 2-3 nap nem nagyon kelti fel a megrendelők érdeklődését, mivel az a teljes szállítási idő legfeljebb 10%-a. Ezzel szemben a kontinentális konténeres vasúti-közúti intermodális áruszállítás jelenlegi gyakorlata esetén a konténer eljuttatása közép Európából nyugat európai célhoz, 4-5 munkanap. Ha az említett a relációban fejlesztjük a későbbiekben ismertetett eljárással az intermodális vasúti-közúti áruszállítást, az áru megérkezése a célhoz legfeljebb 2 nap, vagyis felére csökkenthető a szállítási idő. Ennek következtében a kombinált belföldi és kontinentális áru fuvarozás versenyképessé és kiszámíthatóvá tehető egy új konténerkezelési eljárással és az annak alapján szervezett új logisztikai rendszerrel a tisztán közúti szállítással szemben.

Az ismert és széles körben alkalmazott konténerkezelési eljárások a forgalom koncentrációját igénylik, és mivel nem versenyképesek a tisztán közúti szállítással ezért a vasúti áruszállítás részaránya nem növekszik. *„A teljes hazai intermodális forgalom 92,4 százaléka három közép-magyarországi kombiterminálon – BILK Kombiterminál, Mahart Container Center, a Csepelen létesült Metrans terminál – keresztül érkezett az országba 2018-ban. Ez az arány tavaly tovább nőtt, miután a soproni terminál forgalma 14 százalékkal, míg a záhonyi konténerforgalom 27 százalékkal csökkent.”*³⁰

³⁰ <https://trans.info/lt/a-kombinalt-fuvarozas-fejlesztesevel-evente-50-ezerrel-kevesebb-kamion-jarhatna-az-utakon-138513>

5.2. A konténerszállítás időszükséglete

Az alábbi ábrák az aktuális intermodális áruszállítási gyakorlat időbeli versenyhátrányát szemléltetik a COSCO Shipping és az általa üzemeltetett Pireausi kikötő adatai alapján.



25. ábra A vasúti szállítási idő Piraeus és a kelet-európai országok között³¹

Vasúton a konténer szállítás időszükséglete a Pireausi kikötő és a Kelet-Európai országok között 2-6 napra tehető. A Budapest-Belgrád vasútvonal fejlesztés egyik célja ennek az időszükségletnek a csökkentése.

³¹ <http://www.pct.com.gr/content.php?id=52>

From	Departure Rail CY		Arrival Rail CY		MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT	SUN	TAT (days)	Routing
	From PCT to C.Europe & Balkans	PCT, Greece	Pardubice (TPTP), CZ						▼				6
PCT, Greece		Dunajska Streda (DJS), SK		▼								5	GR-NMK-RS-HU-SK
PCT, Greece		Bratislava (RCO CSKD), SK	▼				▼					5	GR-NMK-RS-HU-SK
PCT, Greece		Budapest (BILK), HU	▼		▼			▼				4	GR-NMK-RS-HU
PCT, Greece		Belgrade (NELT), RS							▼	▼		2	GR-NMK-RS
PCT, Greece		Skopje (SCT), NMK								▼		1	GR-NMK
From C.Europe & Balkans to PCT	Departure Rail CY		Arrival Rail CY		MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT	SUN	TAT (days)	Routing
	Pardubice (TPTP), CZ	PCT, Greece					▼	▼				6	CZ-SK-HU-RS-NMK-GR
Dunajska Streda (DJS), SK	PCT, Greece	▼		▼								5	SK-HU-RS-NMK-GR
Bratislava (RCO CSKD), SK	PCT, Greece										▼	5	SK-HU-RS-NMK-GR
Budapest (BILK), HU	PCT, Greece					▼						4	HU-RS-NMK-GR
Belgrade (NELT), RS	PCT, Greece			▼			▼					2	RS-NMK-GR
Skopje (SCT), NMK	PCT, Greece			▼								1	NMK-GR

26. ábra Konténer vonatok indulása Piraeusi terminálról Közép-Európai és Balkáni célpontokra³²

A Piraeusi konténer terminál vasúti szerelvény kiszolgálási kapacitása naponta 10 db szerelvény³³. Ugyanakkor a Piraeusi konténer terminál és a különböző Közép-Európai kontinentális konténerterminálok között heti 10 vonatpár közlekedik (26. ábra). A legtávolabbi a Pardubicei (CZ) terminál, amely 1.930 km távolságra van. A menetidő 5 nap, vagyis a vonat naponta átlagosan 386 km-t tesz meg, ami kevesebb, mint a fele, a kamionnal naponta megtehető távolságnak. Ez az adat is jól mutatja a közúti szállítással szembeni időbeli versenyhátrány mértékét.

A Magyarországi konténerforgalom 2017-ben becslés szerint 253.000 TEU [7], 2020. első félévében 156 ezer TEU³⁴ volt. Ennek nagy része egyetlen nagy terminálra, a BILK-re (Budapesti Intermodális Logisztikai Központ) koncentrálódik. Ez a forgalomeloszlás, vagyis koncentráció összhangban áll a nemzetközi tendenciákkal, ugyanakkor ez a gyakorlat nem felel meg a növekvő környezetvédelmi követelményeknek, nem javítja a vasúti áruszállítás arányát, nem képes csökkenteni a tranzitforgalmat.

Az alábbiakban egy példán keresztül bemutatom a jelenlegi intermodális vasúti-közúti áruszállítási gyakorlatot. A példa szerinti gyártó Miskolc közeléből (Magyarország északkeleti régiója) szállít gépjárműalkatrészeket (például kipufogócsöveket) egy motorgyárba, Szentgotthárdra (Magyarország nyugati régiója).

³² <https://www.coscoshipping.gr/rail/>

³³ <http://www.pct.com.gr/content.php?id=52>

³⁴ <https://www.vdszsz.hu/8188-a-vasuti-es-az-intermodialis-fuvarozas-lehet-a.html>

Ha ezt az áruszállítást a jelenlegi vasúti-közúti intermodális szállítással hajtják végre (a jelen körülmények között irracionális megoldás), akkor 4-5 napot igényel 1 TEU szállítása 500 km-re Miskolc és Szentgotthárd között. Ez alapvetően a jelenlegi konténerkezelési technológiának, terminálépítési, tehervonat összeállítási, vagon rendezési, vonatközlekedtetési gyakorlatnak köszönhető. Mivel a konténert egyébként is tehergépkocsira kell rakni a közúti előfutáshoz, a szállítási idő lerövidítése érdekében jobb, ha az árut egyenesen Szentgotthárdba szállítják. Láthatjuk ennek a gyakorlatnak a következményeit az autópályák zsúfoltságán, valamint az alárendelt utak állapotán. Tehát jelenleg a viszonylag rövid – néhány 100 kilométeres - távolság esetén a vasúti-közúti áruszállítás jelentős időbeli versenyhátrányban van a tisztán közúti áruszállítással szemben.

5.3. Az intermodális szállítási ár

Az idő mellett az ár is nagyon fontos és érzékeny kérdés a szabad piaci körülmények között. Ha átnézzük néhány vasúti társaság hirdetésnyét, láthatjuk, hogy egy 16-34 tonna tömegű konténer szállítása az alábbi áron lehetséges:

Távolság	€/TEU/v.km
191-200 km	2,32-3,15
391-400 km	2,15-2,92
491-500 km	2,04-2,8

1. táblázat Az RCA árudíjszabás szerinti egységár³⁵ [8]

Ha ezt összehasonlítjuk az átlagos közúti szállítás kb. 1,1 EUR/km árával, akkor látható, hogy a konténerek vasúti szállítását (kb. 500 km-nél rövidebb belföldi szállítás esetén) nem tekinthető versenyképesnek. Tisztán a szállítási költségen túl az intermodális áruszállítás esetén a fuvarmegrendelők olyan többletköltségeket is viselnek, mint például a konténeremelés, és más termináldíjak. A jelentős árkülönbözet, még a környezetvédelemért egyébként felelőséget érző vevő figyelmét is a tisztán közúti szállítás felé fordítja.

³⁵ [8] 3. számú függelék

A fenti árak következményeként a kontinentális vasúti-közúti intermodális áruszállítás piaci részesedése és a fejlődési potenciálja is alacsony. Az intermodális vasúti-közúti áruszállítás volumene a vasúti áruszállítás néhány százaléka. Ennek a helyzetnek a fő oka a hatékony konténerátrakodási technológia hiánya, valamint a vasúti forgalomszervezési eljárás aktuális gyakorlata, mely szerint az utasszállító vonatoknak minden esetben elsőbbsége van az üzleti célú pályahasználattal szemben, illetve a tehervonatok irányvonati rendben közlekednek.

5.4. Aktuális termináli konstrukció

A bakdarus konténerkezelés és az elektromos vasúti vontatás mellett is keresik a szakemberek azokat a műszaki megoldásokat, amelyek az időbeli versenyhátrányt csökkenthetik. Jó példa erre a 28. ábrán látható terminál kialakítás.

A jelenlegi kontinentális konténer terminálok azonos jellegzetességek alapján kerültek, kerülnek kialakításra, amelyek az alábbiak:

- dízel vasúti vontatás,
- bakdarus vagy reach steker-es konténerkezelés,
- zsákvágányos kialakítás,
- jelentős beruházással hozható létre,
- forgalom koncentráció a megtérülés érdekében,
- autópálya közelében létesítik a közúti kapcsolat érdekében.



27. ábra BILK konténer terminál³⁶

³⁶ <https://www.railcargobilk.hu/hu/fotogaleria>

A legnagyobb magyarországi konténer terminál a Soroksár térségében lévő BILK, a fenti jellegzetességnek minden vonatkozásban megfelel. A főbb hazai autópályák nehéz tehergépjármű forgalmát a fenti terminálépítési gyakorlat és az alkalmazható konténer kezelési eljárások nem képesek mérsékelni.



28. ábra A METRANS átrakópont³⁷

A 28. ábrán a METRANS cég Trebova-i (CZ) vasúti-közúti csomópontja látható, amely a nagyon kevés kivételek közzé tartozik. A betolató, elektromos mozdonyt nem feltétlenül kell a szerelvényről lekapcsolni. A konténerkezelést bakdaruk végzik. A konstrukció előnye a kisebb mértékű dízel vasúti vontatás fenntartása, illetve a szerelvény vasúti közlekedtetésre való átadásának kisebb időszükséglete.

³⁷ <https://metrans.eu>

6. A versenyképes konténerátrakó

Ebben a részben egy új konstrukciójú konténer átrakó berendezés kerül bemutatásra olyan mélységben, hogy a működés és a fejlesztési cél elérése értékelhető legyen. A versenyképesség meghatározására több megfogalmazás is ismert. Úgy a közgazdász, mint a mérnöki tudományok is alkalmazzák. A Chikán Attila és Czákó Erzsébet szerkesztésében megjelent Kutatási tervtanulmányban [41] megfogalmazás szerint a nemzetgazdaságra vonatkoztatva *„a nemzetgazdaságnak az a képessége, hogy egy nemzetgazdaság úgy tud létrehozni, felhasználni, illetve a globális verseny keretei között értékesíteni termékeket és szolgáltatásokat, hogy közben saját termelési tényezőinek hozadéka, s ezzel párhuzamosan állampolgárainak jóléte fenntartható módon növekszik. Ezen versenyképesség feltétele az erőforrások termelékenység-növekedésének elősegítése a vállalatok és más intézmények hatékonyságának növekedését biztosító feltételek folyamatos fenntartása útján.”*³⁸

A fenti megfogalmazást a kontinentális konténerterminálok alkalmazható konténerkezelés technológiára vonatkoztatva a következő megfogalmazással élhetünk. **A versenyképes konténerkezelés a logisztikai ágazatnak az a képessége, amely az ágazaton belül tud létrehozni, felhasználni, illetve a globális verseny keretei között értékesíteni áruszállítási szolgáltatásokat úgy, hogy közben saját termelési tényezőinek hozadéka, s ezzel párhuzamosan a közreműködő gazdasági szervezetek jövedelmezősége fenntartható módon növekszik.** Ezen versenyképesség feltétele olyan korszerű műszaki, és szervezéstechnikai megoldások hatékony alkalmazása, melyek célja a vasúti áruszállítás arányának fenntartható növelése.

6.1. Követelmények

A szakirodalmi adatok is alátámasztják, hogy a vasúti-közúti intermodális áruszállítás fejlődésének egyik előfeltétele a korszerű konténerkezelés [1]. A vasúti-közúti intermodális konténer terminálok a 4. pontban bemutatott, széles körben alkalmazott konténerkezelési eljárások, valamint a közel múlt műszaki fejlesztési eredményeinek ismeretében meghatározhatóak azok a főbb funkcionális követelmények, melyeket kielégítve a vasút

³⁸ [41] 12. oldal

versenyhátránya a tisztán közúti áruszállításhoz képest csökkenthető. A kielégítendő funkciók az alábbiak szerint azonosítottam:

- vasúti felső vezeték alatti biztonságos alkalmazhatóság,
- MSZ ISO 668 konténerek (20-40 láb) átrakása,
- MSZ EN 284 szerinti „C” osztályú csereszekrények átrakása,
- MSZ EN 452 szerinti „A” osztályú csereszekrények átrakása (mivel ezen csereszekrény típusok alkalmazása nem elterjedt, ezért kezelése nem kiemelten követelmény),
- elektromos üzemű legyen a környezetvédelmi célok elérése érdekében,
- részben, vagy egészében automatikus üzemre (kezelő nélkül) legyen képes,
- ne igényelje a vasúti és a közúti szállítóeszköz egyidejű jelenlétét.

Az intermodális közúti és vasúti teherfuvarozást gyakran említik a szakirodalomban az európai közlekedési rendszer fenntartható irányú fejlődésének, ezért kiemelt prioritású. Ennek megfelelően az Európai Bizottság támogatja, illetve a szakirodalmi közlemények kutatják a versenyképesség lehetőségeit [2]. A továbbiakban egy olyan műszaki megoldást ismertetek, amely a fenti funkcionális követelményeket képes kielégíteni, ennek révén pedig az intermodális áruszállítás versenyhátrányát mérsékelni. A berendezés konstrukciójának kialakításánál figyelembe vettem az előzetesen bemutatott konténerkezelési eljárások hátrányait, valamint a fenti követelmények kielégítését.

A régi mondás az egészségügyben, mely szerint, ha a helyes diagnózist megállapítottuk, nagy esély van a gyógyító terápiára. Ha az intermodális áruszállítás alacsony arányának okait (a vasúti szállítás versenyhátrányát időbeli és árbeli tényezők okozzák) helyesen azonosítjuk, akkor jó esélyünk van arra, hogy megoldást találjunk a problémára.

A probléma megoldása – vagyis a célt kielégítő konténerkezelési technológia kialakítása - heurisztikus algoritmus eredményeként írható le. Közérthetőbben ez azt jelenti, hogy próbálkozásokkal, korábban megszerzett tapasztalatok felhasználásával próbálunk az intermodális vasúti-közúti áruszállítás problémájára (időbeli és árbeli versenyképtelenségre) megoldást találni. Ez a gyakorlatban azt jelentette, hogy megvizsgáltam az ismert konténerkezelési technológiákat, feltártam azok előnyeit, hátrányait, és a cél szempontjából

releváns műszaki megoldások alkalmazásával egy új konténerátrakó gép konstrukciót alakítottam ki.

A kidolgozott vasúti vagy horizontális konténerátrakó (Horizontal Container Transshipment - HCT) egy kötőpályás rakodórobot, 16 szabadságfokkal, tervezési emelőkapacitása 40 tonna, amely képes kielégíteni a fentebb azonosított követelményeket. A 31. ábra a konténer vasúti kocsiról egy tehergépkocsira történő átrakását mutatja. A teherautó és a vasúti vagon párhuzamossága nem követelmény. A 3x3 halmozás (30. ábra) csak technikai lehetőség, mellyel szemben a hazai konténerforgalom dekoncentrációja esetén a tényleges igény legfeljebb 2x2 halmozás lehet.

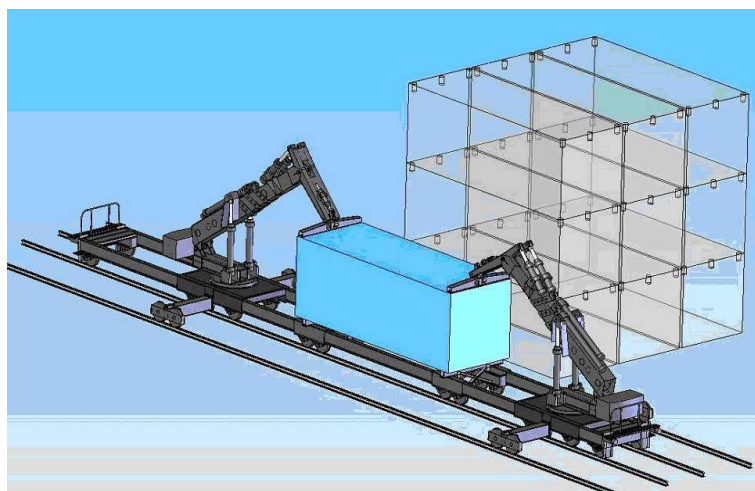
2008-ban a Loxodon Kft. Az Irinyi János Innovatív Ötletek megvalósítását támogató pályázata keretében megterveztük és kiviteleztek a HCT berendezés prototípusát. A vizsgálati jelentés szerint a prototípus megfelelt a legfontosabb műszaki követelményeknek, és bizonyította a konstrukció megfelelőségét. A projekt lezárását követően nem sikerült megfelelően tőkeerős szakmai vagy pénzügyi befektetőt találni a projekt folytatásához. A saját fejlesztési források kimerülését követően nem volt lehetőség arra, hogy a gép valós vasúti körülmények között kerüljön kipróbálásra. Az okok a konténerkezelés technológiáján túlmutató, vasúti forgalomszervezési, és jogszabályi keretek között keresendőek.



29. ábra HCT 20 lábás konténerrel³⁹

A 29. ábra 2008-ban készült HCT prototípus látható üzemi tesztje során. A gép egyes részeinek kialakítását a tapasztalatok alapján átterveztem. Jelenleg a HCT prototípus nincs alkalmazásban, a kivitelező fővállalkozó telephelyén szétszerelt állapotban található.

³⁹ http://www.loxodon.com/sites/default/files/hct_presentation.pdf 31. oldal

30. ábra HCT modell⁴⁰

A 30. ábrán a vasúti felsővezeték alatt is működőképes konténer HCT számítógépes modellje látható, amely az ITP-n (Intermodal Transshipment Point) kerülhet telepítésre, és a hatékony vasúti-közúti áruszállítás hiányzó láncszeme lehet. A halmozási képesség eredményeként elegendő tárolókapacitás biztosítható a rövid ideig (néhány óráig), vagy tartósabban (néhány hétig) tárolandó konténereknek.

31. ábra HCT modell⁴¹

A HCT olyan műszaki megoldás, amely az EP1401693 nemzetközi szabadalom alapján került megtervezésre. Ez a találmány lehetővé teszi új műszaki megoldások alkalmazását a konténerátrakás területén, és hozzájárulhat a vasúti-közúti áruszállítás fejlesztéséhez és új

⁴⁰ www.loxodon.com/en/

⁴¹ www.loxodon.com/en/videos

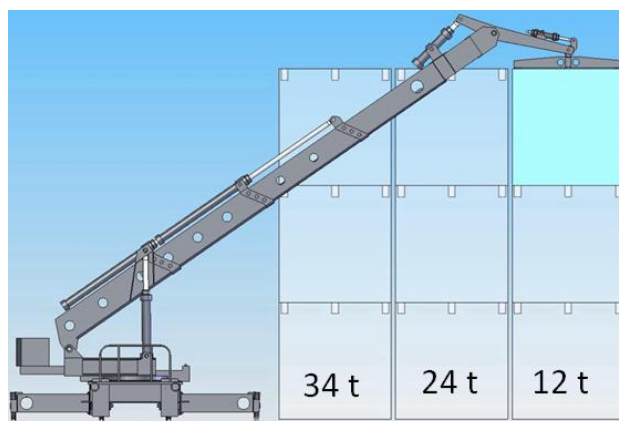
üzleti modellek létrehozásához. A HCT számos előnnyel rendelkezik a többi horizontális konténer-átrakó gépekhez képest, melyek az alábbiakban fogalmazhatóak meg:

- Nem szükséges új vasúti kocsi konstrukció.
- Nem szükséges új konténer konstrukció. Az alábbi konténer típusokat kezeli:
 - ISO 668 Bokszt konténer,
 - Csereszekrény EN 452-nek megfelelően,
 - DIN 30722 szerinti görgős konténer ISO konténer sarokelemekkel.
- Nem szükséges a vasúti és a közúti szállítóeszköz egyidejű jelenléte.
- Elektromos üzemű.

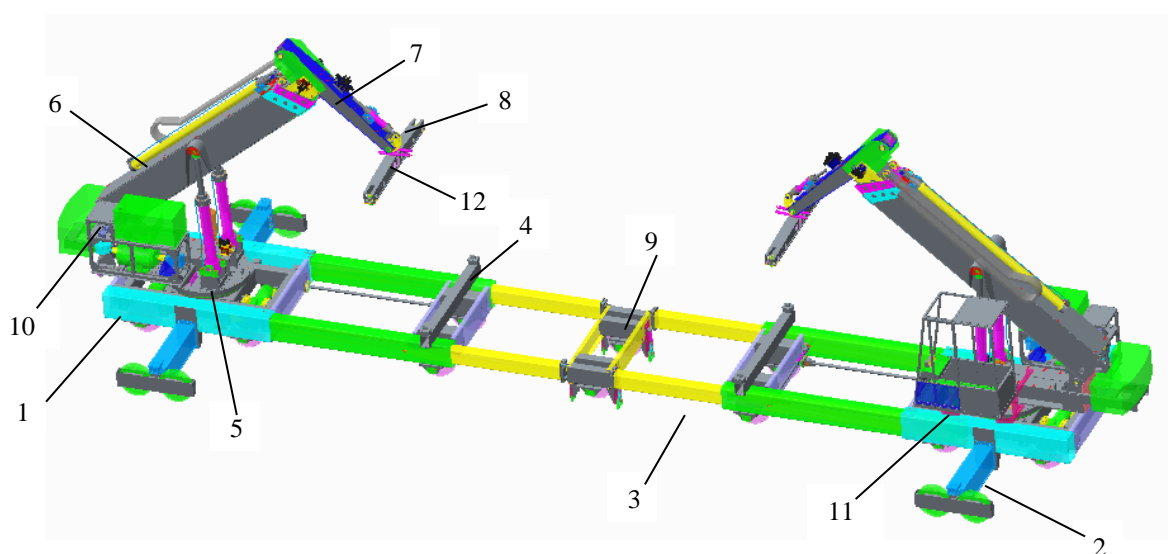
A HCT kialakítása, mozgástartománya úgy került megtervezésre, hogy megfeleljen a villamos vasúti felső vezeték alatt történő biztonságos üzemeltetés követelményeinek. A figyelembe vett egyes szabályokat [10] a műszaki fejlődés ismeretében célszerű felül vizsgálni. A HCT konstrukciója versenyképes átrakási időt eredményez, még az elektromos vasúti felsővezeték alatt is, amelyre például a FlexCombi rendszerben szükség van [11].

6.2. A HCT konténerátrakó konstrukciója

Mivel a kontinentális áruszállítás fenntartható módjának – a technika jelenlegi állása szerint - az elektromos üzemű vasúti szállítást tartjuk, ezért olyan egységgrakomány kezelő berendezésre van szükség, amely a vasúti és a közúti fuvarszköz közötti konténer átrakást képes biztosítani vasúti felsővezeték alatt is. A javasolt konstrukció robotszerű működése lehetővé teszi az automatikus konténerkezelést, amely javítja a versenyképességet [3], illetve az Ipar 4.0 követelményeknek messzemenően megfelel. Az EP 1401693 [4] szabadalom egy olyan műszaki megoldásra vonatkozik, amely a fentebb megfogalmazott funkcionális igények kielégítésére képes. Az elmúlt években több változatban is elkészült a HCT szabadalomnak megfelelő számítógépes modellje. A 30-36 ábrákon a konstrukció evolúciója is megfigyelhető.

32. ábra A HCT halmozási pozíciói⁴²

Az 32. ábrán a HCT modellje a 2006-os konstrukciónak megfelelően látható. A gép hossza 26 m, teljes tömege 52 tonna. A támaszkodó sín nyomtáv távolsága 5200 mm, a középső sínpár nyomtáv távolsága 1435 mm. A gép hosszirányban a vasúti szerelvényt párhuzamosan mozog. A 32. ábrán látható 3x3-as halmozási pozíciók csak korlátozásokkal szolgálhatók ki. Az ábrán láthatóak az egyes sorokba lerakható, felemelhető legnagyobb konténer tömeg. Az első sorba a 40 lábás konténer legnagyobb névleges tömeggel rakható le, a második sorba a 20 lábás konténer legnagyobb névleges tömeggel, vagy a 40 lábás konténer részleges terheléssel. A harmadik sorba a részlegesen megrakott, illetve üres konténerek rakhatóak le.

33. ábra A HCT berendezés modellképe⁴³

⁴² Saját szerkesztés

A HCT főbb szerkezeti elemei (33. ábra):

- aljkocsi (1), biztosítja a vágány irányú mozgást,
- kitámasztó szerkezet (2) a berendezés keresztirányú stabilitását biztosítja,
- összekötő gerenda (3) a jobb és baloldali gépegység közötti mechanikai kapcsolatot biztosítja,
- konténer tartó (4) kitámasztó funkciót lát el, valamint a konténer időleges megtartását biztosítja,
- forgó platform (5) +/- 90 fokos tartományban lehetővé teszi az emelő szerkezet elfordítását,
- alsó gémszerkezet (6) a teher megemelését, valamint a teleszkópos konstrukció nagyobb hatótávolságú működését teszi lehetővé,
- felső gémszerkezet (7) a felsővezeték alá történő benyúlást biztosítja, alacsony szerkezeti magassággal,
- emelő gerenda (8) a konténer megfogó csapokat foglalja magába,
- segéd kocsi (9) a berendezés középső részét a sínhez rögzíti, ezáltal a mozgások vezérléséhez egy fix referencia pontot biztosít,
- hidraulikus tápegység (10) elektromos hajtású, ikerszivattyús konstrukció,
- kezelőfülke (11) a kezelőszervek és a kezelő személyzet elhelyezését biztosítja,
- gerenda csukló (12) lehetővé teszi, hogy az emelőgerenda a függőleges tengely körüli elfordulását, valamint billentését a talajjal való párhuzamosság érdekében

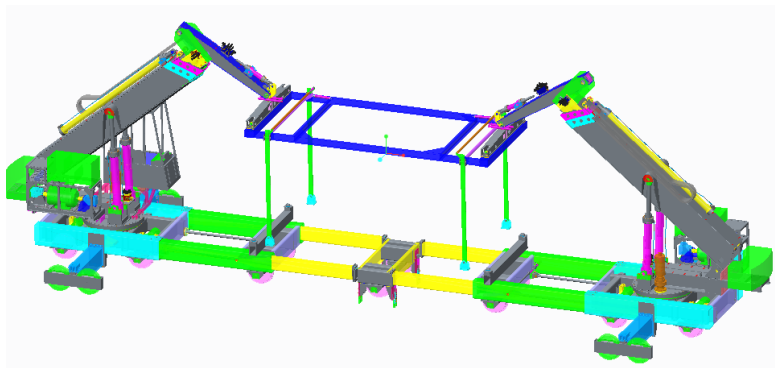
A 34. ábrán a HCT berendezés egyik olyan tervezési változata látható, amely az alábbi főbb pontokban tér el a korábbi (30. ábra) változattól:

- a gép két végén eredetileg alkalmazott segéd kocsik elhagyásra kerültek,
- a jobb és baloldali egységet összekötő gerenda teleszkóp konstrukciójú,
- a teleszkóp kitoló munkahenger az alsó gém tetejére került,
- nem teleszkóp konstrukciójú munkahenger, hanem láncos löket többszörözés került alkalmazásra a teleszkóp kitolásához,

Mint a 45. ábrán látható, hogy a HCT szerkezeti elemei 0,6 m-nél nem közelítik meg jobban a felső vezetéket. A biztonságos távolság ellenére a jelenlegi szabályok csak

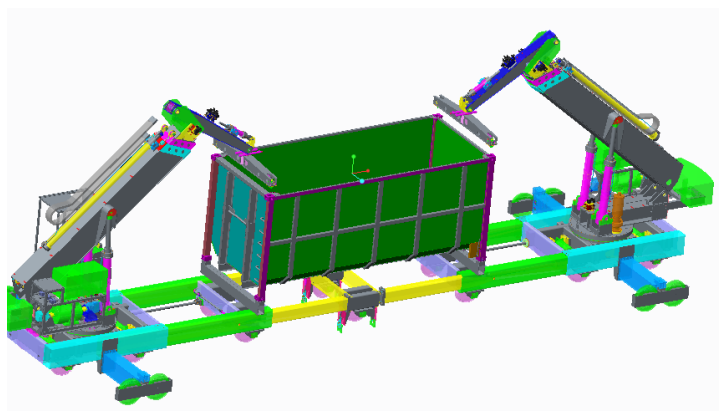
⁴³ Saját szerkesztés

feszültségmentes állapotban teszik lehetővé a felső vezeték alatt a konténerkezelést. A HCT két gépoldala önálló elektromos hajtású, 37 kW bevezetett teljesítményű hidraulikus tápegységgel rendelkezik. Az elektromos energiaellátás a sín pár között elhelyezett burkolt csúszó pályás. A tápegység lehet dízel hajtású is, de az kevésbé környezetbarát.



34. ábra A HCT berendezés emelő kerettel⁴⁴

A 34. ábrán a „C” osztályú csereszekrény (EN 284) átrakására alkalmas csápos emelőkerettel felszerelt HCT berendezés látható. Ebben az esetben a HCT a csápos emelő keretet eszközként veheti fel. A hosszabb „A” osztályú csereszekrényhez alkalmas csápos emelő keret nem került megtervezésre, mivel ennek a csereszekrénynek az alkalmazás nem jellemző.



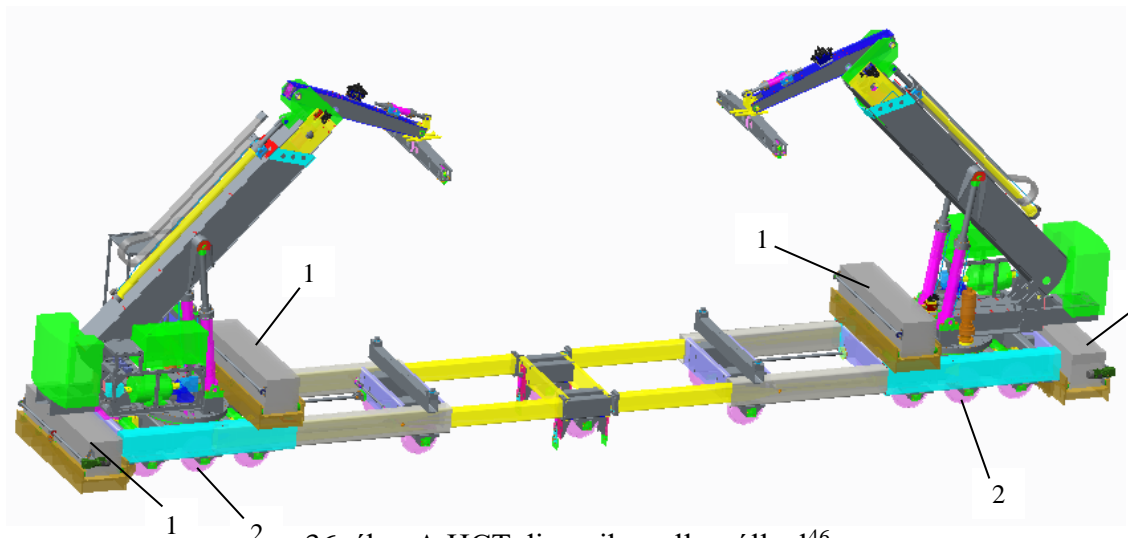
35. ábra A HCT berendezés 20 lábás konténerrel⁴⁵

A 35. ábrán a HCT berendezés egy olyan görgős konténerrel látható, amely ISO sarokelemekkel rendelkezik, illetve megfelel a DIN 30722 szabvány előírásának is, vagyis

⁴⁴ Saját szerkesztés

⁴⁵ Saját szerkesztés

horgos emelős gépkocsival szállítható, illetve billentéssel üríthető. Ilyen konstrukciójú konténerben ömlesztett anyag (pl. gabona) környezetbarát módon szállítható.



36. ábra A HCT dinamikus ellensúly⁴⁶

A 36. ábrán a HCT berendezésnek egy olyan változata látható, amely dinamikus ellensúllyal (1) van szerelve, ezért nem igényli a támasztó sín kiépítését. Ugyanakkor a nagyobb ellensúly tömeg következtében a gép tömege növekszik, és az emelendő teherrel együtt megközelíti a 120 tonnát. Ennek következtében a 20 tonna/tengely terhelési korlát betartása érdekében az ajkocsik ennél a konstrukciónál háromtengelyesek (2).

A fentiek alapján látható, hogy a HCT konstrukciója alapvetően két verzióban alakítható ki, az alkalmazói elvárások, illetve az intermodális átrakópont kialakítási lehetőségek figyelembevételével:

- támasztó sínnel és kitámasztó szerkezettel,
- dinamikus ellensúllyal, támasztó sín nélkül.

Jellemző megnevezése	Érték
Vasúti vágány nyomtáv	1435 mm
Támasztó sín nyomtáv	5200 mm
Tápfeszültség	3x400 V, 50 Hz

⁴⁶ Saját szerkesztés

Elektromos energia felvétel	2x37 kW
A gép tömege ellensúlyokkal (kitámasztó szerkezetes változat)	52 tonna
Teheremelési sebesség	20 mm/s
Tehersüllyesztési sebesség	20-30 mm/s
A forgó platform maximális elfordítási sebessége:	
– tehermentesen	15 °/s
– terhelt állapotban	10 °/s
Vágányirányú haladási sebesség	1,8 m/s
Maximális teheremelés a két gépoldallal együtt végzett emelés esetén (4,5 m kinyúlásnál)	40 tonna
Egy gépoldalra jutó darunyomaték	90 mt
A gép hossza	26 m
Alapértelmezett vágánytengely távolság	4.500 mm
Felsővezeték magassága a sínkorona felett	6.000 mm

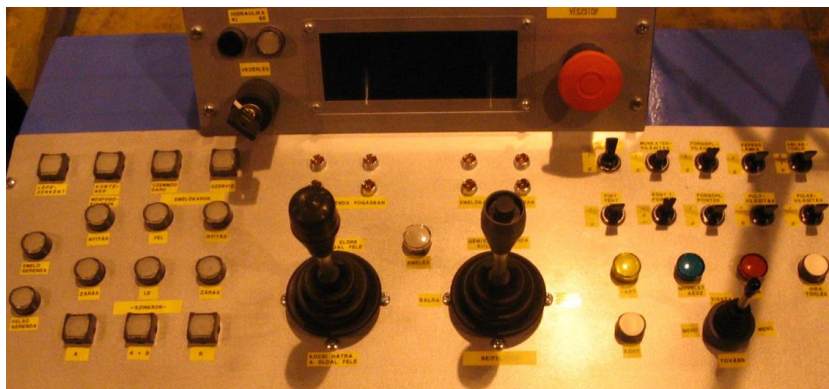
2. táblázat A prototípus HCT főbb műszaki adatai

6.3. A HCT működése

Mivel a HCT két gépoldala tükör szimmetrikusan működik, 16 szabadságfokú robotszerű működéssel, ezért a vezérlés osztott intelligenciájú. A főbb részegységek (ajkocsi, forgó platform, gémszerkezet) önálló feladat megoldásra alkalmas PLC egységekkel rendelkeznek.

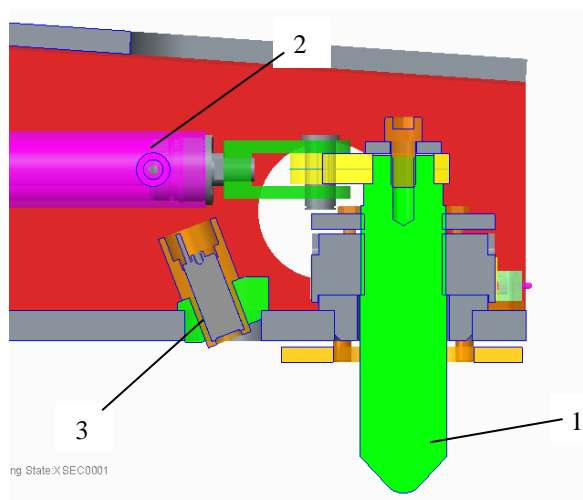
A HCT tulajdonképpen egy olyan segédeszköz, amely képes segíteni a konténerek fel és leszállását a vasúti kocsira. Mivel a konténer kezelési technológiák hatékonysága nagyban befolyásolja az intermodális áruszállítás fejlődését [5], ezért a minél magasabb automatizálás volt a tervezési cél. Mivel a konténerek elhelyezése a közúti járművön sok féle lehet, illetve a közúti jármű beállása az átrakó gép mellé geometriailag nem szabályos (nem párhuzamos), ezért a HCT-nek nagyszámú szabadsági fokkal kell rendelkeznie a megfelelő működés érdekében. A két gépoldal egymástól fizikailag független 8-8 vezérelt tengelye ezt az igényt

kielégíthetővé teszik. Mivel az egyes tengelyek mozgása ívet ír le, de a kívánatos elmozdulásnak vonal mentén kell megtörténnie, ezért gyakorlatilag minden tengely mozgását PLC egység vezérli. A vasúti szerelvényről leemelendő konténer megkeresését, a megfogandó konténer sarokelemének keresését (a vasúti és a közúti oldalon egyaránt) hálózatba kapcsolt informatikai eszközök (konténer azonosítás), illetve kamerás képfeldolgozást támogató, illetve a képet feldolgozó összetett vezérlő rendszer támogatja.



37. ábra A prototípus HCT kezelő pultja⁴⁷

A 37. ábrán a prototípus HCT kezelőpultja látható. Az egyes üzemállapotokat (konténer méret, AUT-KÉZI üzemmód, halmozás, hosszirányú mozgás, stb.) a kezelő kapcsolókkal és nyomógombokkal választhatja ki. A konténer megfogó csapok és a sarokelemek helyzetét képernyőn követhette a kezelő. A képfeldolgozás alapján a vezérlő rendszer biztosítja a konténer sarokelem megközelítését és megfogását félautomatikus és automatikus üzemmódban. A 39. ábra a képtovábbító rendszer tömbvázlatát szemlélteti.



38. ábra A megfogó csap mozgatása⁴⁸

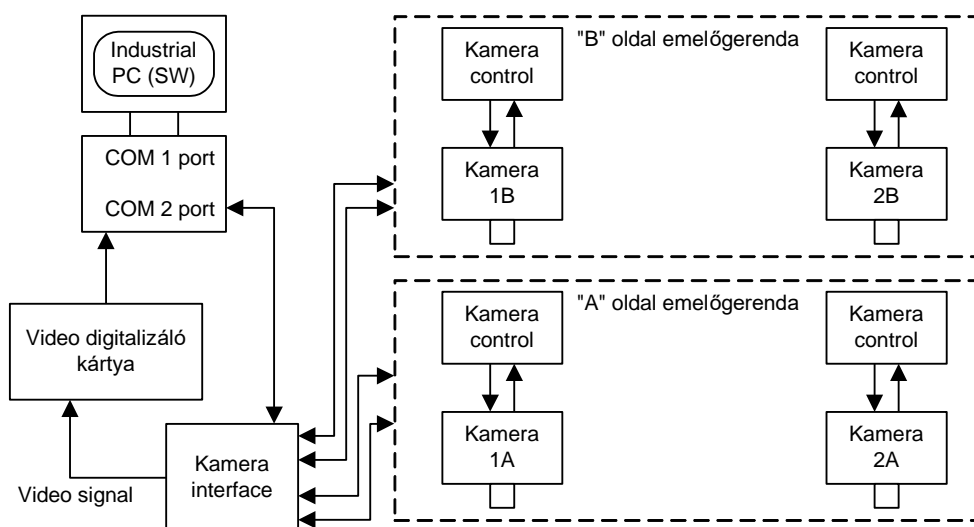
1 – konténer megfogó csap; 2 – munkahenger; 3 – CCD kamera

⁴⁷ Loxodon Kft

⁴⁸ Saját szerkesztés

A 38. ábrán a konténer megfogó csap működtetés, valamint a sarokelem képét közvetítő CCD kamera elhelyezése látható.

A vágány közepén alkalmazott csúszó elektromos energiaellátás, fosszilis energia hordozóktól független, környezetbarát működést tesz lehetővé. A gépen nem kezelő, hanem az üzemelést felügyelő szakember tartózkodik, aki az esetleges rendellenesség esetén be tud avatkozni, illetve az informatikai rendszer felé továbbítja a kezelt konténer egyedi azonosítót. A magas fokú automatizálás, illetve a különböző szenzorok széleskörű alkalmazása szélsőséges időjárási körülmények között (eső, hóvihár, fagy) is lehetővé teszi a gép alkalmazását, a konténerek átrakását. Az egyes konténer átrakási feladatok úgy kerülnek meghatározásra, hogy a vasúti kocsik kiszolgálása élvez elsőrendű prioritást [6]. A közúti jármű kiszolgálása akkor végezhető el, amikor nem tartózkodik vonat az intermodális átrakó ponton.



39. ábra Videó rendszer⁴⁹

A vezérlőrendszer tömbvázlatát a 2. számú melléklet szemlélteti.

⁴⁹ Saját szerkesztés

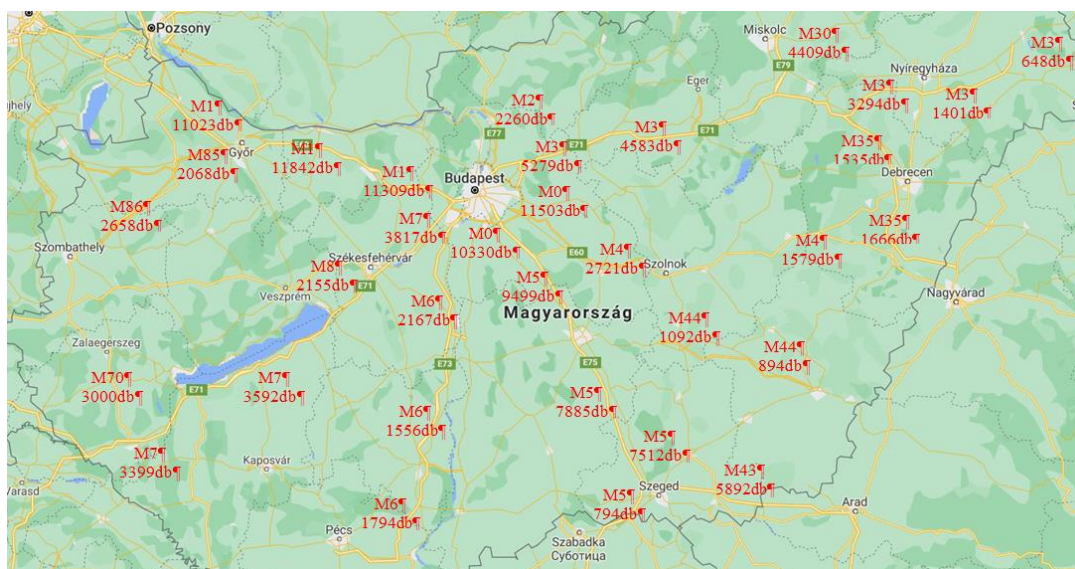
7. A konténerkezelés hatása a vasúti-közúti intermodális áruszállításra

Az előzőekben ismertetett konténerkezelési eljárás számtalan hatással lehet a vasúti-közúti intermodális áruszállításra. A legfontosabb érintett területek:

- átalakulhat a terminál építési gyakorlat, a forgalom koncentrációja helyett annak dekoncentrációja alakulhat ki,
- csökkenhet az intermodális áruszállítás időszükséglete (a konténerek rövidebb idő alatt vonatra kerülhetnek), ezáltal javulhat az áruszállítás időbeni versenyképessége,
- a közútról a vasútra történő áruszállítás átterelés jelentősen csökkentheti a fajlagos költséget, ami a közúttal összevetve versenyképes intermodális áruszállítási árat eredményezhet, vagyis a forgalom kalkuláció nem csak a jelenlegi intermodális forgalomra terjed ki,
- az elektromos üzemű vasúti vontatás alkalmazása jelentős mértékben csökkentheti a szállítási ágazat CO₂ kibocsátását, illetve a fosszilis energiahordozók iránti kereslet mérséklődése csökkentheti az ország energiahordozók szerinti kitéttését.

7.1. Forgalmi adatok

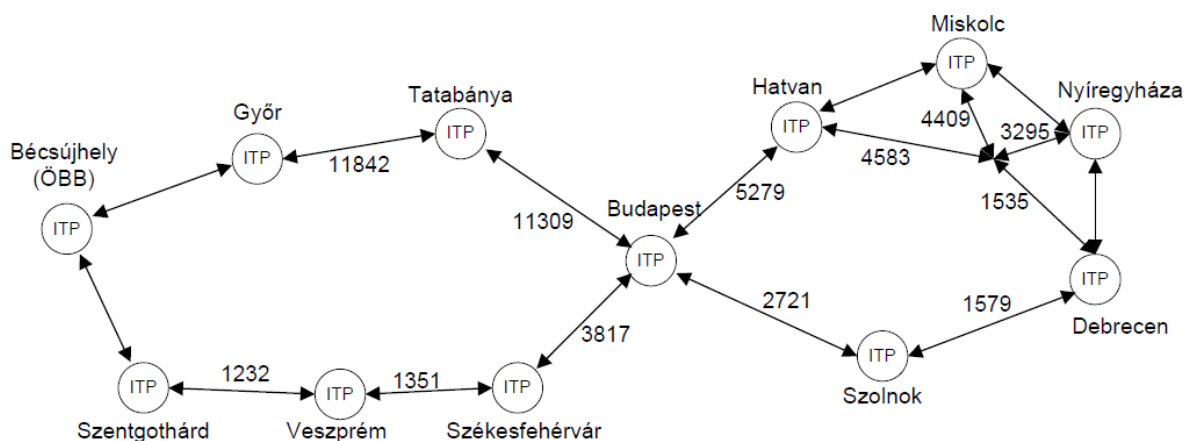
Egy új intermodális vasúti-közúti áruszállítás tervezéséhez elengedhetetlen a fontosabb áruszállítási irányok, és forgalom ismerete. Az alábbiakban a nyilvános adatbázis alapján mutatom be a főbb közutak nehéz tehergépjármű forgalmát.



40. ábra Főbb közutak nehéz tehergépjármű forgalma⁵⁰

⁵⁰ [37] 30-41 oldalak alapján, saját szerkesztés

A 40. ábra a Magyar Közút Nonprofit Kft 2019-es forgalomszámlálási adatai [37] alapján mutatja a közúti nehéz tehergépjármű forgalmat. A feltüntetett adatok a megadott útszelvényben napi átlagforgalmat (járatszámot) mutatják. A forgalom nagysága jól szemlélteti a jelenlegi kombinált áruszállítási gyakorlat alacsony hatékonyságát.



41. ábra Kelet-nyugati irányú körforgalom Magyarországon⁵¹

A 41. ábrán a lehetséges keleti és nyugati vasúti körforgalom mentén a főbb közutak nehéz tehergépjármű forgalma látható. A feltüntetett járatszámok lehetnek a javasolt kombinált áruszállítás kapacitás számításának alap adatai. Az intermodális átrakópontok (ITP – Intermodal Transshipment Point) a városok teherpályaudvari területein kerülhetnek kialakításra.

7.2. A terminál építési gyakorlat változása

A 3. ábrán látható grafikon bemutatja a terminálon alkalmazható konténerkezelési eljárásokat. Az összehasonlítás a kapacitáson kívül kitér az egyes eljárások költségére is. A cikk a különböző méretű terminálok napi konténer kezelési kapacitására vonatkozóan is tartalmaz adatokat. A közepes és nagyobb terminálok kapacitása 350 ITU/nap [38]. A disszertációban javasolt terminál konstrukció célja nem a terminál konténerkezelési kapacitásának növelése, hanem az időbeli versenyképesség javításával a vasúti áruszállítási teljesítményének növelése rendszer szinten.

⁵¹ Saját szerkesztés

A 6. pontban ismertetett fejlett konténerkezelési technológia hozzájárulhat olyan új terminálszerkezet kialakításához a liberalizált áruszállítási piacon, amely nagyobb mértékben megfelel a környezetvédelmi követelményeknek, és javíthatja a logisztikai költségekkel terhelt ágazatok versenyképességét. A HCT-vel felszerelt ITP egyes jellegzetességei:

- Nincs szükség új teherforgalmi terminál építésére, mivel az intermodális átrakó pontok a meglévő, kihasználatlan teherpályaudvari területeken is kialakíthatóak, viszonylag alacsony költségek mellett.
- A HCT képes konténereket halmozni, ami javítja a terület kihasználását.
- A konténerszállító vonat és a közúti szállító jármű egyidejű jelenléte nem szükséges.
- Lehetővé teszi a forgalom dekoncentrációját, amikor a 20–30 km közúti elő- és utó futás kivételével az áru túlnyomórészt vasúton mozog.

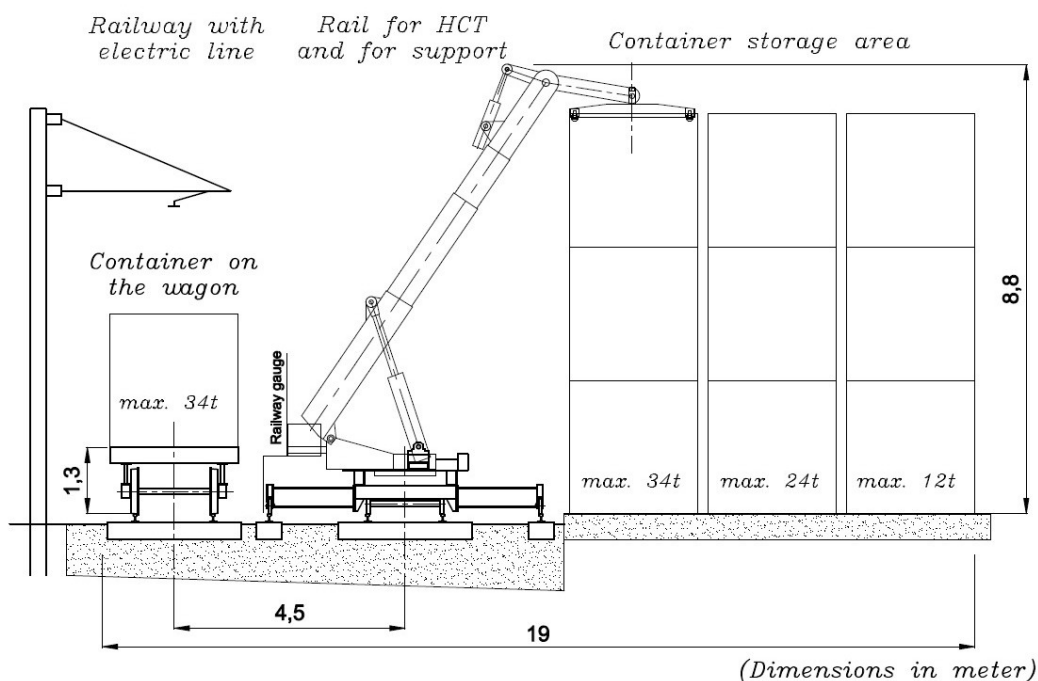
A fizikai internet kifejezés ismert a logisztikai szakirodalomban, amelynek csomópontjait HUB-nek nevezték el. Ha a fizikai internet az áruk áramlása, akkor az ITP egy olyan logisztikai létesítmény, amely lehetőséget teremt új intermodális egységek használatára a gyorsan mozgó fogyasztási cikkek számára [18]. A HCT által támogatott konténerkezelés lehetővé teszi olyan intermodális logisztikai rendszer (fizikai internet) kialakítását, ami megváltoztathatja a terminálépítési gyakorlatot. Nagykapacitású terminálok helyett, kisméretű ITP-k (vagy HUB-k) hálózata jöhet létre. A forgalom dekoncentrációja összhangban áll azzal a tendenciával, hogy a termelő-szolgáltató vállalkozások elszórtan helyezkednek el, és több piaci szereplő jelenik meg, figyelembe véve a gazdasági hatékonyságot. Néhány kielégítendő szervezőtechnikai feltétel a kombinált szállításhoz kialakítandó ITP-k létrehozására és működtetésére:

- A konténerszállító tehervonatok ütemes menetrend szerinti közlekedtetése úgy nemzetközi, mind belföldi forgalomban. A vonatok közlekedtetése az érintett régió vasúti üzemeltetőjének bevonásával. A vonatok az ütemes menetrend szerint közlekednek olyan követési idővel, hogy a konténer a szállítmány feladójától való elszállítást követően, 2-3 órán belül vonatra kerülhessen.
- Intermodális (vasúti-közúti) átrakó pontok rendszerének létrehozása egy logisztikai társaság irányítása alatt, amely nemcsak a konténerek kezelésére, hanem az EU-n kívüli áruk vámolási feladatainak szervezésére is képes. Magyarország esetében 22–23 ilyen ITP-re lehet szükség.

- A közúti szállításban érdekelt vállalkozások érdekeltségének megteremtése az ITP-k működtetésében, valamint a közúti elő- és utófutás végzésében.

Az új ITP-n minden esetben elektromos vasúti felső vezetékkel rendelkező vasúti pálya halad keresztül, amely a közforgalmú vasúti pálya felsővezetéki hálózattól leszakaszolható. A vasúti oldal kiszolgálásának ideje alatt a felsővezeték feszültségmentesítésre kerül az aktuális vasútbiztonsági követelmények kielégítése érdekében. Az átlagos ITP-n, a vasúti pálya mentén kb. 0,5 hektár (5.600 m²) területen (14 m széles, 400 m hosszú), kb. 500 TEU (körülbelül 250 db 40 lábás konténer) tárolható a közúti jármű kiszolgálásához fenntartott területen kívül.

A 42-48. ábrák HCT-vel felszerelt ITP vagy HUB lehetséges kialakítását mutatják, melyek megfelelnek a fentebb említett követelményeknek. A forgalomtól függően a konténerek kezelését 1 vagy 2 db HCT gép biztosíthatja. A cél az, hogy a konténerszállító vonat 15-20 percen belül tovább haladjon. Ha 2 db HCT-t használunk, akkor azok ugyanazon a sínpáron mozoghatnak. Konténerek rendezése a vasúti vagonra való felrakáshoz, a közúti járművek kiszolgálása akkor történik, ha nincs vonat az ITP-n.

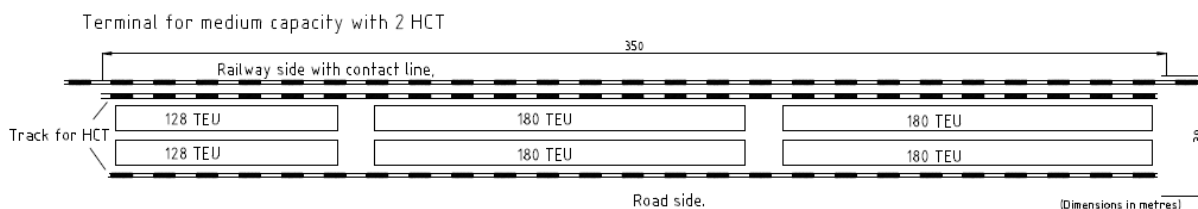


42. ábra ITP szelvény HCT-vel⁵²

⁵² Saját szerkesztés

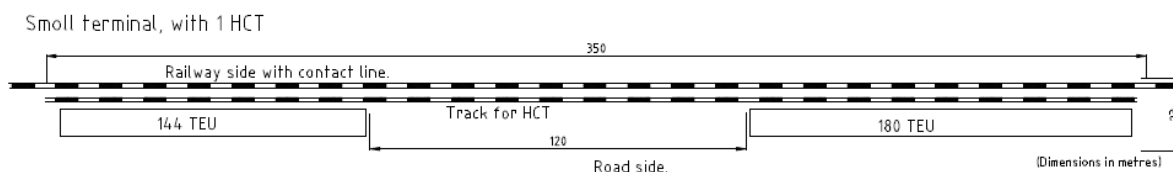
A 42. ábrán egy lehetséges ITP szelvény látható HCT (kitámasztó szerkezettel rendelkező verzió) telepítésével, melynek a halmozási képessége 3x3. Az egyes sorokba lerakható konténerok maximális tömege az ábrán látható. A valóságban a 2x2-es halmozás is kielégítheti az igények túlnyomó többségét, vagyis alacsonyabb költségű konténerátrakó is megfelelő lehet.

A 43–47. ábrák olyan ITP elrendezést mutatnak, amelyek közepes és alacsony kapacitással rendelkeznek. A javasolt ITP egyik fontos jellemzője a lényegesen kisebb alapterület a jelenlegi terminálokhoz képest.



43. ábra Közepes intermodális átrakópont 2 db HCT-vel⁵³

Az ITP kisebb területigénye miatt kialakíthatóak a kihasználatlan vasúti teherpályaudvari területeken, amelyeket a városokban évtizedekkel ezelőtt építettek. Mivel a javasolt ITP nem igényli az áru koncentrációját, ezért a közúti forgalom növekedése az ITP térségében nem jelentős.

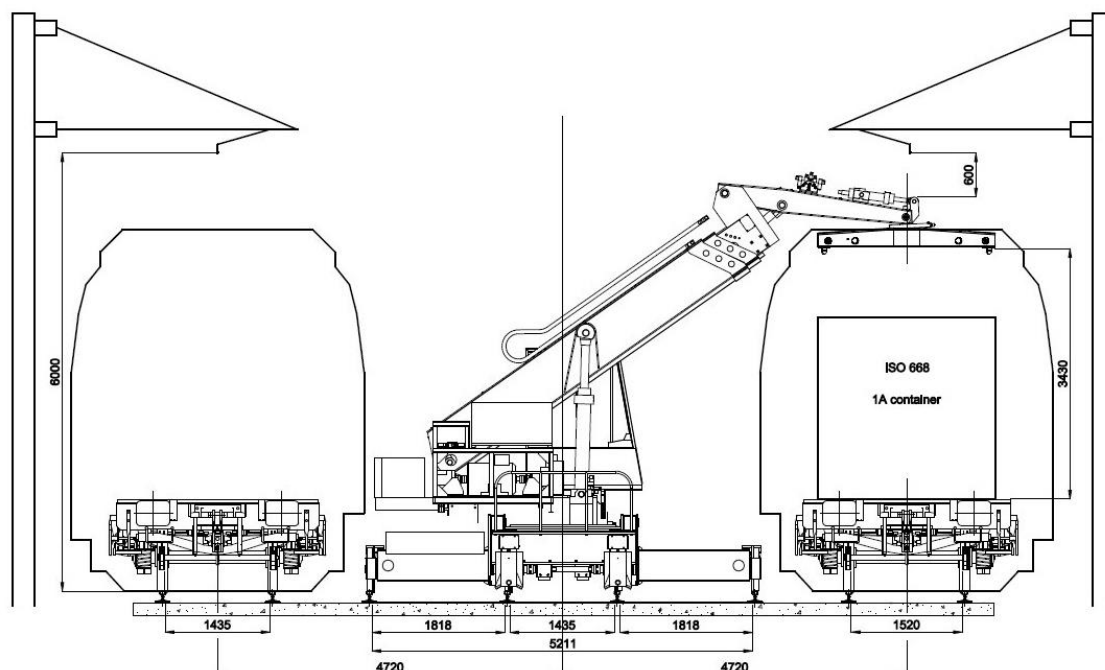


44. ábra Kiskapacitású intermodális átrakópont HCT-vel⁵⁴

A HCT berendezés konténerátrakási kapacitása, a kialakítástól függően 10–12 darab/óra, ami 36.000–37.000 darab konténer átrakodási kapacitást jelent évente.

⁵³ Saját szerkesztés

⁵⁴ Saját szerkesztés

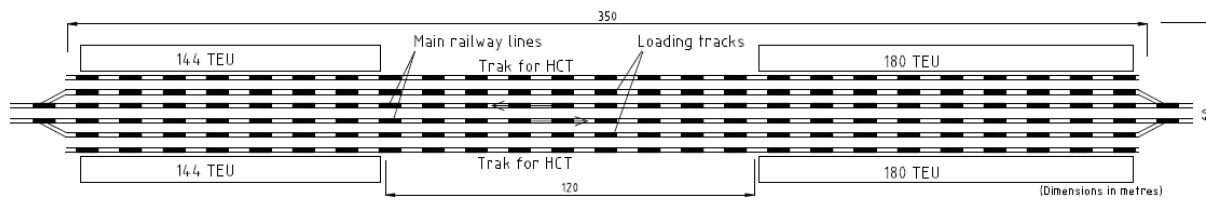


45. ábra Vasúti kocsiról vasúti kocsira történő átrakás szelvénye HCT-vel⁵⁵

A 45. ábra egy ITP keresztmetszetet mutat, ahol az átrakás azonos vagy eltérő nyomtávú vasúti kocsiról egy másik vasúti kocsira történik. Az ilyen átrakásra a különböző irányokba közlekedő konténer vonatok érintkezési pontján kerülhet sor, és a személyforgalomhoz hasonlóan nevezhetjük átszállásnak. Például Ferencvárosban és Rákosban (Budapest) ilyen átrakó pontok alakíthatóak ki a Magyarország keleti-nyugati irányok találkozásánál. Különböző nyomtávok közötti átrakás lehetséges a Záhonyi (Kelet-Magyarországi) régióban, különösen a "Silk Express" kiszolgálásakor. A Záhonyi alkalmazás esetén a 40-50 konténer szállító vonatot figyelembe véve a konténer átrakása a hazai nyomtávú szerelvényre kevesebb, mint 120 perc alatt elvégezhető, ami összevethető a határátlépéshez szükséges okmányok adminisztrációs idejével. Ebben az esetben a HCT-vel végzett konténer átrakás a határállomáson nem okoz idővesztést. Ez versenyképes megoldás lehet a különböző nyomtávú vasúti áru fuvarozás összekapcsolására Európában (Spanyolország-Franciaország; a Szovjetunió utódállamai - más Európai országok).

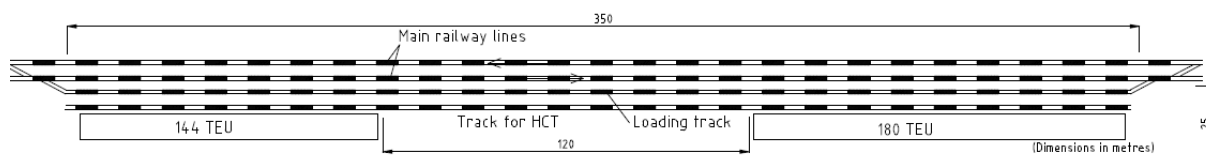
⁵⁵ Saját szerkesztés

A kétvágányú vasúti fővonal egyik oldalán, illetve mindkét oldalán is telepíthető ITP, annak függvényében, hogy mekkora a várható konténer és vasúti forgalom.



46. ábra A kétpályás ITP elrendezése⁵⁶

A kétvágányú vasúti fővonal mindkét oldalán elhelyezkedő ITP elrendezése látható a 46. ábrán. A vasúti fővonal két oldalán elhelyezkedő ITP, szükség esetén, felüljáróval köthető össze. Ez az elrendezést abban az esetben célszerű alkalmazni, amikor a vasúti forgalom nagysága a keresztező forgalmat nehezíti.

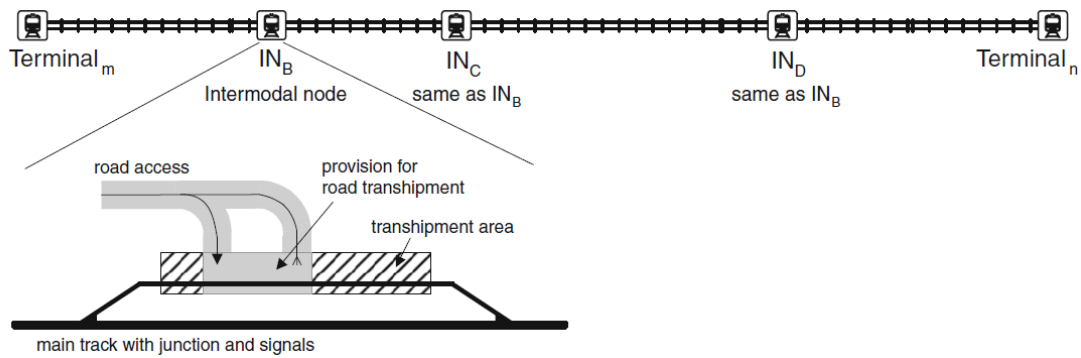


47. ábra Egypályás ITP elrendezése⁵⁷

A kétvágányú vasúti fővonal egyik oldalán elhelyezkedő ITP elrendezés látható a 46. ábrán. Ebben az esetben mindkét vasúti fővonalról egy rakodóvágányra történik a konténerszállító vonat kiállása. A feltüntetett méretek tájékoztatóak, az igényeknek és a helyi lehetőségeknek megfelelően változhatnak.

⁵⁶ Saját szerkesztés

⁵⁷ Saját szerkesztés



48. ábra ITP vázlat [1]

A 48. ábrán látható intermodális csomópontot javasolták Sönke Behrends és Jonas Flodén szerzők a „The effect of transshipment costs on the performance of intermodal line-trains” [1] munkájukban. A végállomások között közlekedő konténerszállító vonatoknak kialakított köztes megállók javítják a vonat kihasználását, és kedvezőbb költséget eredményeznek az egységnyi árura vetítve. A javasolt intermodális csomópont létrehozásának feltétele a korszerű, alacsony költségű konténerkezelési eljárás.

7.3. Időbeli versenyképesség

A vasúti-közúti intermodális konténerszállítás versenyképességének növelésének kulcsa a konténerszállító vonatok intermodális átrakó pontok közötti közlekedtetése és a konténerek hatékony (automatikus) átrakódásának alkalmazása [2]. A belföldi intermodális vasúti-közúti áruszállítás akkor lehet időben versenyképes, ha a konténervonatok viszonylag sűrűn (kb. 2 óra követési idővel), lehetőleg körforgalomban közlekednek. Ezen túlmenően a vonal mentén, 40–60 km távolságra egymástól, megállóknak vannak, ahol „a szállítandó konténerek fel- és leszállhatnak”. A konténerek „fel- és leszállását” az elektromos vasúti felső vezeték alatt is alkalmazható, környezetbarát HCT biztosíthatja. Ahelyett, hogy az éjszakai ugrást részesítenénk előnyben, a napközben is ütemes menetrend szerint közlekedő konténervonat hálózata kiszámíthatóságot nyújt, rövidebb szállítási idővel. A konténervonatok a személyszállító vonatokhoz hasonlóan, ütemes menetrend szerint közlekednek.

Az időbeli versenyképességet az alábbi tényezők alapozzák meg:

- Konténer vonatok szigorú menetrend szerint közlekednek, 1-2 órás követési idővel.
- Intermodális (vasúti-közúti) átrakó pontok (ITP) létrehozása a nagyobb városok, ipari központok környezetében.
- A vonatközlekedés időben nem korlátozott eltérően a közúti szállítástól.
- A lehető legrövidebb közúti elő és utófutás.

A Budapest Nyugati pu. – Budapest Keleti pu. között az ország északkeleti részén körforgalomban közlekedő IC vonatok útvonala Kőbánya Kispest vasúti megállótól Budapest Rákos vasúti megállóig 548 km. A menetrend szerinti menetidő 5 óra 40 perc (5,66 óra). Az IC vonatok átlag sebessége ezen a szakaszon 97 km/óra. Ha a konténerszállító vonatok állomások közötti átlag sebessége 60-85 km/óra, akkor a fenti kört 10,6 óra alatt járják be. Az óránként induló konténerszállító vonatok menetrendbe való beszerkeszthetőségét a 4. számú melléklet szemlélteti.

A tranzit tehervonatok a Budapesti elővárosi személyszállító vonatok menetrendjébe való beszerkeszthetőségét az ITF szakemberei megvizsgálták.⁵⁸ A tanulmány 4. pontjának az egyik megállapítása, hogy a Budapesti elővárosi személyvonati forgalmat is figyelembe véve óránként és irányonként 4, vagyis naponta 192 tranzit tehervonat számára van kapacitás a jelenlegi infrastruktúrán. A tehervonat kapacitás átszámolható konténer egységre, vagy nehéz tehergépjármű járatra. Ha a teherszerelvényben átlagosan 35 db vagon van, vagononként 3 TEU konténerszállítási kapacitással, akkor egy vonat 105 TEU vagy kb. 52 db közúti nehéz tehergépkocsi rakományával lehet azonos. Ezek alapján a 192 db tranzit tehervonat 10.192 db közúti nehéz tehergépkocsi járatnak felel meg, amely összevethető a M0 autópálya napi átlagos tehergépjármű forgalmával (40. ábra).

7.4. Versenyképesség árban

Ha a sofőr nem kíséri a szállítmányt, akkor a szállítás személyi költségei csökkenthetőek a kísért szállításhoz képest. Ez egy közismert tény, amely pozitív hatással van az ár versenyképességére. A különböző anyagoknál jelentkező gördülési ellenállás jelentősen eltér, amely befolyásolja a vasúti és közúti szállítási költségeit. A közúti tehergépjárművekben használt dízelüzemanyag kb. 30%-a gördülési ellenállás leküzdésére fordítódik. Vasúti járműveknél a gördülési ellenállás majdnem egy nagyságrenddel kisebb, mint a kamionkerék-aszfalt esetében. A vasúti áruszállítás fajlagosan kisebb energia igényén túl az árbeli versenyképességet javítja a felhasznált energiaforrás is. A jelenlegi technológia szerint a közúti szállítás energiaforrása elsősorban az ásványolajból származik, amely a nemzetközi tőzsdei mozgásoknak van kitéve. Európában a vasúti áruszállítás olyan fővonalakon történik, amelyek villamosítottak. A villamos energia atomerőművekben, illetve manapság egyre nagyobb arányban környezetbarát szélenergiákban és/vagy fotovoltikus erőművekben nagyon kedvező áron állítható elő.

Az árbeli versenyképesség forrásai:

- Az elektromos vasúti vontatás energiáját környezetbarát módon (szélenergia, napenergia) lehet előállítani.

⁵⁸ <https://itf.hu/index.php/cikk/100-v0-nehez-teher>

- A vasúti áruszállítás fajlagos energia igénye alacsonyabb a közúti szállítással összevetve (kisebb gördülési ellenállás).
- A vasúti szállítás munkaerő hasznosítási hatásfoka lényegesen jobb mint a közúti szállítás hasonló mutatója (1-2 fő képes 40-50 konténer egyidejű továbbítására).
- A szolgáltatási ár kalkuláció alapja a közúti távolság.

Egy kérdőíves kutatásra adott válaszban [16] az áru fuvarozást megrendelők az árat a harmadik helyre sorolták, de tényleges döntések során az ár valószínűleg magasabb prioritást kap, amely a 2. melléklet szerinti kérdőív (24. kérdés) válaszai is igazolnak. Az általam javasolt intermodális vasúti-közúti teherszállítás versenyképes árral rendelkezik, amely magában foglalja a feladástól a megérkezésig felmerülő összes költséget. A vállalási ár alapja a közúti távolság, hasonlóan a közúti szállító társaságok ár kalkulációjához. Más irodalmi adatokhoz hasonlóan [13], én is úgy gondolom, hogy az intermodális szállítás összehasonlítható a közúti szállítással. Én azt az eltérő hozzáállást javaslom, hogy az ár fontosabb, és a 3. számú mellékletben bemutatott költségkalkulációt alkalmazom. A javasolt módszer szerinti ár tartalmazza a kamion kiállítás, a konténerkezelés, a közúti elő- és utófutás, valamint a vasúti szállítás költségeit. Fontos tényező, hogy a közúti távolság alapján kiszámított fuvardíj egy részét az ügyfél megtakarítja a kedvezőbb költségszerkezet következtében. A javasolt intermodális áruszállítási megoldás ára jelentősen eltér a jelenleg alkalmazott intermodális szállítási díjjaktól. Az 1. táblázat erre vonatkozóan tartalmaz adatokat.

Szállítási mód	fajlagos szállítási ár
A vasúti-közúti teherfuvarozás eladási ára a HCT-vel, a TCO (teljes költség) módszer szerint. ⁵⁹	0,93 € TEU/v.km
A „CD MÁV_2018-2019.pdf” [14] és az RCH Commodity Rate [8] szerinti konkrét ár, amely nem tartalmazza a terminálon történő átrakodás és az intermodális egység közúton történő szállításának költségeit.	1,7 € TEU/v.km
Átlagos közúti szállítási ár (konkurens ár)	1,1 €/km

3. táblázat Intermodális fuvarregység fajlagos szállítási ára

⁵⁹ 3. számú melléklet

Megjegyzés: A TEU/v.km és a kamionok esetében az €/km eltérő dimenzió, ezért mechanikusan nem összehasonlítható. Tekintettel arra, hogy a vasúti szállítás költségeinél a fix költség aránya a teljes költség kb. 70%-a, ezért a tényleges tömeg az árat csak kismértékben befolyásolja.

Az irodalom egyes cikkei eltérő konkrét számokat tartalmaznak ugyan, de hasonló tendenciát mutatnak [15]. A 3. számú mellékletben részletezett számításon túl, számtalan más számítási módszer is ismert. A gazdasági modellekre (a határköltségen vagy az átlagköltségen alapuló) a vasúti fuvarozók száma és szállítási teljesítmény is hatást gyakorol. Az irodalomban általában nincs külön költség kalkuláció az árbeli versenyképesség eladási ár alapú értékeléséhez, mivel az eladási árat a piaci szereplők határozzák meg.

A javasolt logisztikai rendszer árstruktúrája olyan, hogy az áru fuvarozási díjak közel 60%-át a vasúti infrastruktúra tulajdonosa és üzemeltetője kapja egy nagyon alacsony költséggel járó szolgáltatásért. Becsült számításaim szerint az intermodális logisztikai szolgáltató cég, a belföldi áru fuvarozásból mintegy 156 millió eurós árbevétellel rendelkezhet, melyből mintegy 94 millió eurót fizethet az infrastruktúra tulajdonosának vagy üzemeltetőjének, azaz a MÁV-nak.

Az áru forgalom dekoncentrációja az ITP-k között részben okozhat költség növekedést, illetve a körzeti forgalom átvétele (közúti forgalom vasútra terelése) pedig javíthatja az ITP-k jövedelmezőségét. Az árat befolyásoló tényező, hogy a kisebb terminálok, átrakópontok állami támogatása átalakulóban van. Az egyik előremutató irányt a német közlekedési minisztérium képviseli a 2021. február 5-i keltezésű hír szerint. *"Das BMVI fördert mit der Richtlinie zudem kleine und mittlere Umschlagbahnhöfe. Bis zu 80 % der Investitionskosten in multimodale Terminals trägt künftig der Bund. Solche Railports gelten als Möglichkeit, das zeit- und kostenintensive Sammeln und Verteilen im Einzelwagenverkehr zu reduzieren."*⁶⁰

"A közlekedési minisztérium előirányozta, hogy a kisebb és közepes méretű átrakódó helyeket is támogatja. Az ilyen multimodális terminálok beruházási költségének akár 80 %-a a jövőben támogatható költségvetési forrásból. Az ilyen vasúti átrakópontok kiválthatják az egyes kocsirakományos forgalom idő- és költség intenzív gyűjtő- és osztóforgalmait." Az álláspon

⁶⁰ <https://www.dvz.de/rubriken/politik/detail/news/bund-foerdert-gleisanschluesse.html>

változása arra utal, hogy az Állam nem csak a nagy intermodális terminálok létrehozását fogja támogatni a jövőben, hanem az kisebbeket is, vagyis az ITP-ket is.

Az „Áruszállítási módok és eszközök a globális logisztikában”⁶¹ előadási anyag a szakterület vonatkozásában több célfüggvény is ismertet a költségek alakulásának bemutatása érdekében.

Költség függvény elemei:

- Átrakási költségek,
- Esetleges tárolási költségek,
- Szállítási költségek (vasúti és közúti),
- Egyéb költségek (autópálya díj, hídvám, komp díj, stb.)

A célfüggvény (közúti áruszállítás):

$$K = \sum_{i=1}^n K_{Ri} + \sum_{j=1}^m K_{Sj} + K_{\bar{u}} + \sum_{i=1}^n K_{Ti} + \sum_{j=1}^m K_{Ek} - K_V \leq 0,93 \frac{\text{€}}{\text{km}}$$

ahol

K_{Ri} – összes átrakási költség terminálonként

K_{Ti} – tárolási költség terminálonként

n – az átrakódó terminálok száma

K_{Sj} – összes szállítási költség útvonal szakaszonként

K_{Ek} – egyéb költség útvonal szakaszonként

m – útvonal szakaszok száma

$K_{\bar{u}}$ – üresjárat költsége

K_V – visszfuvar bevétele

0,93 €/km – a közúti árral versenyképes célár (a közúti szállítási távolsággal kell felszorozni), amely tartalmazza nyereséget is.

A fenti megfogalmazásban a terminál alatt ITP értendő.

⁶¹ <http://web.alt.uni-miskolc.hu/anyagok/EuroLog-GT5/7.eloadas.pdf>

7.5. Áru biztonság

Nagyon fontos kérdés a kísért vagy kíséretlen áruszállítás különféle okokból eredő károsodása. Az áru biztonságát a szállítóeszköz megválasztásában a vevők a második helyre pozícionálták [16], [17]. A könnyen nyitható konténer vagy félpótkocsi viszonylag könnyű zsákmány, akár a terminálon, akár a várakozó vonaton. A pihenőidőben parkoló gépkocsi szintén meglehetősen sebezhető, különösen ponyvás felépítmény esetén. A másik nem elhanyagolható kár a közúti balesetek következménye, amelyeket a szállítványozó társaságok különféle biztosítási konstrukciók alkalmazásával enyhítenek. A HCT alkalmazásával kiépíthető vasúti-közúti intermodális áruszállítási rendszerben az áru biztonságát a rövid megállás és a folyamatos mozgás biztosítja. A feladási helyről elhozott konténer 2 órán belül vonatra kerül. A vonat mozgása folyamatos, 15-20 perces közbenső megállásokkal. Az áru biztonságát a közúti balesetekkel szemben a vasúti szállítás lényegesen jobb baleseti statisztikája is szolgálja.

2019-ben, azon közlekedési balesetek száma, amelyekben tehergépjármű is részes volt 1.467 db⁶² történt. A 2019-es statisztikai adatok szerint az összes közúti balesetek száma 16.627 db⁶³ volt, melynek során 602 fő vesztette életét, illetve 21.596 fő sérült meg. Ugyanebben az időszakban a vasúti teherszállításra visszavezethető baleset nem történt, illetve a statisztika szerinti 181 db⁶⁴ vasúti baleset túlnyomórészt vasúti-közúti átjáróban történt. A vasúti balesetekben 86 személy vesztette életét, valamint 46 személy sérült meg.

Az Európai vonatbalesetek okozók szerinti megoszlását tanulmányozva az látható, hogy a vasúti balesetek kb. 80 %-t a harmadik fél okozza. A vasúti infrastruktúra, személyzet, gördülőm állomány meghibásodásai a balesetek 20%-t idézték elő [39] ⁶⁵. Összességében megállapítható, hogy a vasúti áruszállítás esetén a balesetekre visszavezethető kár, többlet költség, illetve késés, lényegesen kedvezőbb a közúti közlekedés hasonló mutatóitól.

⁶² https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_evkozi/e_ods003.html

⁶³ https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_ods001.html

⁶⁴ https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_ods001.html

⁶⁵ [39] 120. oldal, diagram 2

7.6. Vasúti-közúti áruszállítás háztól házig

Az ideális vasúti-közúti háztól házig történő szállításhoz az árut elsősorban a környezetbarát és versenyképes költségekkel bíró vasúton szállítják. Ennek megfelelően a szállítás három szakaszra oszlik: közúti előfutás, vasúti szállítás és közúti utófutás.

A szakirodalomban a szerzők prognosztizálják a vasúti áruszállítás növekedését a közúti áruszállítás terhére. *„Néhány éven belül a 300 kilométer távolság feletti árufogalom 30 százalékát, 2050-re pedig a felét vasúton vagy vízi úton kellene bonyolítani az Európai Unió közlekedéspolitikai irányelvei szerint. A Magyarországon futó mintegy 500 ezer pótkocsis és félpótkocsis 99 százaléka azonban egyelőre erre nem alkalmas, azok nem daruzhatók, és ezért nem lehet átrakodni a félpótkocsikat vasútra.”*⁶⁶ Ugyanakkor a szerzők arra vonatkozóan nem nyújtanak megoldást, hogy a célt milyen műszaki, szervezéstechnikai módszerekkel lehet elérni.

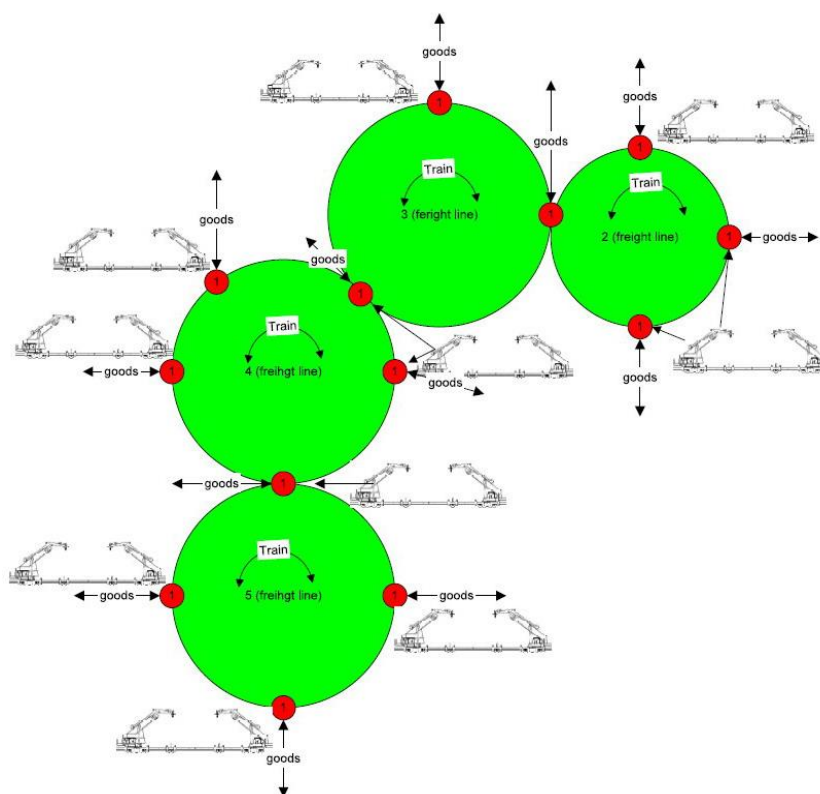
A MÁV-nál egy nagyon eltérő gazdasági környezetben volt már a háztól-házig végzett áruszállítási szolgáltatás. A jelenlegi sokszereplős szállítási piacon a vevők magas színvonalú kiszolgálása ugyancsak háztól-házig történő fuvarozást jelent, mi összevethető a fenti, mára letűnt példával. A javasolt TEU alapegységű gyűjtő és elosztó rendszernek, illetve a háztól-házig történő szállítás rendszerének az alábbi előfeltételei vannak:

- Önrakodó autók, konténerszállító teherautók, amelyek a konténerek, egységmozgások be- és kiszállítását végzik a vevő telephelye és az intermodális átrakópont között. A kisebb szállítási távolság miatt egy közúti tehergépkocsi naponta több fordulót hajt végre.
- A „Just in Time” gyártáshoz szükséges áruk nem a rendeltetési hely közelében várakoznak egy parkolóban, hanem a legközelebbi ITP-n konténerben (vagy ILU-ban, Intermodal Logistic Unit).

A javasolt koncepció központi eleme egy olyan intermodális vasúti-közúti áruszállítási rendszer, amely jellemzően 10-20 km-es közúti elő és utófutással alakítható ki. A javasolt áruszállítási rendszert a 49. ábra szemlélteti. A menetrend szerinti tehervonatok alacsony

⁶⁶ <https://logisztika.com/a-magyarorszag-i-kozuti-potkocsik-.....>

követési idővel közlekednek. A vonatok indítása nem függ a pillanatnyi kihasználtságtól (hasonlóan a személyvonathoz). Az ITP-n a HCT gépek fel- és lerakják a konténereket a vonatokra és a vonatokról. Az ITP-k egymás közötti távolságát, elhelyezését az adott régió forgalmi adatainak elemzése után lehet meghatározni. A javasolt koncepció olyan nyitott logisztikai rendszer, amelyben nemcsak a tengeri, hanem a kontinentális konténertípusok (csereszekrények, roll-off konténerek) is használhatók.



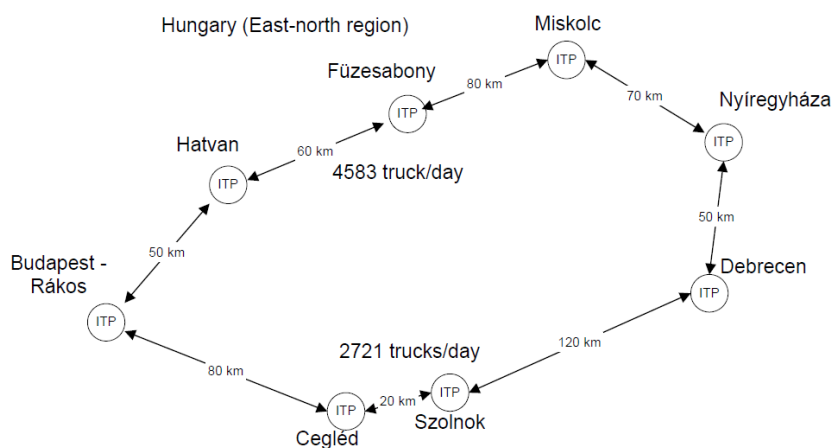
49. ábra Vasúti teherszerelvények körforgalma és az áruk be és kilépési pontjai⁶⁷

A 49. ábrán bemutatott áruszállítási rendszerben az 1-es jelű ITP-k egymástól különböző távolságokban helyezkednek el, míg a 2-5 jelű körök a teherszállító vonatok körjáratát jelölik. Az áru belépése és kilépése a rendszerből az 1 jelű ITP-ken lehetséges. A főbb konténerszállító vonalak mentén az ITP-ken a vonat megállás, lehetővé teszi az adott körzetbe tartó konténerek „leszállását”, illetve az adott körzetből a rakott konténerek felvételét, valamint az üres konténer visszagyűjtését.

⁶⁷ Saját szerkesztés

A jelenlegi hazai intermodális vasúti-közúti forgalom nem igényel kiterjedt intermodális hálózatot. Ugyanakkor a versenyképes kombinált szállítási ajánlat eredményeként növekedhet a kereslet, melyet a HCT bázisán szervezett áruszállítási rendszer képes kielégíteni. Ennek eredményeként, a jelenlegi igényeket lényegesen meghaladó, intermodális áruszállítási hálózat alakulhat ki.

A 50-53. ábrák az intermodális átrakó pontok lehetséges elhelyezését mutatják körjáratú konténerszállító vonatok esetén. Az ITP-k és az áru felvételének és leadásának helye közötti átlagos közúti távolság 20 km. Ezt a távolságot „előfutásnak és utófutásnak” nevezzük, amely elnevezést a szakirodalom is alkalmazza [19].



50. ábra Intermodális áruszállítás észak-kelet magyarországi régióban⁶⁸

Az 50. ábrán látható „truck/day” adat az adott útvonal szelvényben közlekedő nehéz tehergépkocsik számát jelenti, a Magyar Közút Nonprofit Kft 2019-es [37] adataival. A 4. számú mellékletben a 49. ábra szerinti körforgalom Budapest – Szolnok – Debrecen – Nyíregyháza – Miskolc – Hatvan – Budapest viszonylatra mutatja be az óránként induló konténer szállító vonatok lehetséges menetrendjét. Az ellentétes irányban hasonló elv alapján végezhető el a menetrend összeállítása.

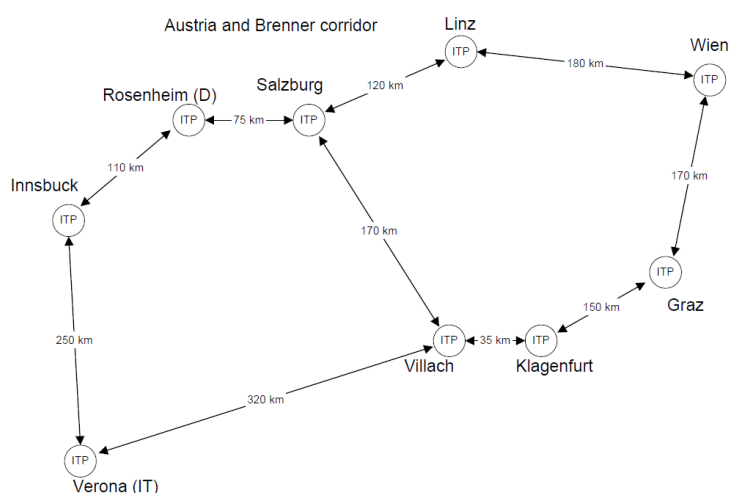
Magyarország esetében a viszonylag fejlett vasúti infrastruktúra következtében a menetrend szerinti közlekedő konténerszállító vonatok menetirányai változatosan alakíthatóak ki. Akár négy körforgalom is lehetséges:

⁶⁸ Saját szerkesztés

- Észak-kelet: Budapest - Szolnok - Debrecen - Nyíregyháza - Miskolc - Füzesabony - Hatvan - Budapest (az IC vonatok is közlekednek ezen az útvonalon, 15. ábra)
- Dél-kelet: Budapest - Cegléd - Kecskemét - Kiskunfélegyháza - Kiskunhalas - Kiskőrös - Budapest
- Dél Dunántúl: Budapest - Székesfehérvár - Lepsény - Nagykanizsa - Gyékényes - Kaposvár - Dombóvár - Pustaszabolcs - Budapest
- Nyugat Dunántúl: Budapest - Győr - Hegyeshalom - Bécs - Graz - Szentgotthárd - Szombathely - Székesfehérvár - Budapest

A fenti körforgalmi viszonylatok alternatívája lehet az oda-vissza közlekedő konténervonatok rendszere. A megfelelő választást az adott viszonylatra érvényes átfogó kutatással lehet megalapozni.

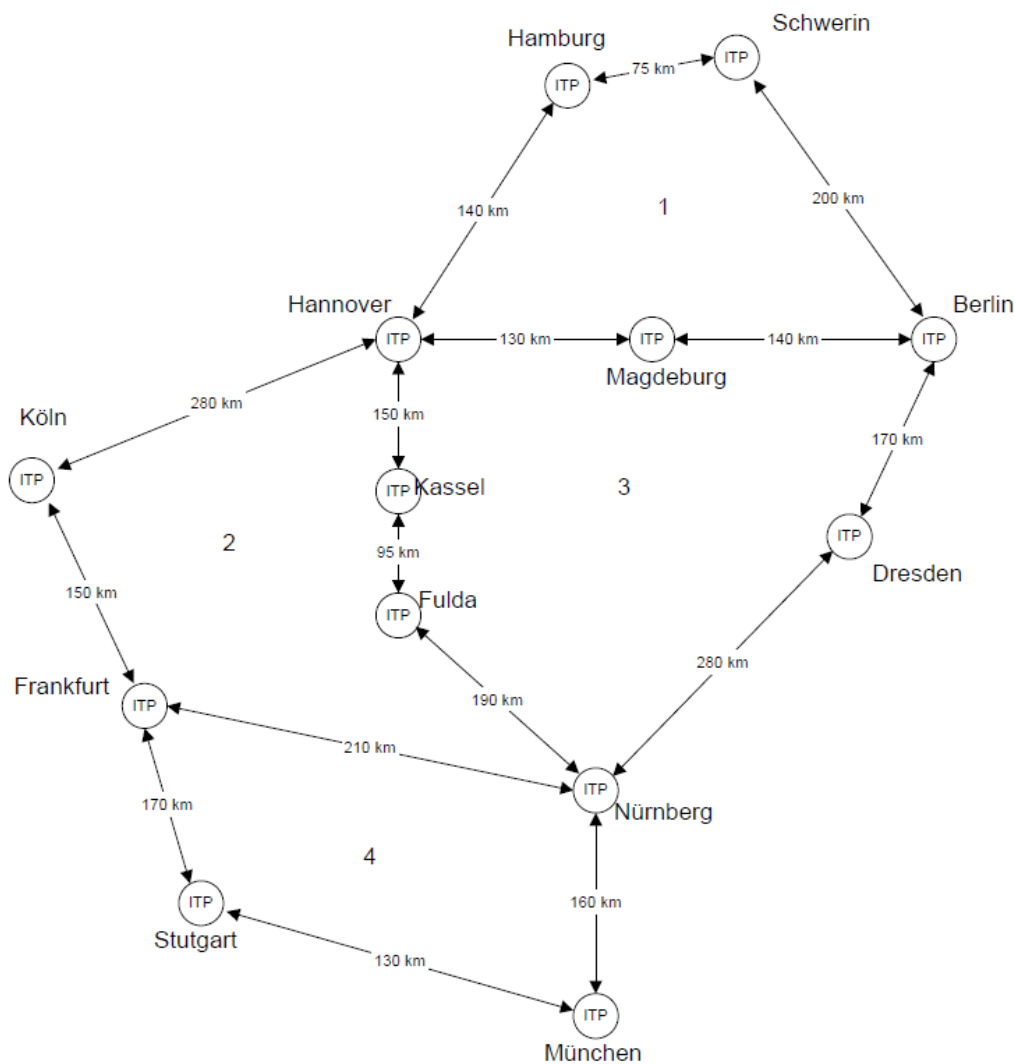
Az irodalomban számos intermodális áruszállítási folyosó megtalálható, amelyek hozzájárulhatnak az intermodális áruszállítás fejlődéséhez. A modern intermodális megoldások gazdasági potenciálja jelentősen befolyásolhatja az érintett országok gazdasági fejlődését. [20]. Az 51-53. ábrák példákat mutatnak a javasolt intermodális áruszállítási rendszer nemzetközi alkalmazhatóságára. A gazdasági igényeket figyelembe véve számos regionális vagy helyi körforgalom összekapcsolható az ábrákon bemutatott főbb irányokkal. Tekintettel arra, hogy a nyitott gazdaságú EU tagországok egymás közötti áruforgalma igen jelentős, ezért az új áruszállítási rendszert nem nemzeti, hanem nemzetközi viszonylatokban célszerű vizsgálni.



51. ábra Lehetséges vasúti körforgalom Ausztriában, érintve a Brenner hágót⁶⁹

⁶⁹ Saját szerkesztés

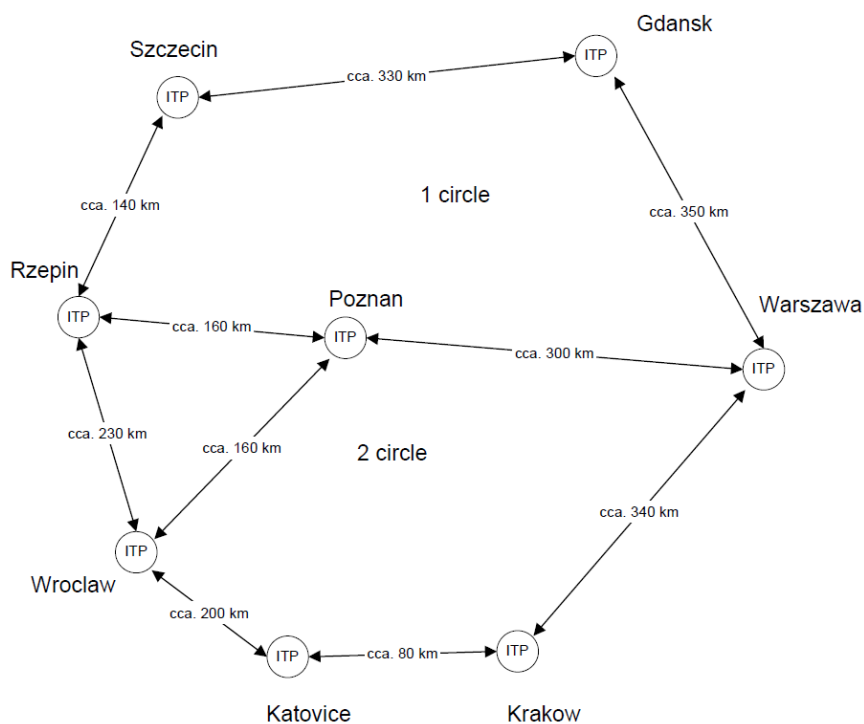
A Brenner Hágó HGV (nehéz tehergépjárművek) terhelése meghaladja az évi 2,25 milliót [21], ami átlagosan napi 6000 nehéz tehergépjárművet jelent. Konténerizálva ezt az árutömeget 10 percenként induló konténerszállító vonattal lehet elszállítani.



52. ábra Lehetséges főbb körforgalom Németországban⁷⁰

Az 52. ábra a németországi főbb ipari központok közötti vasúti körforgalmat és ITP elhelyezés lehetőségét szemlélteti. A kizárólag teherforgalmi célokat szolgáló vasúti pályák lehetővé teszik a tehervonatok kisebb követési idővel való közlekedtetését.

⁷⁰ Saját szerkesztés



53. ábra Lehetséges főbb körforgalmi irányok Lengyelországban⁷¹

Az 53. ábrán a lengyelországi nagyobb ipari központok elhelyezett ITP-k és vasúti kapcsolat láthatók. Az ábrán bemutatott ITP-k számától lényegesen több is kialakítható a konkrét forgalmi adatok ismeretében.

⁷¹ Saját szerkesztés

7.7. Alkalmazási példa

A fejlett konténerkezelés és ITP-k hálózata új megközelítést tesz lehetővé a vasúti-közúti intermodális áruszállítás szervezéséhez. Az alábbiakban a Piraeusi kikötőhöz tartozó konténer terminál és a Közép-Európai térség vonatkozásában mutatok be egy példát a szállítási idő csökkentésére, valamint a vasúti gördülőállomány kihasználására vonatkozóan.

Az Athén melletti Piraeus kikötő jelentős konténerizált forgalmat bonyolít mindenekelőtt Kína és Nyugat-Európa között. A konténerizált áru forrása mintegy 2/3 arányban Kínai, melynek kiszolgálásához a COSCO Shipping társaság megszerezte a Piraeusi kikötő üzemeltetési jogát, és folyamatban van vasúti kapacitásbővítő beruházás (egyes szakaszokon tervezés, más szakaszokon kivitelezés). A beruházások célja az áruk eljuttatási hatékonyságának növelése. Ebben a részben azt vizsgálom meg, hogy a konténer átrakási technológia milyen hatással lehet a konténerek átlagos vasúton történő utaztatására, illetve a vasúti gördülőállomány mennyiségére.

A megszokott EU - Ázsiai vízi kereskedelmi útvonal 37 nap⁷² (Shanghai - Hamburg). A Shanghai – Piraeus hajóút 7-11 nappal lehet rövidebb⁷³, mint a Shanghai – Hamburg útvonal. A Piraeus be- és kimenő kikötők konténerforgalma meghaladja az 5,6 millió TEU-t⁷⁴, melynek kb. 2/3-a lehet kínai relációjú. Összehasonlítás képen a Kelet-Ázsia – Észak-Európa és a Mediterrán irányú konténer forgalom mintegy 16,9 millió TEU, ellentétes irányban 7,8 millió TEU [44]⁷⁵. A Piraeus-i konténer terminál forgalma 1,8 millió TEU (2019)⁷⁶, melynek Kínai relációjú konténer forgalom rész meghatározásánál figyelembe vettem, hogy a konténer terminál forgalma a szárazföldi terminálok felé irányuló forgalom és a fordított irányú konténer forgalom összességét⁷⁷ jelenti.

$$Q_2 = \frac{Q_1}{2} \times i = \frac{1,8}{2} \times 0,66 = 0,594 \text{ millió TEU}$$

⁷² <https://www.shipfreight.com/tradelane/china-to-germany/>

⁷³ <https://news.cgtn.com/news/2019-11-11/Chinese-investment-turns-Piraeus-Port-into-an-international-hub-LwQReuE1Ve/index.html>

⁷⁴ <https://www.seatrade-maritime.com/ports-logistics/piraeus-port-container-volumes-continue-grow-2019>

⁷⁵ [44] 35. oldal

⁷⁶ <https://www.piraeus.org/the-port.html>

⁷⁷ <https://www.indexmundi.com/facts/indicators/IS.SHP.GOOD.TU>

ahol:

Q_1 – konténer terminál teljes forgalma (TEU)

Q_2 – a konténer terminál Kínai relációjú forgalma (TEU)

i – a Kínai reláció aránya

A fenti számítás eredménye szerint a Piraeus-i kikötőből az Európai országok felé kiszállítandó konténerek száma 594.000 TEU. Ennek egy része közúton, más része vasúton kerül a kikötőből kiszállításra a célállomások felé.

A konténer tömeg vonatkozásában a hajós társaságok adatait alkalmaztam. Eszerint a hajós társaságok átlagosan 10-12 tonna/TEU⁷⁸ tömeggel számolnak. E feletti tömeg esetén felárat számolnak fel. Vagyis a tengeri kikötő és a kontinentális terminál között közlekedő vasúti szerelvény terhelésénél 10-12 tonna/TEU adattal lehet számolni. A konténerek a tenger felől és a szárazföld felől azonos számban érkeznek, ami eltérhet ugyan a valóságtól, de egyszerűsítésként elfogadok. A kikötőből a konténerek nagyobb része nem vasúton, hanem közúton kerül kiszállításra, illetve visszaszállításra. Mivel ennek az aránya nem ismert, ezért ugyancsak egyszerűsítésként elhagyjuk ennek figyelembevételét. A számítási eredményben az arányokat ez nem változtatja meg. Az 594.000 TEU konténer mennyiséget az alábbi számítás szerinti teherszerelvényel lehet elszállítani:

$$Q_5 = \frac{Q_2}{Q_3 \times Q_4} = \frac{594.000}{105 \times 360} = 17,4 \text{ vonat/nap}$$

ahol:

Q_2 – a kiszállítandó kínai relációjú konténerek száma

Q_3 – a vasúti szerelvény TEU kapacitása

Q_4 – az éves munkanapok száma (a kikötő folyamatosan működik)

Q_5 – a napi vonatszám

A fenti számításnál a teherszerelvény 35 vagonból áll, a vagonok 3 TEU kapacitásúak. Ebben az esetben a teherszerelvény hossza kb. 740 m.

⁷⁸ <http://www.containertech.no/containershiptypes.htm>

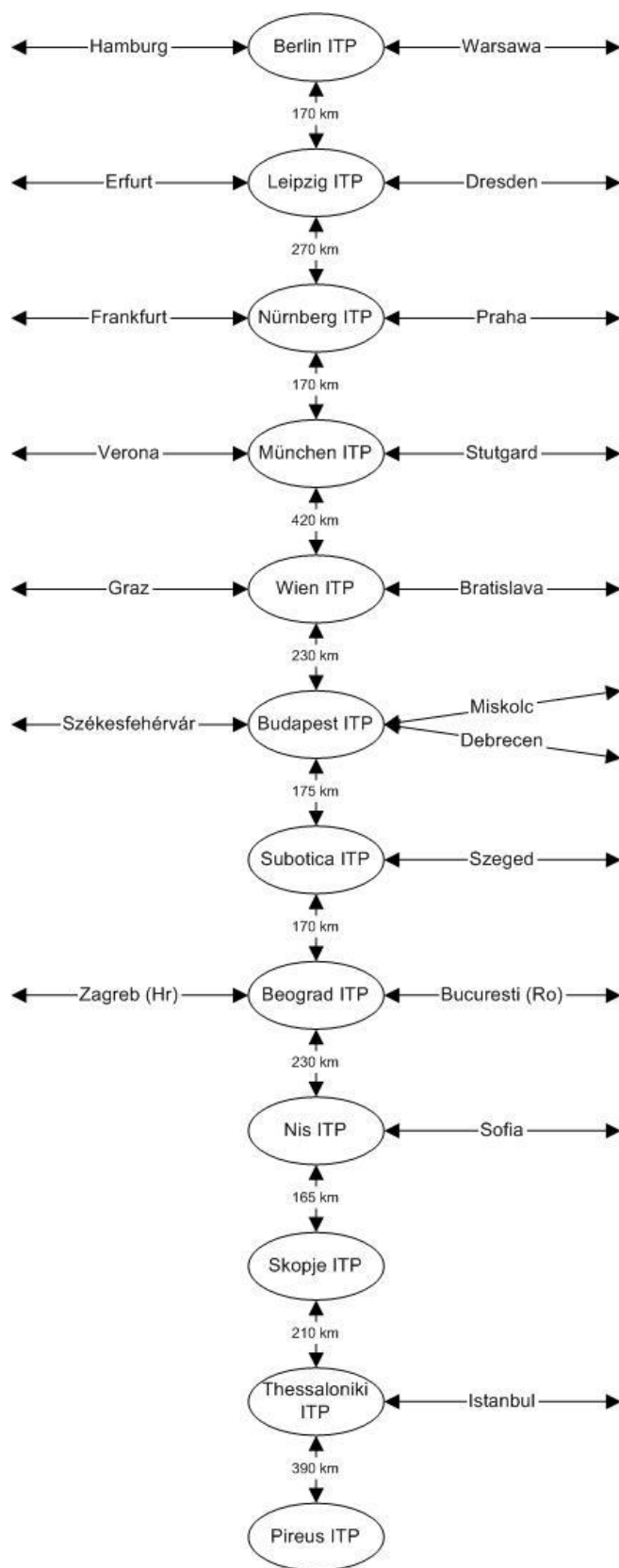
A COSCO Shipping Piraeusi konténer terminál és a Közép-Európai cél állomások között heti 10 vonatközlekedik. A Piraeusz - BILK között 4 vonatközlekedik, szintén heti négy vonatközlekedik Piraeus – Pardubice (Csehország) között, heti egy vonatközlekedik Piraeus - Bécs – Piraeus útvonalon. Szintén heti egy vonat Piraeus és lengyel célpontok között. A vonatok célforgalomban közlekednek a köztes áru leadása, illetve felvétele nem jellemző, mivel az jelentős költséget, és idővesztést okoz. Ezzel szemben a Piraeusi Konténer terminál vonat kiszolgálási kapacitása naponta 10 vonat⁷⁹.

A jelenleg alkalmazott konténerkezelési eljárások (bakdaru, gumikerekes konténer targonca) nem teszik lehetővé, hogy a konténerszállító vonatról, a köztes megállókon néhány konténer „leszálljon”, illetve „felszálljon”. Ennek következtében kerülnek alkalmazásra az irányvonatok a konténer terminálok között, melyekről a konténerek a cél állomásra további több 100 km-t közúton utaznak. Mivel az alkalmazott konténerkezelési eljárások nem elégítik ki a hatékony vasúti-közúti áruszállítás követelményét, ezért szükséges új konténerkezelési, és intermodális forgalomszervezési megoldások kifejlesztése.

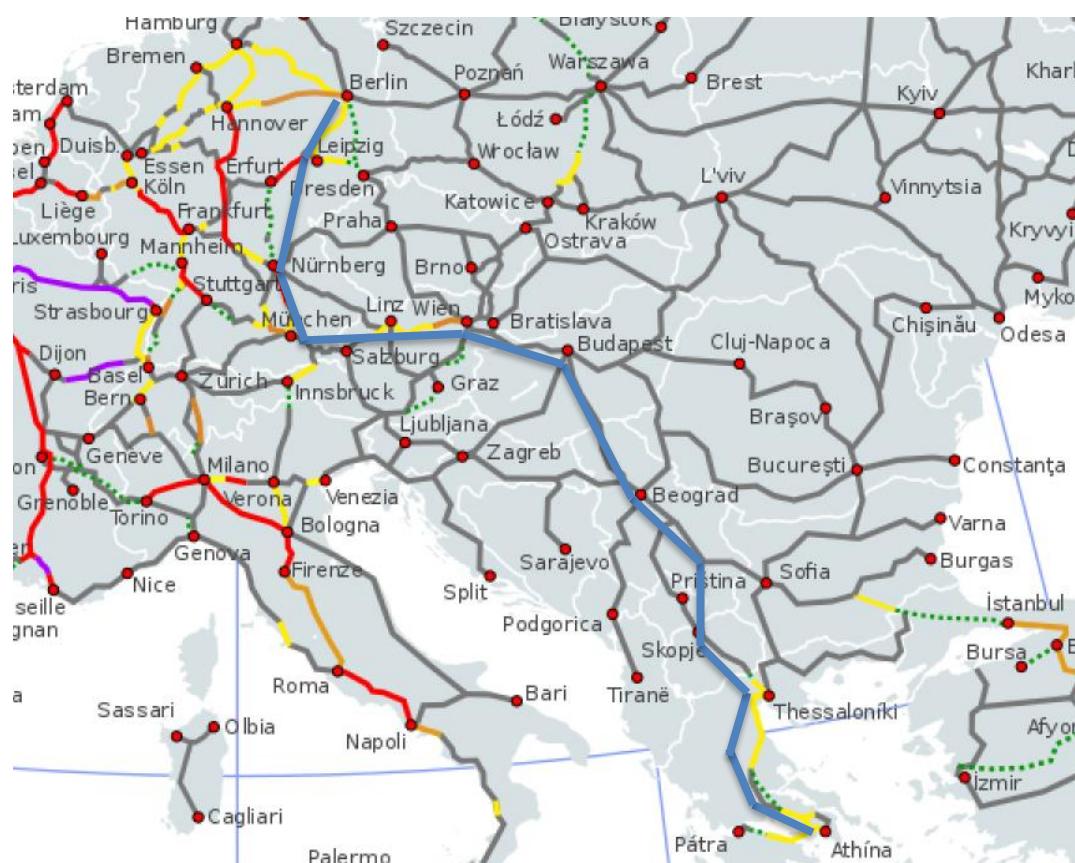
Azt a vasúti-közúti intermodális áruszállítást tekintjük hatékonynak, amely a tisztán közúti áruszállítással szemben árban és időben versenyképes. Az időbeli versenyképességnek már 400 km távolság alatt is érzékelhetőnek kell lennie. A javasolt szállítási rendszer a nagytávolságú kontinentális áruáramlási vonalakkal kapcsolódva, úgynevezett antenna kiszolgálást, áru elosztást tesz lehetővé. Ilyen áruáramlás látható az 54. ábrán, ahol a Piraeusz – Berlin fő útvonalhoz csatlakoznak a szintén jelentős áruforgalmat bonyolító mellékvonalak. A Piraeus – EU relációjú intermodális áruszállítás antennászerű csatlakozásai az érintett térségek közötti vasúti-közúti hatékony intermodális áruszállításnak is eszköze lehet.

A szakirodalomban fizikai internetnek nevezett áruáramlásban a HUB az a csomópont, amely biztosítja a konténer átrakást a vasúti-közúti viszonylatban és fordítva, valamint vasúti-vasúti viszonylatban. Ez a csomópontot az „Intermodal Transshipment Point” (ITP), amelyen a konténerek átrakása (átszállása) megtörténik egyik szállítási eszközről, a másikra. A rendszerben nem csak a rakott konténerek elosztása, hanem az ellentétes irányú EU – Kína áruszállítás, valamint az üres konténerek visszagyűjtése is megoldható.

⁷⁹ <http://www.pct.com.gr/content.php?id=52>

54. ábra A Piraeus – Berlin útvonal⁸⁰⁸⁰ Saját szerkesztés

A Piraeus – Berlin útvonal 2.600 km, melyet a tehervonat 70 km/h átlagsebessége esetén 37 óra alatt jár be. A menetidő a 10 db köztes ITP-n való megállással kb. 3 órával növekedhet. Összességében ez kevesebb mint két nap menetidőt jelent. Ha ugyanezen az útvonalon a jelenleg alkalmazott konténer kezelési technológia érdekében mind a 10 ponton konténer terminálra kerül a szerelvény betolásra az idővesztés megállásonként 2-4 óra. A teljes útvonalon ebben az esetben a konténer terminálokra való megállás miatti idővesztés meghaladhatja a 30 órát. Ez csak elvi eltérés, azonos számú vonat közlekedtetés esetén. A valóságban a COSCO Shipping ajánlata szerint a Közép-Európai térség elérése 5-6 nap (25. ábra). Az 55. ábra az Európai főbb vasúti vonalak mentén mutatja a Piraeusz – Berlin lehetséges útvonalat (kék vonal).



55. ábra Az Athén – Berlin útvonal⁸¹

A különböző konténerkezelési módokhoz eltérő mennyiségű vasúti gördülő állomány szükséges. A javasolt HCT-s konténerkezelési eljárás esetén az anyagáramlási rendszerben,

⁸¹ Saját szerkesztés

kerekítve 85 perces követési időnél, az oda vissza utat is figyelembe véve, 58 db, 35 vagonos szerelvény közlekedhet egyidőben. A szükséges vagonok száma 2.030 db. A jelenlegi gyakorlatot figyelembe véve a kontinentális terminálokban eltöltött többlet idő miatt, kisebb a vasúti kocsik forgási sebessége mintegy 30-40%-al. Ennek következtében az azonos mennyiségű konténer elszállítása érdekében további 710 db vagon szükséges, amely 20 db többlet vonatot (mozdonyt és személyzetet) jelent. A két konténerkezelési mód következménye, hogy a Pireusz – EU konténer forgalmat a jelenlegi konténerkezelési technológia (bakdaru) esetén 78 db vonat szolgálhatja ki, míg a javasolt, új típusú konténerkezelési eljárás esetén lényegesen kevesebb, vagyis 58 db tehervonat egyidejű közlekedtetése biztosíthatja a konténerek elszállítását, és a visszáru szállítását, illetve az üres konténerek visszagyűjtését.

7.8. A Magyar nemzetgazdaság kitétségének csökkentése

A nemzetgazdaság kitétségének vizsgálata ritkán fordul elő a szállítási lehetőségek mérlegelésekor. Véleményem szerint azonban érdemes néhány gondolatot fordítani erre a kérdésre is.

A közúti szállításhoz felhasznált üzemanyag mennyiségét nem lehet pontosan meghatározni, erre vonatkozó statisztikai adatokat nem gyűjtenek. Közelítési módszerrel azonban megbecsülhető a Magyarországi teherfuvarozás részesedése a dízel üzemanyag felhasználásban. A számításhoz a KSH (Magyar Központi Statisztikai Hivatal) 2017. évi adatait használtam [22]. A 2. számú táblázatban látható üzemanyag fogyasztást a 10 tonna feletti teherbírású teherautókra, valamint nyerges vontatókra vonatkoznak.

2020-ban a dízel üzemanyag fogyasztás Magyarországon 1,973 milliárd liter volt⁸² [23]. A két tehergépjármű kategória teljes dízelolaj fogyasztása 846.069 tonna (2. táblázat, a dízelüzemanyag átlagos fajsúlya 0,83 kg/l), amelyek egy része nem belföldi üzemanyag-töltő állomásokból származik. Magyarország éves ásványolaj feldolgozási kapacitása 7,2 millió tonna, ebből kb. 30% [45]⁸³, vagyis 2,16 millió tonna dízelüzemanyag nyerhető. A magyar kőolajfogyasztás 80%-át Oroszországból importáljuk. Az értékelésnél figyelembe kell venni, hogy az áruszállítási statisztikák, valamint a kőolaj tényleges felhasználása folyamatosan változik. A személyszállítással foglalkozó közlekedési társaságok üzemanyag felhasználása figyelembevételével tovább csökkenhet az áruszállítási ágazat által felhasznált dízel üzemanyag mennyisége.

Jármű típus	Tehergépkocsi (db) [22]	Futási teljesítmény (millió km) [22]	Átlagos üzemanyag fogyasztás (l/100 km) [40]	Dízel üzemanyag felhasználás (liter)
10 t és nehezebb	10.158	320	25	80.000.000
Nyerges vontató	35.955	2.472	38	939.360.000

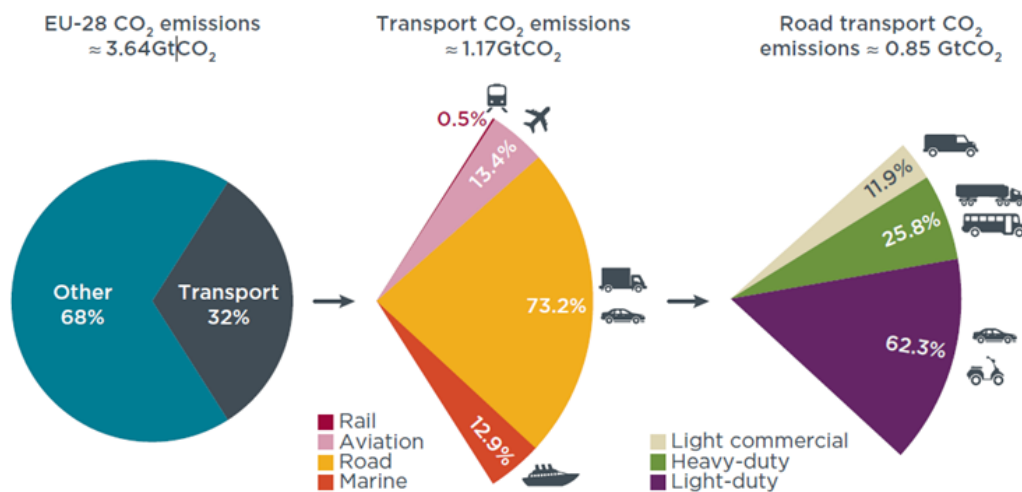
4. táblázat A szállítási ágazat üzemanyag felhasználása [7]

⁸² <http://petroleum.hu/dokumentumok/uzemanyag-statisztikak/>

⁸³ [45] 6. oldal

Ha a 10 tonna teherbírás meghaladó kategóriájú szállítások 100% -át átirányíthatjuk egy kombinált szállítási láncba, ahol az áru az út nagy részét a környezetbarát, elektromos vontatású vasúton teszi meg, akkor a fosszilis energiahordozó piaci kitétsége az országnak akár 40%-al csökkenthető. Az elvi üzemanyag felhasználás csökkenés az Oroszországból származó nyersolaj import kb. 50%-a. A 100%-os eltérítés aránya nem reális, mivel az elő és utófutás kiiktatása nem lehetséges. Azonban lehetséges az 50%-os mértékben a piaci és adminisztratív módszerekkel a közúti teherforgalom átterelése a javasolt intermodális hálózatba. Ebben az esetben a kőolaj behozattal szembeni sebezhetősége Magyarországnak 20 %-kal csökkenthető.

Az ebben a dolgozatban javasolt intermodális áruszállítási rendszer jelentősen csökkentheti a fosszilis energia felhasználását a közlekedési ágazatban, és jelentősen hozzájárulhat az európai karbon-semleges célkitűzésekhez. A közlekedés CO₂ kibocsátás a jelentős gazdasági hatáson (kiemelten adóztatott termékről van szó) túl, kiemelt környezetvédelmi kérdéseket is felvet.



56. ábra A közlekedés CO₂ kibocsátása [9]⁸⁴

Amint az 56. ábrán látható, a közúti kamionos teherszállítás, valamint a busz közlekedés együtt az EU tagállamok CO₂ kibocsátásának 6,04 %-ért felelős, ami 220 millió tonna CO₂ kibocsátást jelent. A 7.6. pontban leírt vasúti-közúti intermodális áruszállítás EU szintű

⁸⁴ [9] 3. oldal

bevezetése a közúti nehéz teherforgalom CO₂ kibocsájtásának jelentős részét (73-75 Mt) meg lehetne takarítani.

8. A Magyarországi jogszabályi helyzet

Az értekezésben leírt javaslat bevezetésének számos jogalkotási előfeltétel van. Anélkül, hogy minden részletre kitérnénk, néhány kedvezőtlen tényező a Magyarországi jogi helyzetben:

- A vasúti szállítás a jelenleg előírások szerint teljesíti szállítási kötelezettségét, ha a tehervonat 24 óránként 200 km távolságot tesz meg.⁸⁵ Ezentúl a megkezdett és befejezési tört napok nem tartoznak bele a 24 órás napba. Ezt a szabályt meg kell változtatni, mivel a vasúti szállítványozót nem ösztönzik arra, hogy versenyképes szolgáltatást nyújtson a közúti szállítással szemben.
- A vasúti szállítást végző cég csak a szállítási díj összegének mértékében felel késedelem esetén [46]⁸⁶. Ennek alapján a késedelmes árutovábbítás által okozott kárt nem térítheti meg a vasúti szállítványozóval. Ezeket a szabályokat és más magyar törvényeket [24], [25], [26] úgy kell megváltoztatni, hogy azok a polgári törvény által szabályozott gazdasági társaságok közötti jogi tranzakciókká váljanak.
- A személyvonatok elsőbbséget élveznek a tehervonatokkal szemben a vasúti pályakapacitás elosztásában és a vasút menetrend kialakításakor [24]⁸⁷, még akkor is, ha egy tehervonat közlekedtetése lényegesen nagyobb bevételt eredményez a vasúti infrastruktúra kezelő társaság számára. A belföldi teherszállítás a prioritási sorrendben a 6. helyen szerepel.

„15. § (4) Ha az összehangolási eljárás tíz munkanapon belül nem vezet eredményre, a kapacitás-elosztó szervezet dönt az összehangolási eljárással érintett igényekről. Az egymással ütköző igények esetén – a szakosított infrastruktúraként kijelölt vasúti pályaszakaszok kivételével – a kapacitás-elosztó szervezet az alábbi sorrend figyelembevételével elsőbbséget biztosít

- a) a nemzetközi vasúti áru fuvarozási folyosón végzett felújítási, fejlesztési célú kapacitásigénynek,*
- b) a vasúti közszolgáltatásnak,*
- c) a nemzetközi személyszállításnak,*
- d) a nemzetközi árutovábbításnak,*

⁸⁵ [46] 14. § (1)

⁸⁶ [46] 26. § (1)

⁸⁷ [24] 15. § (4)

e) az egyéb vasúti pályákon végzett felújítási, fejlesztési célú kapacitás-igénynek, valamint a nemzetközi vasúti árufuvarozási folyosókon végzett karbantartási célú kapacitás-igénynek,

f) a belföldi vasúti árutovábbításnak,” [24]

Ezt a szabályt, valamint a vasúti forgalomirányítási gyakorlatot úgy kell megváltoztatni, hogy az ágazat semlegesség érvényesüljön, és az a vonat élvezzen elsőbbséget a közlekedtetés során, amely magasabb bevételt biztosít az infrastruktúra működtető cég számára [11].

- Javasolt az intermodális szállítás vasúti-közúti átrakó pontjainak kiépítése a jelenleg használaton kívüli teherpályaudvari területeken. Ez egy fontos tényező, amely lehetővé teszi az intermodális átrakó pontok telepítését alacsony létesítési költségekkel. Ugyanakkor ezeken a területeken vasúti szabályozás általában nem teszi lehetővé az átrakó pont létrehozását, mivel ezek jellemzően a közszolgáltatási hálózat részét képezik. A vonatkozó szabályokat úgy kell módosítani, hogy az érintett területeket egyszerű eljárással lehessen kivonni a közszolgáltatási hálózatból, és üzleti tevékenységekre hasznosítani. Egy másik nehezítő feltétel, hogy a „*A vasúti pályahálózatra vonatkozó, (1) bekezdés szerinti vagyonkezelési, vagyonműködtetési tevékenység közfeladatnak minősül.*”⁸⁸ ezért az üzleti hasznosíthatóságra vonatkozóan nincs a vagyonkezelőnek kötelezettsége.
- A villamos felsővezeték megközelítése nem életszerű, a technika fejlődése nincs lekövetve. 25 kV-os feszültség száraz időben már 2 cm távolságot sem üt át. Nedves időben ez legfeljebb 10-20 cm-es értéket jelent.

„Villamosított vasúti vágányhoz rakodóberendezés általában nem telepíthető. Kivéve, ha a rakodóberendezés olyan kialakítású, hogy

– sem a rakodóberendezés, sem a rakomány rakodás közben a

feszültségmentesített vezetéket 1,0 méteren belül nem közelítheti meg,

– a feszültség alatt álló táp- vagy megkerülő vezetéket 2,0 méternél, a

munkavezetéket (beleértve a szomszédos vágányét is) 3,2 méternél jobban nem közelítheti meg és rakodási szünetben ezen a távon kívül rögzíthető.”⁸⁹

⁸⁸ [26] 25. § (1a)

⁸⁹ [10] 29. oldal 8.1. pont

- Műszaki szempontból indokolatlan, illetve idejétmúlt rakodó berendezésre vonatkozó méret meghatározások szerepelnek egyes előírásokban. [10]

„1435 mm normál nyomtávolságú vasút esetén a vágánytengelytől általában a következő távolságra helyezhetők rakodóberendezések:

– 1220 mm sínkoronaszint feletti magasságig 1725 mm-re,

– az ennél magasabb építménynél 2200 mm-re.”⁹⁰

Kitámasztó szerkezettel, illetve dinamikus ellensúllyal rendelkező berendezést ezek alapján nem lehet alkalmazni, holott a vasúti forgalom biztonságára azok nincsenek hatással, mivel az úrszelvényt nem érintik.

- Az előírások indokolatlan szabványosítást írnak elő, olyan liberalizált gazdasági viszonyok mellett, amikor a szabványok alkalmazása – a törvények által meghatározott körön kívül - nem kötelező.

„A vasúti rakodóberendezések általános üzemeltetési feltételeit szabványban kell meghatározni.”⁹¹ A szabvány fajtájáról (ágazati, ipari, nemzetközi, kötelező, ajánlás, stb.) a szabály nem rendelkezik. Az ilyen előírásokat célszerű törölni.

- Bár az előírások az ömlesztett anyagokra vonatkozóan írják elő⁹², de az átrakó berendezésekre is értelmezhető az alábbi kitétel:

„– a rakodógép semmilyen szerkezete ne támaszkodjon a vasúti kocsira, és ne ütközzön hozzá,”

Ezzel szemben a példaként is bemutatott eszközök fejlesztését (10-11. ábrák) az ÖBB és a DBB támogatja. A hivatkozott szabály alapján a MÁV szolgáltatási területén hasonló eszközök nem alkalmazhatóak.

A fenti jogszabályok együttese jól mutatja, hogy egyes Európai országokban alkalmazott jogszabályok ellentétesek lehetnek a kontinentális vasúti-közúti intermodális áruszállítás fejlesztésével. Ezzel szemben a hangoztatott cél az intermodális szállítás fejlesztése, a közúti szállítással megegyező minőségű szolgáltatással.

⁹⁰ [10] 29. oldal 8.1. pont részlet

⁹¹ [10] 32. oldal 8.4. pont

⁹² [10] 34. oldal 8.2.2. pont

9. Az értekezés tézisei

1. Tézis: A nemzetközi és a hazai szakirodalom áttanulmányozását követően kidolgoztam egy új vasúti-közúti viszonylatban alkalmazható konténerátrakó berendezést, amely kielégíti a versenyképes áruszállítást megalapozó követelményeket. Az új konténerátrakó berendezés bázisán kidolgoztam a fenntartható áruszállítást biztosító vasúti-közúti intermodális áruszállítási modellt. [S1] [S2] [S5] [S8]

A nemzetközi és a hazai szakirodalom több vasúti-közúti intermodális áruszállítást elősegítő műszaki megoldást ismertet, melyek – tekintettel a kombinált áruszállítás alacsony arányára – csak korlátozottan érték el a célt. A konstrukciók elemzése és a mérnöki gyakorlatra alapozva egy komplex vasúti konténer átrakó gépet terveztem, amely gépészeti megoldásaiban szabadalmaztatott újdonság, elektronikus és hidraulikus vezérlési oldalról a korszerű gépekkel szembeni elvárásoknak, valamint az Ipar 4.0 követelményeknek felel meg. Az új konténerátrakó gép, egy olyan kötőtpályás rakodógép, amely a tehervonat feletti vasúti felsővezeték alatt is biztonságosan alkalmazható, lehetővé teszi a vasúti és közúti jármű viszonylatban a konténerek hatékony átrakását, akár automatikus üzemmódban is. Mivel a korszerű konténerkezelés alacsony fajlagos költségű (az egy konténerre jutó átrakási ár a jelenlegi ár kb. 20%-a), ezért új alapokra helyezhető a vasúti-közúti intermodális áruszállítás.

2. Tézis: Meghatároztam, hogy a vasúti felsővezeték alatt is alkalmazható konténer átrakó berendezések a vasúti-közúti intermodális áruszállítás versenyképességét elősegítik, de csak akkor, ha nem igénylik a szállítást lebonyolító technikai eszközök (vasúti vagon, közúti szállítójármű) egyidejű jelenlétét, a tárolási oldalon képesek a konténerek halmozására, valamint minél inkább robotszerű működésre alkalmasak. Megállapítottam, hogy a konténer kezelés fejlesztésén túl vasúti forgalomszervezési intézkedések (pl. konténerszállító vonatok körforgalma) is szükségesek a versenyhátrány csökkentésére. [S3] [S4]

Elemeztem és a kutató munka során nevesítettem a vasúti-közúti intermodális áruszállítás versenyhátrányának okait, melynek időbeli és ár béli dimenziói is vannak. Az időbeli versenyhátrány csökkentés lehetőségének vizsgálatára ütemes menetrendi tervet készítettem Budapest-Nyíregyháza-Miskolc-Budapest viszonylatra. Ez alapján megállapítottam, hogy nincs vasúti kapacitás korlátja a vasúti áruszállítás fejlesztésnek. Az árbeli versenyhátrány

csökkentés lehetőségének vizsgálatára egy konkrét viszonylatra (Záhony-Sopron) készítettem költség és bevételi kalkulációt. A kalkuláció alapján megállapítottam, hogy a közúti árral versenyképes vasúti-közúti intermodális áruszállítás alakítható ki. Szakirodalmi adatok alapján tanulmányoztam a különböző konténerkezelési eljárásokat, konténer átrakó berendezéseket. Meghatároztam azokat a műszaki követelményeket, tulajdonságokat, amelyekkel a korszerű konténerkezelésnek rendelkeznie kell a vasúti áruszállítás fejlődése érdekében.

3. Tézis: Kidolgoztam a korszerű konténerátrakó berendezés alkalmazásával kialakítandó intermodális átrakópont konstrukcióját, amely lehetővé teszi a forgalom koncentrációja helyett, annak dekoncentrációját az ipari termelés dekoncentrációjához igazodóan. Meghatároztam, hogy az intermodális átrakópontoknak jellemzően átmenőrendszerű, felsővezetékkel ellátott vasúti pályával kell rendelkeznie. [S6] [S7]

Az általam kidolgozott konténerkezelési technológia alkalmazásával lehetőség nyílik a jelenlegi terminálépítési gyakorlat meghaladására. A fizikai internet elméletéhez kapcsolódva olyan HUB (intermodális átrakópont) konstrukciókat határoztam meg, amelyek új alapokra helyezhetik vasúti-közúti áruszállítást. Ráműtöttem a fejlesztés fenntartható áruszállítási jellemzőire, illetve a nemzetgazdaság fosszilis energiahordozókkal kapcsolatos kitétségeinek csökkentésére.

4. Tézis: Javaslatokat fogalmaztam meg a jogszabályi környezet módosítására a technikai fejlődés követése, valamint a vasúti áruszállítás fejlesztése érdekében. [S2] [S3]

A vasúti áruszállításban érdekelt állami és privát szervezetek működését meghatározó, befolyásoló jogszabályok (törvények, kormányrendeletek, ágazati rendeletek) vizsgálatával rámutattam, azokra a pontokra, amelyek a technika állása szerint elavultak, és akadályozzák az ágazat fejlődését. Megjelöltem azokat a legfontosabb joghelyeket, melyek felülvizsgálata nélkül, a technikai fejlődés lekövetése nélkül nem lehetséges a vasúti áruszállítás fejlesztése.

9. Theses of the dissertation

Thesis 1: After reviewing the international and domestic literature, I developed a new container handling equipment that can be used in the rail-road relationship, which satisfies the requirements for competitive freight transport. On the basis of the new container handling equipment, I developed a rail-road intermodal freight transport model that ensures sustainable freight transport. [S1] [S2] [S5] [S8]

The international and domestic literature describes several technical solutions promoting rail-road intermodal freight transport, which - given the low rate of combined freight transport - achieved the goal only to a limited extent. Based on the analysis of the constructions and the engineering practice, I designed a complex new railway container transshipment machine, which is a patented novelty in its mechanical solutions, meets the requirements of modern machines and the requirements of Industry 4.0 in terms of electronic and hydraulic control. The new container transshipment machine, a fixed-track loader that can be used safely under the overhead contact line above the freight train, allows efficient transshipment of containers between rail and road vehicles, even in automatic mode. As modern container handling has a low unit cost (the transshipment price per container is about 20% of the current price), rail-road intermodal freight transport can be put on a new footing.

Thesis 2: I have determined that container handling equipment that can also be used under the railway overhead line promotes the competitiveness of rail-road intermodal freight transport, but only if it does not require the simultaneous presence of technical means of transport (railway wagon, road transport vehicle), on the storage side they are capable of stacking containers, and capable for robotic working mode. I found that in addition to the development of container handling technique, railway traffic management dispatches (eg the traffic of container trains) are also needed to reduce the competitive disadvantages. [S3] [S4]

During the research work, I analyzed and named the reasons for the competitive disadvantages of rail-road intermodal freight transport, which also has temporal and price dimensions. In order to examine the possibility of reducing the competitive disadvantage in time, I prepared a timetable for the Budapest-Nyíregyháza-Miskolc-Budapest route. Based on

this, I concluded that there is no rail capacity constraint for the development of rail freight. To examine the possibility of reducing the competitive disadvantage in price, I prepared a cost and revenue calculation for a specific relationship (Záhony-Sopron). Based on the calculation, I established that rail-road intermodal freight transport can be developed with road prices. Based on literature data, I studied various container handling procedures and container handling equipment. I have defined the technical requirements and properties that modern container handling must have in order to develop rail freight.

Thesis 3: I have developed the construction of an intermodal transshipment point to be established using modern container handling equipment, which allows the deconcentration of the traffic instead of the concentration of the traffic in accordance with the deconcentration of the industrial production. I have determined that intermodal transshipment points should typically have a through-track, overhead line track. [S6] [S7]

By using the new container handling technology, I have developed new container terminal structure, it is possible to exceeds the current terminal construction practice. In connection with the theory of the physical internet, I defined HUB (intermodal transshipment point) constructions that can put rail-road freight transport on a new footing. I pointed out the sustainable freight transport characteristics of the development and the reduction of the national economy's exposure to fossil fuels.

Thesis 4: I formulated proposals for the modification of the legal environment in order to follow the technical development and to develop the railway freight transport. [S2] [S3]

By examining the legislation (laws, government decrees, sectoral regulations) that determine the operation of public and private organizations interested in rail freight transport, I pointed out the points that are obsolete according to the state of the art and hinder the development of the sector. I have identified the most important legal places, without which it is not possible to develop rail freight without reviewing technical progress.

10. Összefoglalás

A konténerátrakás új mérnöki megoldásai új lehetőségeket teremthetnek a vasúti-közúti intermodális áruszállításhoz. A megbízható konténerkezelés a vasúti elektromos felsővezeték alatt még nem jelenleg üzleti sikert. Mivel az intermodális áruszállítás műszaki, szervezeti és jogi szempontból interdiszciplináris, sok terület szakembereinek együttműködése szükséges.

Lehetőség van a vasúti-közúti intermodális áruszállítás fejlesztésére, amely árban és időben versenyképes a tisztán közúti szállítással összehasonlítva.

Az ismert konténerszállítási technológiák tudományos elemzése, a robotszerű megoldások és a műszaki ismeretek kreatív alkalmazása új konténerátrakó berendezések megalkotásához vezethet, amely radikálisan átalakíthatja a szárazföldi intermodális áruszállítási rendszert.

A [27] cikkel egyetértve, minél nagyobb az autonómia és a pénzügyi függetlenség, annál nagyobb a hatékonyság és a műszaki változás képessége a vasúti infrastruktúrában, és ennek következtében a vasúti-közúti áruszállítás annál fejlettebb.

10. Summary

New engineering solutions for container handling can create new opportunities for rail-road intermodal freight transport. Reliable container handling under the contact line is not yet a business success. As intermodal freight transport is technically, organizationally and legally interdisciplinary, the cooperation of professionals in many fields is necessary.

It is possible to develop rail-road intermodal freight transport that is competitive in price and time compared to road transport.

The scientific analysis of known container transport technologies, robotic solutions and creative application of technical knowledge can lead to the creation of new container handling equipment that can radically transform the rail-road intermodal freight transport.

Agree with Article [27], the greater the autonomy and financial independence, the greater the efficiency and capacity for technical change in railway infrastructure and, consequently, the more developed rail-road freight transport.

11. Irodalom jegyzék

11.1. Az értekezés témakörében készült saját publikációk

- [S1] EP 1401693 B1. *Railway Container Transshipment Device*. (patent of **Laszlo Vida**, Publ. 24.09.2001.)
- [S2] **Vida László**: HCT: Új gondolatok a szárazföldi intermodális logisztikában LOGISZTIKAI ÉVKÖNYV: 2013 pp. 260-270., 10 p. (2013), Közlemény: 30774602; Nyilvános; Folyóiratcikk (Szakcikk)
- [S3] **Vida László**: Új gondolatok a kontinentális intermodális áruszállításhoz LOGISZTIKAI TRENDEK ÉS LEGJOBB GYAKORLATOK V. évfolyam: 1. szám pp. 29-35., 1 p. (2019), Közlemény: 30774610; Nyilvános; Folyóiratcikk (Szakcikk)
- [S4] Illés Béla; Véha Antal; **Vida László**: New ideas for inland intermodal transport TRANSPORT PROBLEMS / PROBLEMY TRANSPORTU: INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL (2020), Közlemény: 30917948; Nyilvános; Folyóiratcikk (Szakcikk)
- [S5] **Vida László**; Illés Béla; Bányainé Tóth Ágota: Speciális átrakógép a vasúti-közúti egységgrakomány átrakáshoz; MULTIDISZCIPLINÁRIS TUDOMÁNYOK: A MISKOLCI EGYETEM KÖZLEMÉNYE 10: 3 pp. 24-29., 6 p. (2020), Közlemény:31389834; Nyilvános; Folyóiratcikk (Szakcikk)
- [S6] **Vida László**; Illés Béla; Bányainé Tóth Ágota: Multimodális egységgrakomány rakodási problémáinak megoldása; MULTIDISZCIPLINÁRIS TUDOMÁNYOK: A MISKOLCI EGYETEM KÖZLEMÉNYE 10: 1 pp. 178-183., 6 p. (2020), Közlemény: 31389836; Nyilvános; Folyóiratcikk (Szakcikk)
- [S7] **Vida László**, Illés Béla, Bányainé Tóth Ágota: Preventing the negative effects of the COVID-19 epidemic in international freight transport; MULTIDISZCIPLINÁRIS TUDOMÁNYOK: A MISKOLCI EGYETEM KÖZLEMÉNYE
- [S8] **Vida László**: Vasúti konténerátrakó berendezés (szabadalmi bejelentés, SZTNH ügyszám: P2000375; 2020. 11. 13.)

11.2. Áttekintett és felhasznált irodalom

- [1] S. Behrends & J. Flodén. The effect of transshipment costs on the performance of intermodal line-trains. *Logistic Resources*, 2012. Vol. 4, pp. 127-136. DOI 10.1007/s12159-012-0066-0.
- [2] J. Woxenius & E. Andersson & F. Bärthela & G. Trocheb & R. Sommar & J. Trouvè. *A Swedish intermodal transport service based online-trains serving freight forwarders*. Conference: World Conference on Transport Research, Istanbul 2004. Elérhető:
<https://www.researchgate.net/publication/237557591>
- [3] R. Sommar & J. Woxenius. Time perspectives on intermodal transport of consolidated cargo. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 2007. Vol. 2. pp. 163-182.
- [4] I. A. Hansen. Automated shunting of rail container wagons in ports and terminal areas. Elérhető:
<https://www.researchgate.net/publication/296375739>
- [5] INHOTRA. Final Report. Elérhető:
https://trimis.ec.europa.eu/sites/default/files/project/documents/20060727_150345_76487_INHOTRA_Final_Report.pdf
- [6] C. Kölblle. New technologies increase efficiency in intermodal transport. *Swiss Transport Research Conference, 2004*. Elérhető: http://www.strc.ch/2004/Koelble_Efficiency_STRC_2004.pdf
- [7] KSH – Központi Statisztikai Hivatal. Elérhető:
<http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/jelszall/jelszall18.pdf>
- [8] RCH Árudíjsszabás 2021, Elérhető:
<https://rch.railcargo.com/dam/jcr:2f362dc5-3b73-45ed-9907-7e609a51ead5/hatalyos-arudijsszabas-2021.pdf>
- [9] O. Delgado, F. Rodríguez: CO₂ emissions and fuel consumption standards for heavy-duty vehicles in the European Union, www.theicct.org (MAY 2018)
- [10] 18/1998 (VII. 3.) KHVM rendelet (Országos Vasúti Szabályzat II. kötet kiadása). Elérhető:
<http://www.njt.hu>
- [11] VPSZ. Hálózati Üzletszabályzat 2019/2020 menetrendi időszakra. Elérhető:
<https://www2.vpe.hu/halozati-uzletszabalyzat-husz/hatalyos-husz-2019-2021>
- [12] MMV Zrt. Freight Transport Business Rules Section 26. §. Elérhető:
<http://www.mmv.hu/hun/Árufuvarozási%20üzletszabályzat%202018.pdf>
- [13] A. V. Binsbergen & R. Konings & L.A. Tavasszy & R. V. Duin Innovations in intermodal freight transport: lessons from Europe. TRB 2014 Annual Meeting, DOI: 10.13140/2.1.1918.4329
Elérhető: <https://www.researchgate.net/publication/268509356>
- [14] VPSZ. Charging Document of MÁV ZRT. Elérhető: <https://www2.vpe.hu/eng/network-statement/network-statement-2018-2019>

- [15] J. Erjavec & P. Trkman & A. Groznik. The trade-off between road and railroad freight transport - coast benefit analysis for Slovenia. *Economic and business review*, 2014. Vol. No. 1., pp. 63-76.
- [16] Dr. Pálfalvi, József. Benchmarking a vasúti áruszállításban (KTE, 2002. 6. p. 201-209). Elérhető: http://real-j.mtak.hu/10807/6/Kozlekedestudomanyi_2002_06.pdf
- [17] A. Aguezoul. Overview on Supplier Selection of Goods versus 3PL. *Selection Journal of Logistics Management*, 2012. Vol. 1(3), pp. 18-23. DOI: 10.5923/j.logistics.20120103.02.
- [18] C. Landschützer & F. Ehrentraut & D. Jodin. Containers for the Physical Internet: requirements and engineering design related to FMCG logistics. *Logistic Resurce*, 2015. Vol. 8:8. DOI 10.1007/s12159-015-0126-3.
- [19] C. Macharis & G. K. Janssens & B. Jourquin & E. Pekin & A. Caris & T. Crepin. Decision support system for intermodal transport policy “DSSITP“ 2008. Elérhető: <http://www.vub.ac.be/DSSITPday/dssitp-day.html>
- [20] R. Sakalys & N. Batarlienė. Research on Intermodal Terminal Interaction in International Transport Corridors. *10th International Scientific Conference Transbaltica, Transportation Science and Technology*, Lithuania: 2017. Elérhető: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817319069>
- [21] dpa international. Available at: <http://www.dpa-international.com/topic/germany-austria-italy-tackle-traffic-jams-alpine-pass-180205-99-937137>
- [22] KSH – Központi Statisztikai Hivatal. Elérhető: <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/jelszall/jelszall17.pdf>
- [23] Magyar Ásványolaj Szövetség jelentése. Elérhető: <http://petroleum.hu/dokumentumok/uzemanyag-statisztikak/>
- [24] 55/2015. (IX. 30.) NFM rendelet a vasúti pályahálózathoz történő nyílt hozzáférés részletes szabályairól. Elérhető: <http://www.njt.hu>.
- [25] 32/2009 (II.19.) Kormány rendelet a vasúti áru fuvarozás részletes szabályairól. Elérhető: <http://www.njt.hu>.
- [26] 2005. CLXXXIII. Törvény a vasúti közlekedésről. Elérhető: <http://www.njt.hu>.
- [27] K. M. Saporovna & S. S. Ospanov & M. D. Sharapiyeva & A. Antoni. The Evaluation of the Efficiency of Transport and Logistics Infrastructure of Railway Transport. *Scientific Journal of Maritime Research*. 2018. 32, pp. 88-101.
- [28] K. Lewandowski. The ACTS system a chance for the rail transport on increase in the intermodal transport. ANALIZY. 06. may. 2015. Elérhető: <https://www.researchgate.net/publication/275948340>
- [29] J. Woxenius. Intermodal transshipment technologies – an overview, Göteborg, 1998. március

- [30] Kiss Gyula, Lukács András: Az áruszállítás közútról vasútra történő áttérésének lehetőségei Magyarországon; Levegő Munkacsoport. 2010. június
- [31] Dr. Bokor Zoltán: Az intermodális logisztikai szolgáltatások helyzetének értékelés, fejlesztési lehetőségeinek feltárása, Logisztika 10 (3) pp. 22-64 ISSN 1785-6736
- [32] Liege és az Antwerpen Egyetemek szerzői: BRAIN – TRAINS - SWOT analyse; Belgian Science Policy Office 03.03.2015.
- [33] When-Chin Huang és Chin-Yuan Chu: Kiválasztási modell a termináليون belüli konténerkezelési rendszerre; Jurnal of Marine Science and Technology Vol. 12. No. 3. (2004)
- [34] Maribori Egyetem Logisztikai Tanszék, Kérdőív; Elérhető:
https://www.researchgate.net/publication/285599752_Questionnaire_Logistics_platform_in_english/link/5661efa708ae15e7462ec202/download
- [35] Preferred Global Logistics, Elérhető:
http://www.preferredgloballogistics.com/index.php?doc_id=43
- [36] Magyar Transzitzgazdasági Iroda Nonprofit Kft: Kérdőíves kutatás (2013)
<https://logisztika.hu/2013/10/03/kerdoiv-az-aruszallitasi-mod-kivalasztasanak-szempontjai/>
- [37] Magyar Közút Nonprofit Zrt: Közúti forgalomszámlálás (2019), Elérhető:
- [38] A Ballis, J. Golias: Comparative evaluation of existing and innovative rail–road freight transport terminals; Transportation Research Part A36, 593-611 oldalak (2002)
- [39] Holicza Peter: Európa súlyos vonatbalesetei: A leggyakoribb kiváltó okok; Óbudai Egyetem Biztonságpolitikai Doktori Iskola, 2018
- [40] 60/1992 (IV.1) Kormányrendelet, Üzemanyag normák
- [41] Chikán A, Czákó E szerkesztők: Kutatási tervtanulmány, Corvinus Egyetem Vállalatgazdaságtan Intézet (2005 június)
- [42] L. Abdenebaoui, HJ Kreowski: Modelling of decentralized process in dynamic logistic networks by means of graph-transformational swarm, Logist. Res. (2016) 9:20, DOI 10.1007/s12159-016-0147-6
- [43] M Hülsman, B Scholz-Reiter, K Windt: Autonomous cooperation and control in logistics, ISBS 978-3-642-19469-6 (Springer, Berlin, 2011)
- [44] J. Pieriegud: Analysis of the potential of the development of rail container transport market in Poland, European Union, 2019
- [45] Csernik Kornél: A kőolaj-finomítás alapjai, MOL, Debreceni Egyetem, 2016, Elérhető:
<https://mol.hu/.....>
- [46] 32/2009 (II. 9.) Kormányrendelet a vasúti áru fuvarozási szerződésekre vonatkozó részletes szabályokról. Elérhető: www.njt.hu

12. Mellékletek

Ssz.	Megnevezés	Terjedelem
1.	Kérdőív	4 oldal
2.	HCT vezérlőrendszer blokkvázlata	1 oldal
3.	Árkalkuláció	3 oldal
4.	Menetidő kalkuláció	10 oldal

1. Kérdőív

A kérdőívben feltett kérdések, és a válaszok százalékos megoszlása.

1. A cég neve

A cég nevekre adott válaszok nem relevánsak.

2. A cég telephelye melyik megyében van?

Baranya Megye	9%
Bács-Kiskun Megye	0%
Békés Megye	0%
Borsod Megye	18%
Budapest	0%
Csongrád Megye	0%
Fejér Megye	0%
Hajdú-Bihar Megye	18%
Heves Megye	0%
Győr-Moson Megye	0%
Komárom Megye	0%
Nógrád Megye	18%
Pest Megye	9%
Tolna Megye	0%
Somogy Megye	0%
Szabolcs Megye	9%
Szolnok Megye	9%
Vas Megye	9%
Veszprém Megye	0%
Zala Megye	0%

3. Mi a cég profilja?

Végtermék gyártás.	82%
Beszállító.	27%
Logisztikai (raktározás, elosztás) szolgáltató.	0%
Egyéb.	9%

4. Mi a cég tevékenységi köre?

Autóipari beszállítás.	18%
Gépipari beszállítás.	9%
Alapanyag beszállítás.	0%
Építőanyag gyártás.	0%
Élelmiszeripari gyártás.	27%
Ital (üdítőital, ásványvíz, sör, stb.) gyártás, kiszerelés.	0%

Gyógyszergyártás.	0%
Csomagoló anyag (papír, műanyag) gyártás.	18%
Egyéb.	27%

5. Napi kiszállított áruforgalmi (alapanyag, késztermék, félkész termék) volumen?

20 tonna alatt,	27%
20-60 tonna,	18%
60 tonna felett	55%

6. A kiszállított áru csomagolásának, rendezésének módja?

Raklapos	73%
Egyedi (rendezés, lekötés)	27%
Ömlesztett	0%
Tartályos	9%

7. Napi ki és beszállítási kamion forgalom?

1-2	27%
3-6	9%
7-10	9%
több mint 10	55%

8. A beérkezett áru milyen távolságról érkezik?

Belföld, 200 km alatt	27%
Belföld, 2-400 km	27%
Belföld, 400 km felett	0%
Külföld, 500 km alatt,	0%
Külföld, 500-1000 km,	18%
Külföld, 1000 km felett	27%

9. Az áru kiszállítását milyen távolságra végzik?

Belföld, 200 km alatt	18%
Belföld, 200-400 km	36%
Belföld, 400 km felett	9%
Külföld, 500 km alatt,	9%
Külföld, 500-1000 km,	18%
Külföld, 1000 km felett	27%

10. A rakodás módja telephelyükön jellemzően?

Villástargonca	82%
Daru	0%
Konténeremelő targonca	0%
Egyéb	18%

11. Jelenleg mennyi idő alatt érkezik meg szállítmánya a célhoz?

12 óra alatt	45%
12-24 óra	9%
24-48 óra	45%
több mint 48 óra	0%

12. A szállítási idő csökkentése jelent-e verseny előnyt a cége számára?

Igen	27%
Nem	73%

13. Milyen az átlagos árumegérkezési időre vonatkozó elvárásuk?

6 óra	36%
12 óra	27%
24 óra	18%
48 óra	27%

14. Jellemzően a cégüknel milyen fuvarszekőzt alkalmaznak kiszállításnál?

platós tehergépkocsi (nettó < 10 tonna/fuvar)	27%
nyerges pótkocsi (nettó kb. 20 tonna/fuvar)	73%
20 lábas konténer (nettó kb. 20 tonna/fuvar)	0%
40 lábas konténer (nettó kb. 30 tonna/fuvar)	0%
görgős konténer (nettó kb. 10 tonna/fuvar)	0%
gépjármű csereszekrény (nettó kb. 15 tonna/fuvar)	9%

15. Jellemzően a cégüknel milyen fuvarszekőzt alkalmaznak beszállításnál?

platós tehergépkocsi (nettó < 10 tonna/fuvar)	27%
nyerges pótkocsi (nettó kb. 20 tonna/fuvar)	82%
20 lábas konténer (nettó kb. 20 tonna/fuvar)	0%
40 lábas konténer (nettó kb. 30 tonna/fuvar)	0%
görgős konténer (nettó kb. 10 tonna/fuvar)	0%
gépjármű csereszekrény (nettó kb. 15 tonna/fuvar)	0%

16. Mi a fuvarozó szolgáltató váltás alapja?

A legkedvezőbb ár.	82%
Az áru pontos időben való megérkezése.	0%
Az áru feladásnál a vevő kiszolgálása.	0%
Régi üzleti kapcsolat.	18%

17. Hány áru fuvarozó céggel működnek együtt?

1-3	18%
4-5	27%
több mint 5	55%

18. A konténeres, csereszekrényes egység rakomány képzés jelent-e előnyt a cégük számára?

Igen	18%
Nem	82%

19. A szállítási mód minél alacsonyabb széndioxid kibocsátása befolyásolja-e a fuvarszekőz választást?

Igen	18%
Nem	82%

20. A fuvarozó cég kiválasztásánál szempont-e, hogy milyen módon (közúton, vasúton, vízen, intermodális) szállítja az árut?

Igen	82%
Nem	18%

21. A fuvarozó kiválasztásánál szempont-e a multimodális (vasúti-közúti) szállítás?

Igen	18%
Nem	82%

22. Ön támogatja a közúti áruszállítás okozta CO2 kibocsátás csökkentését?

Igen	73%
Nem	27%

23. Milyen mértékű árelőny esetén választana másik fuvarozó szolgáltatót?

5 - 10%	45%
10 - 15%	36%
több mint 15%	9%
Nem releváns.	9%

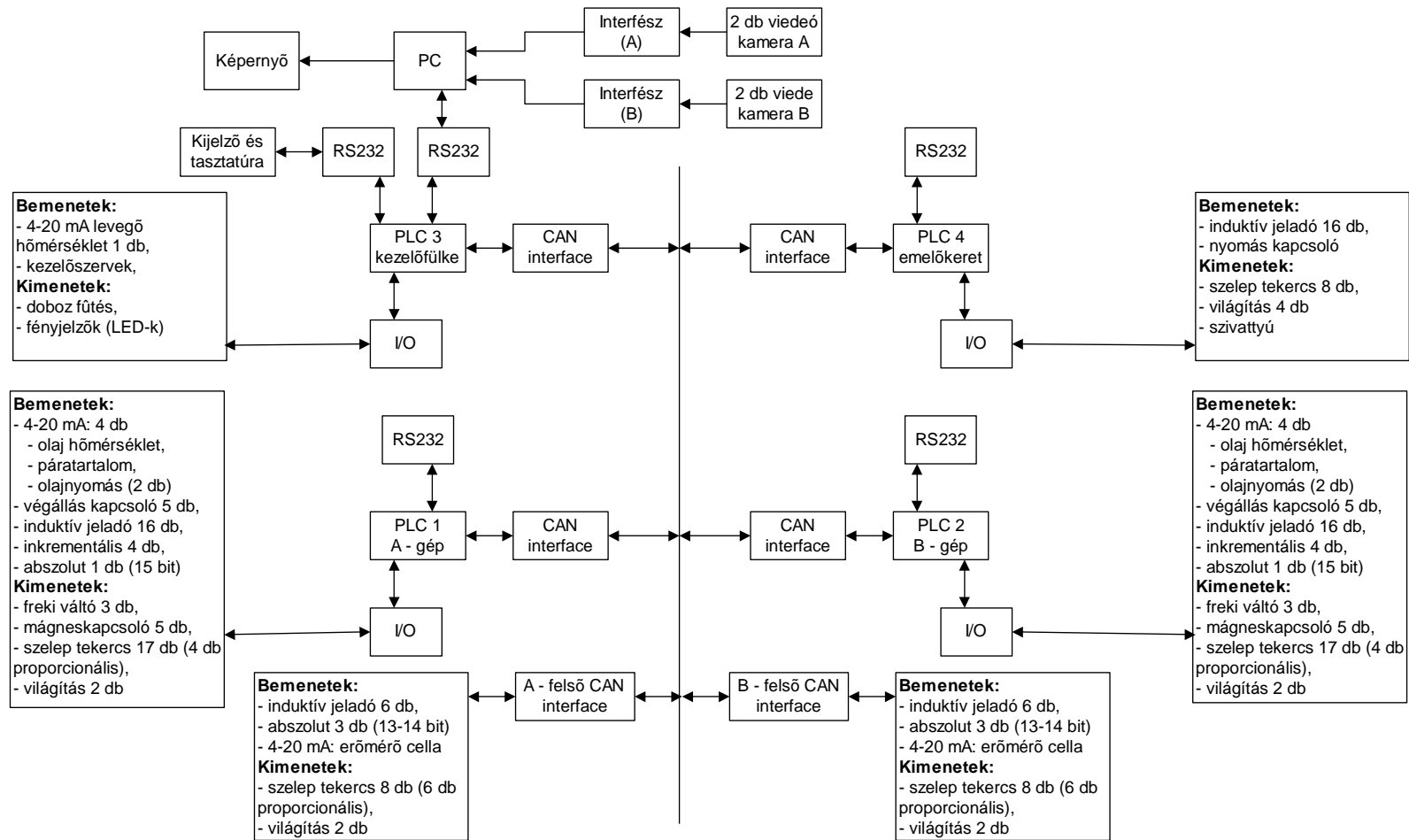
24. Az ár a fuvarválasztást milyen mértékben befolyásolja? (1 – nem fontos; 5 – nagyon fontos)

1	18%
2	0%
3	0%
4	64%
5	18%

25. Az áru időben való megérkezése mennyire fontos cégük számára? (1 – nem fontos; 5 – nagyon fontos)

1	9%
2	0%
3	0%
4	45%
5	45%

2. HCT vezérlőrendszer blokkvázlat



3. Árkalkuláció

Az alábbi kalkuláció lényege, hogy egy kiválasztott viszonylatban (Záhony - Sopron) naponta egy vonatpárt közlekedtetve bemutatni az javasolt vasúti-közúti intermodális áruszállítás költségeit, nyereségét. A kalkuláció a 6. sorban feltüntetett kihasználtság figyelembevétel három változatot tartalmaz. A kalkuláció a külföldi szakemberekkel való megosztás érdekében angol nyelven készült.

Destination: Záhony-Miskolc-Hatvan-Bp. Ferencváros-Budaörs-Tatabánya-Győr-Sopron (In Hungary, East - West)

A cellák szín jelölése (csak az Excel változatban számolódik újra):

- Changeable input date
- Changeable date for efficiency

Rail cost calculation

No.	Recorded data	Dates of pilot project	Dates of pilot project	Dates of pilot project
1	Distance (Záhony-Sopron; km)	600	600	600
2	Number of railway wagons (pcs)	30	30	30
3	Wagon weight (Sgnss; ton)	24	24	24
4	Number of transportable containers (TEU)	90	90	90
5	Average weight of TEU (ton)	16	16	16
6	Utilization (%)	70	80	100
7	Number of stations (pcs)	12	12	12
8	Train weight (ton)	1 728	1 872	2 160
9	Price of electricity (€/kWh; 24 Ft/kWh)	0,075	0,075	0,075
10	Specific electric power consumption (kWh/train ton km)	2,08	2,08	2,08
11	Locomotive need (hour; 2 hour/100 km)	12	12	12
12	Wagon hire (€/psc/day)	17	17	17
13	Number of trains (pcs/day)	2	2	2
14	Number of working days (days)	250	250	250

Unit cost date (By DD 2018-2019)

15	Route fee (0,025 €/train km; 8 Ft/v.km)	0,025	0,025	0,025
16	Transportation fee:			
17	- by weight (€/train ton km; 0,22 Ft/v.km/t)	0,0075	0,0075	0,0075
18	- by distance (€/km; 421 Ft/v.km)	1,31	1,31	1,31
19	Station usage (€/station; 4.650 Ft/station)	14,2	14,2	14,2
20	Intermediate station usage (€/station; terminated)			
21	Upper wire usage (€/km; 61 Ft/km)	0,19	0,19	0,19

22	Locomotive coast (€/hour, with state aid; 23.831 Ft/hour)	74,37	74,37	74,37
23	Train admission cost (4.101 Ft/person/hour)	12,80	12,80	12,80

Cost per train

24	Route cost (€)	15	15	15
25	Locomotive cost (€)	892	892	892
26	Wagons cost (€)	510	510	510
27	Transport costs:			
28	- by weight (€)	7 776	8 424	9 720
29	- by distance (€)	786	786	786
30	Station usage (€)	199	199	199
31	Intermediate station usage (€)	0	0	0
32	Contact line usage (€)	114	114	114
33	Electricity cost (€)	1 617	1 752	2 022
34	Train admission cost (€)	13	13	13
35	Coast per train (€/train):	11 922	12 705	14 271
36	Rail company management rate (%)	20	20	20
37	Rail company coast (€/train)	14 307	15 246	17 125
38	Coast rate of rail operator company (%)	20	20	20
39	Full coast per train (€/train):	17 168	18 296	20 550
40	Unit cost of TEU (€/TEU):	273	254	228
41	Unit cost of TEU/km (€/TEU/km):	0,45	0,42	0,38
42	Annual rail cost (€/year)	5 961 224	6 352 616	7 135 400

Calculate other costs (on Intermodal Transshipment Point)

43	Cost of railway area (€)	360 000	360 000	360 000
44	Rent of railway area (€/m ² /month)	1,25	1,25	1,25
45	The size of the leased area (m ² /transshipment point)	8 000	8 000	8 000
46	Rental fee (€/year)	120 000	120 000	120 000
47	Number of intermodal transfer points (pcs)	3	3	3
48	HCT rental and operation costs	300 000	300 000	300 000
49	HCT rental pro year (€/pcs/year; 10%/év)	56 250	56 250	56 250
50	HCT maintenance and operation (€/pcs/year)	43 750	43 750	43 750
51	Number of lifting (psc/TEU)	4	4	4
52	Number of lifting per year on one ITP (psc/year)	42 000	48 000	60 000
53	Transshipment coast (€/pcs)	2,4	2,1	1,7
54	Cost of road pre- and post-running	3 173 686	3 627 069	4 533 837
55	Unit cost of road pre- and post-running (€/km)	2,5	2,5	2,5
56	Average distance of road pre- and post-running (km)	40	40	40
57	Number of containers (pcs/day)	126	144	180
58	All other coasts (€/year):	3 833 686	4 287 069	5 193 837

Sales calculation (income)

59	Average transport distance (km)	350	350	350
60	Average road cost (€/km) Competitive price!	1,1	1,1	1,1
61	Discount on road prices (%)	15	15	15
62	Billed shipping cost (€/km/TEU; 16 t/TEU)	0,93	0,93	0,93
63	Number of transshipped containers (pcs/train)	63	72	90
64	Turnover per train (€/train):	20 612	23 556	29 446
65	Unit revenue of TEU (€/TEU):	327	327	327
66	State aid rate (%)	0	0	0
67	Unit revenue of TEU with state aid (€/TEU):	327	327	327
68	Yearly income (€/year)	10 305 928	11 778 203	14 722 754

Calculation of profits

69	Rail side costs (€)	5 961 224	6 352 616	7 135 400
70	All other costs (€)	3 833 686	4 287 069	5 193 837
71	Sales calculation (income, €)	10 305 928	11 778 203	14 722 754
72	Annual profit (€/year)	511 018	1 138 518	2 393 518

4. Menetidő kalkuláció

Térköz idő adatok:⁹³

- 0 perc ha gyorsabb vonatot lassabb követ
- 2 perc azonos sebességű vonatok esetén
- 5 perc ha lassabb vonatot gyorsabb követ

Az alábbi táblázat a MÁV menetrend a 2019-2020-as évre⁹⁴ vonatkozó vonatindulási adatait tartalmazza a lehetséges konténerszállító vonat kiegészítésekkel, melyek zöld színnel vannak megadva. A pirossal jelzett adatok a menetrend alapján feltételezett adatok.

Ssz	Vonat-szám	Bp.Köki	Monor	Cegléd	Szolnok	Püspök-ladány	Debrecen	Nyíregy-háza	Szerencs	Miskolc	Füzesabony	Hatvan	Gödöllő	Bp. Rákos
		0	15	65	20	77	44	50	50	38	80	60	31	28
1	2610	0.58	1.27	2.03	2.24									
2	KONT 01	1.00	1.15/1.30	2.20/2.35	2.55/3.10	4.10/4.25	5.00/5.20	6.05/6.20	7.10/7.20	8.00/8.15	9.15/9.25	10.15/10.30	10.55/11.10	11.40
3	2630	1.58	2.27	3.03	3.24									
4	5049										3.00	3.50		
5	5029										3.50	4.40		
6	5119							3.06	3.59	4.35				
7	6010					4.18	4.56							

⁹³ [https://www.mavcsoport.hu/sites/default/files/upload/public-procurement/document/public/f. 2. sz. forgalmi utasitas fuggelekei.pdf](https://www.mavcsoport.hu/sites/default/files/upload/public-procurement/document/public/f.2.sz.forgalmi_utasitas_fuggelekei.pdf) 129. oldal

⁹⁴ https://www.mavcsoport.hu/sites/default/files/upload/page/2019-2020_evi_belfoldi_kozforgalmu_menetrend_12.13.pdf

8	5129							4.40	5.43	6.19				
Ssz	Vonatszám	Bp.Köki	Monor	Cegléd	Szolnok	Püspök-ladány	Debrecen	Nyíregyháza	Szerencs	Miskolc	Füzesabony	Hatvan	Gödöllő	Bp. Rákos
		0	15	65	20	77	44	50	50	38	80	60	31	28
9	6210						4.19	5.01						
10	KONT 02	2.00	2.15/2.30	3.20/3.35	3.55/4.10	5.10/5.25	6.00/6.20	7.05/7.20	8.10/8.20	9.00/9.15	10.15/10.25	11.15/11.30	11.55/12.10	12.40
11	IC 519							5.26		6.27	7.06			8.15
12	5139							5.38	6.40	7.13				
13	6230					4.55	5.38	6.20						
14	6110					5.18	5.53	6.35						
15	6120				4.50	5.48	6.34	7.16						
16	2620	2.58	3.27	3.04	4.25									
17	KONT 03	3.00	3.15/3.30	4.20/4.35	4.55/5.10	6.10/6.25	7.00/7.20	8.05/8.20	9.10/9.20	10.00/10.15	11.15/11.25	12.15/12.30	12.55/13.10	13.40
18	6012					6.08	6.41							
19	IC 682						6.53	7.26	8.02	8.27	9.07			10.15
20	6240	3.58	4.27	4.04	5.29	6.37	7.19	8.01						
21	KONT 04	4.00	4.15/4.30	5.20/5.35	5.55/6.10	7.10/7.25	8.00/8.20	9.05/9.20	10.10/10.20	11.00/11.15	12.15/12.25	13.15/13.30	13.55/14.10	14.40
22	7020	4.28	4.57	5.35										
23	6250			5.34	5.56	6.54	7.40	8.22						
24	5117							8.38	9.43	10.19				
25	2710	4.53	5.22											
26	KONT 05	5.00	5.15/5.30	6.20/6.35	6.55/7.10	8.10/8.25	9.00/9.20	10.05/10.20	11.10/11.20	12.00/12.15	13.15/13.25	14.15/14.30	14.55/15.10	15.40
27	6260	5.18	5.38	6.14	6.50	7.52	8.38	9.20						
28	2720	5.23	5.52											
29	2730	5.53	6.22											
30	IC 700	6.07		6.48										
31	KONT 06	6.10	6.25/6.40	7.30/7.45	8.05/8.20	9.20/9.35	10.10/10.30	11.15/11.30	12.20/12.30	13.10/13.25	14.25/14.35	15.25/15.40	16.05/16.20	16.50
32	2612			6.54	7.15									
33	2812	6.18	6.38	7.12										
34	2740	6.23	6.52											
35	5009									3.28	4.17	5.13	5.40	6.07

92	5227								10.43	11.19				
Ssz	Vonatszám	Bp.Köki	Monor	Cegléd	Szolnok	Püspök-ladány	Debrecen	Nyíregyháza	Szerencs	Miskolc	Füzesabony	Hatvan	Gödöllő	Bp. Rákos
		0	15	65	20	77	44	50	50	38	80	60	31	28
93	IC 722	907		947										
94	KONT 09	9.10	9.25/9.40	10.30/10.45	11.05/11.20	12.20/12.35	13.10/13.30	14.15/14.30	15.20/15.30	16.10/16.25	17.25/17.35	18.25/18.40	19.05/19.20	19.50
95	3015											11.15	11.44	12.12
96	2842	9.18	9.38	10.12										
97	2762	9.23	9.52											
98	IC 602	9.37		10.18	10.38	11.22	11.53	12.24						
99	3215												12.14	12.42
100	5115							12.38	13.43	14.19				
101	6214			10.24	10.50	11.48	12.38	13.20						
102	2772	9.53	10.22											
103	545										11.28	12.09	12.30	12.45
104	IC 732	10.07		10.47										
105	KONT 10	10.10	10.25/10.40	11.30/11.45	12.05/12.20	13.20/13.35	14.10/14.30	15.15/15.30	16.20/16.30	17.10/17.25	18.25/18.35	19.25/19.40	20.05/20.20	20.50
106	IC 515									11.29	12.07			13.15
107	2814	10.18	10.38	11.12										
108	2714	10.23	10.52											
109	IC 654	10.37		11.18	11.38	12.22	12.53	13.24	14.02	14.29	15.07			16.15
110	1134									11.34	12.26			
111	S 6204	10.42		11.24	11.50	12.48	13.38	14.20						
112	2724	10.53	11.22											
113	IC 704	11.07		11.47										
114	KONT 11	11.10	11.25/11.40	12.30/12.45	13.05/13.20	14.20/14.35	15.10/15.30	16.15/16.30	17.20/17.30	18.10/18.25	19.25/19.35	20.25/20.40	21.05/21.20	21.50
115	2824	11.18	11.38	12.12										
116	2734	11.23	11.52											
117	IC 604	11.37		12.18	12.38	13.22	13.53	14.24						
118	5125							14.38	15.43	16.19				
119	6234						14.04	14.46						

120	738	11.42		12.36										
Ssz	Vonat- szám	Bp.Köki	Monor	Cegléd	Szolnok	Püspök- ladány	Debrecen	Nyíregy- háza	Szerencs	Miskolc	Füzesabony	Hatvan	Gödöllő	Bp. Rákos
		0	15	65	20	77	44	50	50	38	80	60	31	28
121	3025											12.15	12.44	13.12
122	6244			12.24	12.50	13.48	14.38	15.20						
123	2744	11.53	12.22											
124	IC714	12.07		12.48										
125	KONT 12	12.10	12.25/12.40	13.30/13.45	14.05/14.20	15.20/15.35	16.10/16.30	17.15/17.30	18.20/18.30	19.10/19.25	20.25/20.35	21.25/21.40	22.05/22.20	22.50
126	2834	12.18	12.38	13.12										
127	2754	12.23	12.52											
128	3225												13.14	13.42
129	IC 656	12.37		13.18	13.38	14.22	14.53	15.26	16.02	16.29	17.07			18.15
130	6126						15.04	15.46						
131	S 6294			13.24	13.50	14.48	15.38	16.20						
132	IC 614			14.18	14.38	15.22	15.53	16.24						
133	KONT 13	13.10	13.25/13.40	14.30/14.45	15.05/15.20	16.20/16.35	17.10/17.30	18.15/18.30	19.20/19.30	20.10/20.25	21.25/21.35	22.25/22.40	23.05/23.20	23.50
134	EC 143	13.44		14.43	15.03	15.56								
135	5113							16.38	17.43	18.19				
136	6226					15.25	16.04	16.46						
137	EC 686					16.02	16.32							
138	6216			14.24	14.50	15.48	16.38	17.20						
139	KONT 14	14.10	14.25/14.40	15.30/15.45	16.05/16.20	17.20/17.35	18.10/18.30	19.15/19.30	20.20/20.30	21.10/21.25	22.25/22.35	23.25/23.40	0.05/0.20	0.50
140	IC 658			15.18	15.38	16.22	16.53	17.26	18.02	18.29	19.07			20.15
141	S 6206	14.42		15.24	15.50	16.48	17.38	18.20						
142	2866	14.48	15.08	15.42										
143	2726	14.53	15.22											
144	IC 706	15.07		15.48										
145	KONT 15	15.10	15.25/15.40	16.30/16.45	17.05/17.20	18.20/18.35	19.10/19.30	20.15/20.30	21.20/21.30	22.10/22.25	23.25/23.35	0.25/0.40	1.05/1.20	1.50
146	3035											13.15	13.44	14.12
147	3235												14.14	14.42

148	555										13.28	14.09	14.30	14.45
Ssz	Vonatszám	Bp.Köki	Monor	Cegléd	Szolnok	Püspök-ladány	Debrecen	Nyíregyháza	Szerencs	Miskolc	Füzesabony	Hatvan	Gödöllő	Bp. Rákos
		0	15	65	20	77	44	50	50	38	80	60	31	28
149	IC 505									13.29	14.07	14.09		14.45
150	3045											14.15	14.44	15.12
151	2616			15.45	16.15									
152	2826	15.18	15.38	16.12										
153	2736	15.23	15.52											
154	3245												15.14	15.42
155	S 5205									13.34	14.28	15.09	15.30	15.45
156	3055											15.15	15.44	16.12
157	3213												16.14	16.42
158	IC 606	15.37		16.18	16.38	17.22	17.56	18.27						
159	6296			16.24	16.45									
160	5123							18.38	19.43	20.19				
161	543										15.28	16.09	16.30	16.45
162	S 6236	15.42		16.24	16.50	17.48	18.38	19.20						
163	2876	15.48	16.08	16.42										
164	2746	15.53	16.22											
165	3013											16.15	16.44	17.12
166	IC 513									15.29	16.07			17.15
167	3223												17.14	17.42
168	IC 716	16.07		16.47										
169	2626			16.54	17.15									
170	16906	16.11		16.54	17.20	18.24	19.04	19.46						
171	2836	16.18	16.38	17.12										
172	KONT 16	16.20	16.35/16.50	17.40/17.55	18.15/18.30	19.30/19.45	20.20/20.40	21.25/21.40	22.30/22.40	23.20/23.35	0.35/0.45	1.35/1.50	2.15/2.30	3.00
173	5043										16.10	17.04		
174	2756	16.23	16.52											
175	5063										16.10	16.58		

203	3011											19.15	19.44	20.12
Ssz	Vonatszám	Bp.Köki	Monor	Cegléd	Szolnok	Püspök-ladány	Debrecen	Nyíregyháza	Szerencs	Miskolc	Füzesabony	Hatvan	Gödöllő	Bp. Rákos
		0	15	65	20	77	44	50	50	38	80	60	31	28
204	2818	18.18	18.38	19.12										
205	KONT 18	18.20	18.35/18.50	19.40/19.55	20.15/20.30	21.30/21.45	22.20/22.40	23.25/23.40	0.30/0.40	1.20/1.35	2.35/2.45	3.35/3.50	4.15/4.30	5.00
206	2718	18.23	18.52											
207	5051									18.34	19.24			
208	3221												20.14	20.42
209	IC 608	18.37		19.18	19.38	20.22	20.53	21.24						
210	S 6208	18.42		19.24	19.50	20.48	21.38	22.20						
211	2868	18.48	19.08	19.42										
212	2728	18.53	19.22											
213	Ex 16706	18.55		19.34										
214	541										19.28	20.12	20.33	20.54
215	IC 708	19.07		19.47										
216	2618			19.54	20.15									
217	2828	19.18	19.38	20.12										
218	KONT 19	19.20	19.35/19.50	20.40/20.55	21.15/21.30	22.30/22.45	23.20/23.40	0.25/0.40	1.30/1.40	2.20/2.35	3.35/3.45	4.35/4.50	5.15/5.30	6.00
219	2738	19.23	19.52											
220	3021											20.15	20.44	21.12
221	IC 181									19.29	20.07			21.15
222	S 15203								18.43	19.34	20.28	21.09	21.30	21.45
223	IC 618	19.37		20.18	20.38	21.22	21.53	22.24						
224	Ex 1786	19.42		20.22										
225	2678			20.24	20.45									
226	2878	19.48	20.08	20.42										
227	2748	19.53	20.22											
228	3031											21.15	21.44	22.12
229	EC 147	19.53		20.44	21.04	22.02	22.37	23.08						
230	1511							19.26	20.04	20.34	21.28	22.09	22.30	22.45

231	IC 718	20.07		20.48										
Ssz	Vonatszám	Bp.Köki	Monor	Cegléd	Szolnok	Püspök-ladány	Debrecen	Nyíregyháza	Szerencs	Miskolc	Füzesabony	Hatvan	Gödöllő	Bp. Rákos
		0	15	65	20	77	44	50	50	38	80	60	31	28
232	2838	20.18	20.38	21.12										
233	KONT 20	20.20	20.35/20.50	21.40/21.55	22.15/22.30	23.30/23.45	0.20/0.40	1.25/1.40	2.30/2.40	3.20/3.35	4.35/4.45	5.35/5.50	6.15/6.30	7.00
234	IC 628	20.37		21.18	21.38	22.22	22.53	23.24						
235	6128						22.56	23.38						
236	S 6008	20.42		21.24	21.50	23.48	23.21							
237	1686	20.46	21.07	21.30	21.51									
238	5221								20.43	21.19				
239	3041											22.15	22.44	23.12
240	2888	20.48	21.08	21.54	22.15									
241	2758	20.53	21.22											
242	IC 728	21.07		21.47										
243	KONT 21	21.10	21.25/21.40	22.30/22.45	23.05/23.20	0.20/0.35	1.10/1.30	2.15/2.30	3.20/3.30	4.10/4.25	5.25/5.35	6.25/6.40	7.05/7.20	7.50
244	2848	21.18	21.38	22.12										
245	S 6108	21.42		22.24	22.50	23.48	0.21							
246	2768	21.58	22.27											
247	KONT 22	22.00	22.15/22.30	23.20/23.35	23.55/0.10	1.10/1.25	2.00/2.20	3.05/3.20	4.10/4.20	5.00/5.15	6.15/6.25	7.15/7.30	7.55/8.10	8.40
248	7028; S 6098	22.18	23.02	23.28	23.50	0.48	1.21							
249	5111								22.20	22.56				
250	5021									23.00	23.50			
251	2698	22.48	23.08	23.44	0.05									
252	2638	22.58	23.28	0.03	0.24									
253	KONT 23	23.00	23.15/23.30	0.20/0.35	0.55/1.10	2.10/2.25	3.00/3.20	4.05/4.20	5.10/5.20	6.00/6.15	7.15/7.25	8.15/8.30	8.55/9.10	9.40
254	17008	23.14		23.54										
255	2648	23.58	0.28	1.03	1.24									
256	KONT 24	24.00	0.15/0.30	1.20/1.35	1.55/2.10	3.10/3.25	4.00/4.20	5.05/5.20	6.10/6.20	7.00/7.15	8.15/8.25	9.15/9.30	9.55/10.10	10.40

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném kifejezni köszönetemet és hálámat mindazoknak, akik támogatásukkal hozzájárultak az értekezés elkészültéhez.

Különösképpen szeretnék köszönetet mondani tudományos vezetőmnek, Dr. Illés Béla Professzor Úrnak, akinek szakmai iránymutatása és erkölcsi támogatása nélkülözhetetlen segítséget jelentett a kutatómunkám sikeres elvégzéséhez. Ugyancsak köszönetemet fejezem ki Dr. Bányainé Dr. Tóth Ágotának, aki segéd témavezetőként támogatta a kutató munkámat.

Szintén szeretném megköszönni a Logisztikai Intézet teljes kollektívájának a tőlük kapott szakmai és erkölcsi támogatást. Továbbá szeretném megköszönni a Gépészmérnöki és Informatikai Kar, valamint a Hatvany József Informatikai Tudományok Doktori Iskola vezetőségének, hogy a már nem pályakezdő kutatók számára lehetőséget biztosítottak a magas szintű kutatómunka elvégzését lehetővé tevő feltételek megteremtésében és biztosításában. A munkámban emellett lényeges és több szempontból meghatározó segítséget jelentett, hogy támaszkodhattam a Logisztikai Intézet széleskörű nemzetközi és ipari kapcsolatrendszerére, valamint lehetőségem adódott részt venni az intézetben futó olyan projekteken is, mint amilyen a H2020 UMi-TWINN volt.

Végül szeretnék köszönetet mondani a családomnak, akik mindvégig bíztattak és mellettem álltak az elvégzett munka során.