

„Ember a városi közlekedésben”

City Rail 2023

Tudományos Konferencia

Balatonfenyves

2023. szeptember 6-7.

City-Rail 2023 Konferencia

ISBN 978-615-82294-1-8 nyomtatott változat

ISBN 978-615-82294-2-5 PDF változat

„Ember a városi közlekedésben”

CITY RAIL 2023 TUDOMÁNYOS KONFERENCIA

EGYÜTTMŰKÖDÉSBEN

A XXIII. VÁROSI KÖZLEKEDÉS AKTUÁLIS KÉRDÉSEI

KONFERENCIÁVAL

Balatonfenyves

2023. szeptember 6-7.

BKV. ÖNNEK JÁR.

CITY RAIL 2023 TUDOMÁNYOS KONFERENCIA
EGYÜTTMŰKÖDÉSBEN
A XXIII. VÁROSI KÖZLEKEDÉS AKTUÁLIS KÉRDÉSEI KONFERENCIÁVAL

KTE

Első nap (2023. szeptember 6. szerda)

	Főépület (üdülői étterem)	Szekciók (Söröző / Csónakház épülete)
8:15 – 9:30	Regisztráció	
9:30 – 9:50	Köszöntők	
9:50 – 10:50	Plenáris előadások	
10:50 – 11:10	Szünet	
11:10 – 12:50	Plenáris előadások	
12:50 – 14:00	Ebéd az "A" épületben	
14:00 – 15:40	Plenáris előadások Felmerült kérdések megválaszolása	
15:40 – 16:00	Szünet	
16:00 – 16:50	I.szekciós kerekasztal beszélgetés Közlekedési lehetőségek és kapcsolataik	II. és III. szekciós előadások Felmerült kérdések megválaszolása
16:50 – 17:40	I.szekciós kerekasztal beszélgetés Az ember, mint munkavállaló a közlekedésben	
17:40 – 18:00	Szünet	
18:00 – 19:40	Egyéb program lehetőségek: kézművessör-kóstolás Fonyódon MÁV KÖFI látogatás	
19:40 – 20:00		
20:00 – 22:00	Gálavacsora	
22:00 – 23:59		Kötetlen beszélgetési lehetőség a Söröző épületében

Második nap (2023. szeptember 7. csütörtök)

	Főépület (üdülői étterem)
8:00 – 9:00	Reggeli az "A" épületben
9:00 – 10:40	Plenáris előadások
10:40 – 11:00	Szünet
11:00 – 12:10	Plenáris előadások, felmerült kérdések megválaszolása
12:10 – 12:30	Szünet
12:30 – 13:10	Plenáris előadás
13:10 – 13:40	Konferencia zárása, elköszönés
13:40 – 15:00	Ebéd az "A" épületben

A Konferencia alatt jelentkezni lehet a Konferenciát követően lebonyolításra kerülő opcionális szakmai programokra

Budafok Villamos Kocsiszín
M4 metró, M3 metró szimulátor



A programváltozás jogát a szervezők fenntartják!

„Ember a városi közlekedésben”

a XXIII. Városi Közlekedés aktuális kérdései és a CITY RAIL 2023 Tudományos Konferencia résztvevőinek köszöntése

Szeptember és Balatonfenyves. Ez a két szó sokunk számára automatikusan egy-egy jó hangulatú emléket hoz elő a múltunkból, melyben szakmai előadások és szabadidős programok képe is megjelenik. Számunkra ez a városi közösségi közlekedés minden évben ismétlődő eseménye, melyet immár huszonharmadszor van alkalmunk ünnepelni. Az ünneplés ezen különleges módja lehetőséget ad a városi közösségi közlekedéssel foglalkozó szakemberek számára egy olyan találkozásra, melynek keretét két, mára már egybeforrott konferencia egymást kiegészítő programjai biztosítják. A hagyományokat büszkén tovább vivő „Városi Közlekedés” és az üzemeltetői nézőpontot előtérbe helyező „CITY RAIL 2023” konferenciák közös keretén belül, az évközben eltérő munkahelyeken dolgozó résztvevők meg tudják osztani egymással a közösségi közlekedés működtetésével, fejlesztésével kapcsolatos gondolataikat, javaslataikat.

A CITY RAIL 2023 konferencia speciális, üzemeltetői szemszögből tekinti át a városi közösségi közlekedéshez és a kötöttpályás hálózaton lebonyolításra kerülő szolgáltatáshoz kapcsolódó kérdéseket, és mindemellett a műszaki és tudományos világ számos fejlesztése is bemutatásra kerül az előadások során, a konferencia kiadványban és az online elérhetővé tett cikkekben. Az idei évben az *„Ember a városi közlekedésben”* konferencia mottóval szeretnénk ráirányítani a figyelmet a közösségi közlekedésben résztvevő utasokra és munkavállalókra, akikben különböző igények merülnek fel a közösségi közlekedéssel úgy szolgáltatással, mint munkahellyel kapcsolatban. Egy elvárás azonban minden érintettnél jelen van: igény a minél magasabb színvonalú szolgáltatásra. Ez az elvárás a korszerű járműveken és infrastrukturális eszközökön megvalósításra kerülő biztonságos és komfortos utazás során teljesülhet mind a szolgáltatást igénybe vevők, mind az azt nyújtók számára is. A közösségi közlekedési szolgáltatást igénybe vevők elvárásainak való megfelelés alapvető célként van jelen valamennyi közlekedésszervező, üzemeltető és fejlesztő társaság életében. Ennek megvalósítása során a változó világunk újabb és újabb kihívásaihoz minden érintettnek napi szinten szükséges alkalmazkodni. Mindezeknek – szolgáltató társaságként – megfelelni csak úgy lehet, ha a szakmájukban elhivatott és jól képzett szellemi és fizikai munkavállalók biztosítják a legalapvetőbb feltételt, a humán erőforrást. A konferencia szervezői ennek fontosságát felismerve adtak teret a munkaerő megszerzése, megtartása és motiválása terén szerzett tapasztalatok széles körű megosztásának. A közép- és felsőfokú duális szakképzési programok ismertetése mellett a humán területen kialakított „best practices” bemutatásával szeretnénk ötleteket adni a konferencia résztvevőinek, azoknak a saját munkahelyükre való adaptálásra.

A jelen kiadványban megjelenő magas színvonalú szakmai cikkeket publikáló előadóinknak külön köszönetet mondok azért, hogy szakmai ismereteik, tapasztalataik megosztásával nagymértékben járulnak hozzá az olvasók látókörének és reményeink szerint a probléma megoldási lehetőségeiknek a bővítéséhez.

A Konferencia résztvevőit, mint a városi környezet fejlődésében aktív szerepet vállaló szakembereket arra bíztatom, hogy éljenek a rendezvény nyújtotta lehetőségekkel. Ehhez hasznos, tartalmas és eredményes részvételt, időtöltést kívánok!

Ezen gondolatok szellemében várjuk Önöket Balatonfenyvesen, 2023. szeptember 6-7-ei napokon!

Dr. Takács Péter
vezérigazgató-helyettes
BKV Zrt.

A Konferenciát követően a szakmai anyagok elérhetők lesznek a BKV Zrt. honlapján (http://www.bkv.hu).

„Man in Urban Transport”

Current Issues of „Városi Közlekedés” (Urban Transport) XXIII. and Welcoming Participants of CITY RAIL 2023 Scientific Conference

September and Balatonfenyves. For many of us, these two words wake up automatically some pleasant memories from the past, in which the pictures of professional presentations and leisure time programmes emerge. For us, it is the annually repeated event of urban public transport, which we have the opportunity now to celebrate for the 23rd time. This special celebration provides a gathering for experts of urban public transport, the framework of which is set by the complemental programmes of two conferences, which have already coalesced. Within the conjoint framework of „Városi Közlekedés” (Urban transport), which is proud to keep on the tradition, and „CITY RAIL 2023”, which focuses on the operator's aspects, the participants working on different workplaces during the year can share their thoughts and suggestions in respect of operation and development of public transport.

CITY RAIL 2023 conference reviews the issues of urban public transport and of the services provided through rail bound networks and, besides this, several developments of the technical and scientific world is introduced during the presentations, in the conference publication and in the articles published on-line. This year, with the conference motto “Man in Urban Transport” we would like to draw attention to the passengers and employees participating in public transport, who have various needs concerning public transport both as a service and as a workplace. There is one expectation present at each and every player: the need for as high quality service as possible. This expectation of both of the users and the service providers can be met by comfortable journeys with up-to-date vehicles and infrastructure equipment. Satisfying the expectations of public transport users as a basic target is present in the life of every transport organizer, operator and developer company. Each player has to adapt to the ever renewing challenges day by day. You can answer all these requirements – as an operator company – only if the most basic condition is satisfied: your human resources consist of professionally committed and well-trained intellectual and blue-collar workers. Realizing the importance of this, the conference organizers give space to share comprehensively the experiences in recruiting, keeping and motivating workforce. In addition to presenting the dual vocational training programmes of secondary and higher education, we would like to give the participants ideas for adapting them to their own workplaces by presenting the „best practices” developed in the field of human resources.

I express my special thanks to our lecturers who release high-quality professional articles in this publication for sharing their professional knowledge and experiences, this way contributing to broadening the horizons of the readers and, hopefully, to the possibilities for the solution of the problems.

I urge the participants of the Conference, as active players in the development of the urban environment to seize the opportunity provided by the event.

I wish you useful, meaningful and effective participation and pastime.

In the spirit of these thoughts we are looking forward to meeting you on 6-7th September, 2023 in Balatonfenyves.

Dr. Péter Takács
Deputy CEO, BKV Zrt.

The professional materials will be available on the website of BKV Zrt. after the Conference (http://www.bkv.hu).

City Rail 2023 Konferencia

Balatonfenyves 2023. szeptember 6-7.

Tartalom

Bevezető gondolatok 3

Introductory Thoughts 4

Tartalomjegyzék 5

Konferencia program 7

Cikkek – Kivonatok

A minőség szerepe a városi közlekedési közszolgáltatási rendszerekben
Borbás Péter Dániel 12

A közösségi közlekedés szerepe a térgazdaság versenyképességében
A centrum-periféria reláció nemzetgazdasági összefüggéseinek kapcsolatrendszerei
Dr. Káposzta József, Dr. Tóth Tamás 31

Közlekedési stakeholderek döntési karakterisztikái
Dr. Tóth János, Aba Attila 47

A fenntartható zöld közlekedés lehetőségeinek vizsgálata
Dr. Döbrei István, Kovács Márton, Mészáros-Pintér Szilvia 57

A villamosjárművek energiafogyasztásának csökkentési lehetősége a közúti jelzőlámpa programok optimalizálásával
Jangel Mátyás 76

Közúti vasúti járművek villamosenergia-fogyasztás mérése
Varga József 85

A CAF villamosok klímaegységeinek túlmelegedési problémái, megoldási lehetőségek
Rácz Tamás 98

A 2022 decemberében bekövetkezett Combino villamosok összeütközésének balesetvizsgálati tapasztalatai, a járműveket érintő javítási lehetőségek és egy „új” villamos születése
Bohunka Gábor, Martinovics Attila 111

A Tátra T5C5K2 villamosok szoftverfejlesztése
Szabó Balázs, Nagy Evelin 125

Zaj- és rezgéscsökkentés aktuális helyzete a pályaszerkezeti elemek oldaláról a budapesti közúti vasúti villamos vonalhálózaton
Dr. Kiss Csaba 142

MFAV járművek vázszerkezet vizsgálata
Dr. Hartványi Tamás 154

ÉSZAK-DÉLI VILLAMOSVONAL fejlesztési lehetősége Miskolc Megyei Jogú Város területén
Demeter Péter, Juhász János 174

Az elmúlt hat évben lezajlott budapesti M3 metrófelújítás
Hernádi Péter 189

KONFERENCIA PROGRAM

szeptember 6., szerda

8^{15}	**Regisztráció**	
9^{30}	**Megnyitó**	
	Köszöntő	***Dr. Fónagy János*** *Gazdaságfejlesztési Minisztérium parlamenti államtitkára, miniszterhelyettes* ***Bolla Tibor*** *vezérigazgató, BKV Zrt.*
	A Szervezőbizottság köszöntője	***Eur. Ing. Bősze Sándor*** *KTE főtitkárhelyettes*
9^{50}	Szakmaiság és/vagy társadalmasítás a városi közlekedésben	***Balogh Samu,*** *Főpolgármesteri Kabinet vezetője (Főpolgármesteri Hivatal)*
10^{20}	Energiagazdálkodás és energiahatékonyság a BKV Zrt.-nél	***Dr. Takács Péter*** *vezérigazgató-helyettes (BKV Zrt.)*
10^{50}	**Szünet**	
11^{10}	Kihívások a napi üzemeltetésben a MÁV-START Zrt.-nél, járműfejlesztési tervek	***Dr. Kormányos László*** *vezérigazgató-helyettes (MÁV-Start Zrt.)*
11^{30}	A BKK stratégiája az emberi tényező figyelembevételével	***Dr. Walter Katalin*** *vezérigazgató (BKK Zrt.)*
11^{50}	A minőség szerepe a városi közlekedési közszolgáltatási rendszerekben	***Borbás Péter Dániel*** *villamos üzemigazgató (BKV Zrt.)*
12^{10}	A közösségi közlekedés szerepe a térgazdaság versenyképességében	***Dr. Káposzta József, Dr. Tóth Tamás*** *stratégiai szakértők (BKV Zrt.)*
12^{30}	Közösségi közlekedés Zürichben	***Majoros László*** *AS/GS Spezialist előadó Verkehrsbetriebe Zürich (VBZ)*
12^{50}	**Ebédszünet**	

14^{00}	A Budapesti Mobilitási Terv felülvizsgálata – kihívások és megoldások – forrásínség és klímaválság idején	***Bodor Ádám*** *mobilitásfejlesztési igazgató (BKK Zrt.)*
14^{20}	Közlekedési stakeholderek döntési karakterisztikái	***Tóth János – Aba Attila*** *tudományos segédmunkatárs (BME)*
14^{40}	A fenntartható zöld közlekedés lehetőségeinek vizsgálata	***Dr. Döbrei István*** *stratégiai és beszerzési igazgató (BKV Zrt.)*
15^{00}	A fenntarthatóság és a közlekedés szervezés összefüggései. MKSZ Szakmai előterjesztés néhány gondolata.	***EUR Ing. Bősze Sándor*** *főmérnök (KÖZLEKEDÉS Kft.)* ***Kovács Dénes*** *igazgató (Budapest Közút Zrt.)*
15^{20}	Kérdések és válaszok az elhangzottakhoz kapcsolódóan	

15^{40} Szünet

16^{00}	**Kerekasztal beszélgetés I. szekció (KTE)** Témája: Közlekedési lehetőségek és kapcsolataik Szekcióvezető: **Dr. Tóth János** – egyetemi docens, tanszékvezető (BME)	***Lendvai Tímea*** *(TIER)* ***Koralewsky Márk*** *(ShareNow)* ***Vető Bálint*** *(MOL LIMO)* ***Polgári István*** *– ügyvezető igazgató (V-Busz)* ***Dalos Péter*** *(BKK BUBI)* ***Veigl Gábor*** *– vezérigazgató (BAHART)*
16^{50}	**Kerekasztal beszélgetés II. (KTE)** Témája: Az ember, mint munkavállaló a közlekedésben. Képzés, továbbképzés – a közlekedési szektor jelene és jövője Szekcióvezető: **Dr. habil. Horváth Balázs** – dékán (Széchenyi István Egyetem)	***Németh Zsolt*** *– ügyvezető igazgató (Győri SZC. Bercsényi Miklós Közlekedési Technikum)* ***Kiss Mária*** *– pályaorientációs szervezet vezető (MÁV, Operatív HR Igazgatóság)* ***Majó-Petri Zoltán*** *– egyetemi docens (Szegedi Tudományegyetem Gazdaságtudományi Kar)* ***BKK előadó*** *(BKK)* ***Dr. Tősér Helga*** *– személyügyi és humánstratégiai osztályvezető (BKV Zrt.)*

A kerekasztal beszélgetésekkel egyidejűleg további szekcióülések kerülnek megtartásra

II. szekció **Moderátor: Nagy László (BKV)**

(a Söröző épületében kialakított teremben)

$16^{\underline{00}}$ A villamosjárművek energiafogyasztásának csökkentési lehetősége a közúti jelzőlámpa programok optimalizálásával	***Jangel Mátyás**, főosztályvezető (BKV Zrt.)*
$16^{\underline{20}}$ Közúti vasúti járművek villamosenergia-fogyasztás mérése	***Varga József**, osztályvezető (BKV Zrt.)*
$16^{\underline{40}}$ A CAF villamosok klímaegységeinek túlmelegedési problémái, megoldási lehetőségek	***Rácz Tamás**, üzemvezető (BKV Zrt.)*
$17^{\underline{00}}$ A 2022. decemberében bekövetkezett Combino villamosok összeütközésének balesetvizsgálati tapasztalatai, a járműveket érintő javítási lehetőségek és egy „új" villamos születése	***Bohunka Gábor** szakszolgálatvezető (BKV Zrt.)* ***Martinovics Attila** csoportvezető (BKV Zrt.)*
$17^{\underline{20}}$ Felmerülő kérdések megbeszélése	

$17^{\underline{40}}$ Szünet

III. szekció **Moderátor: Tóth Csaba (BKV)**

(a Csónakház épületében kialakított teremben)

$16^{\underline{00}}$ A Tátra T5C5K2 villamosok szoftverfejlesztése	***Nagy Evelin, Szabó Balázs** járműfenntartási mérnökök (BKV Zrt.)*
$16^{\underline{20}}$ Zaj és rezgéscsökkentés aktuális helyzete a pályaszerkezeti elemek oldaláról a budapesti közúti vasúti villamos vonalhálózaton	***Dr. Kiss Csaba** szolgálatvezető (BKV Zrt.)*
$16^{\underline{40}}$ MFAV járművek vázszerkezet vizsgálata	***Dr. Hartványi Tamás**, egyetemi docens (Széchenyi István Egyetem)*
$17^{\underline{00}}$ Alstom járművekkel kapcsolatos fejlesztések	***Billing András** szakszolgálatvezető (BKV Zrt.)*
$17^{\underline{20}}$ Felmerülő kérdések megbeszélése	

$17^{\underline{40}}$ Szünet

18^{00} Szakmai programlehetőség (a program 19^{40}-ig tart)

A MÁV Zrt. fonyódi központi forgalomirányítási rendszerének (KÖFI) megtekintése; indulás a BKV Zrt. különjárati turistabuszával a konferencia helyszínéről

18^{20} Kézművessör-kóstolási lehetőség (Balatonparton vagy a Söröző épületében)

20^{00} Gálavacsora

Szeptember 7., csütörtök

8^{00} Reggeli

9^{00}	Biztosítóberendezési funkciók integrációja a CBTC vonatvezérlő rendszerbe	***Gergely Balázs*** *projektmenedzser (Siemens Mobility)*
9^{20}	Észak-Déli villamosvonal fejlesztési lehetősége Miskolc Megyei Jogú Város területén	***Demeter Péter*** *vezérigazgató (MVK Zrt.)*
9^{40}	A debreceni villamosközlekedés jelene és jövője	***Tóth Szabolcs*** *vezérigazgató (DKV Zrt.)*
10^{00}	A vasútvillamos üzeme a Szegedi Közlekedési Társaság perspektívájából	***Dr. Németh Zoltán Ádám*** *közösségi közlekedési és vasútbiztonsági vezető (SZKT Kft.)*
10^{20}	Kihívásaink, válaszaink, lehetőségeink	***Keszthelyi Tibor*** *elnök vezérigazgató (FŐMTERV Zrt.)*

10^{40} Szünet

11^{00}	Az elmúlt hat évben lezajlott budapesti M3 metrófelújítás	***Hernádi Péter*** *projektvezető (Swietelsky Vasúttechnika Kft.)*
11^{20}	A munkavállalók megszerzésének, motiválásának és megtartásának gyakorlata és kihívásai a BKV Zrt.-nél humánpolitikai és üzemeltetői szemszögből	***Dr. Környei Éva*** *jogi és humánpolitikai igazgató* ***Nagy László*** *főosztályvezető (BKV Zrt.)*

11[40] A hazai járművezető oktatások helyzete, fejlesztési tervek

Bagosi Attila
csoportvezető (BKV Zrt.)

„Kérdés-felelet” a felmerült kérdésekhez kapcsolódóan

12[10] Szünet

12[30] Tapasztalatok itthon és Európa más tájairól – milyen kihívásokkal szembesül a közösségi közlekedés az évtized második felében?

Vitézy Dávid
közlekedéspolitikai szakértő,
korábbi közlekedésért felelős államtitkár

Konferencia összefoglalók, zárás, elköszönés

13[10] A „Városi Közlekedés” rész összefoglalása a KTE felkérésében — **Molnár László**

13[25] A „City-Rail” rész összefoglalása a BKV Zrt. felkérésében — **Dr. Takács Péter**
vezérigazgató-helyettes

Ebéd 13[40]-től 15[00]-ig

Opcionális szakmai program a konferenciát követően
BKV járműtelep látogatás
(Budafok Villamos Kocsiszín, M4 metró, M3 metró szimulátor)

Jelen program változtatásának a jogát a szervezők fenntartják!

A minőség szerepe a városi közlekedési közszolgáltatási rendszerekben

Borbás Péter Dániel[1]

[1] BKV Zrt. Vasúti Üzemeltetési Igazgatóság
Villamos Üzemigazgatóság
telefon: 06 70/339 4235
e-mail: borbasp@bkv.hu

Abstract

A városi térségek kiterjedésének és demográfiai súlyának növekedése együtt jár azzal, hogy a helyváltoztatási igények a belső területeken, valamint az agglomeráció és a városmag között is ugrásszerűen fejlődnek, így a lokális terek kapcsán hangsúlyos a közlekedés kérdésköre. Az erőforrások hatékony felhasználása és a környezetre gyakorolt negatív hatások csökkentése szempontjából indokolt átgondolni a közlekedésfejlesztés lehetséges és támogatandó lépéseit, a hosszútávú fenntarthatóság és élhetőség jegyében. A közösségi közlekedés szerepének erősítése egyértelmű célkitűzés, azonban éppen az erőforrások korlátossága okán a mennyiségi paraméterek fokozása mellett/helyett egyre hangsúlyosabban jelentkezik a szolgáltatási minőség javításának szükségessége, melynek minősítésére az objektív és szubjektív tényezők komplex rendszerének kialakítása lehet a megoldás.

Kulcsszavak: *mobilitási igény, közlekedéspolitika, közlekedési közszolgáltatás, szolgáltatási minőség*

Bevezetés

Évszázadokig jellemző volt a városokra, hogy a gazdasági és társadalmi események zártan, a városhatárokon belül zajlottak, a hozzájuk kapcsolódó, jellemzően rövidtávú helyváltoztatási igények pedig emberi, vagy állati izomerő hasznosításával kezelhetők voltak. A technika fejlődésével azonban tágulni kezdett a tér, megváltozott a városok és közvetlen környezetük szerepe a gazdasági és társadalmi (együtt)működés kapcsán, megindult a népességkoncentráció, és a területi növekedés, ami magában hordozta a személyközlekedés volumenének és sajátosságainak változását is. A városok életében meghatározóvá vált a társadalmi mobilitás szerepe, ugyanakkor ma már evidens, hogy szem előtt kell tartani azt is, hogy a dinamikus fejlődésnek milyen hatása van a fenntarthatóságra és élhetőségre.

1. A városi mobilitási igények változása

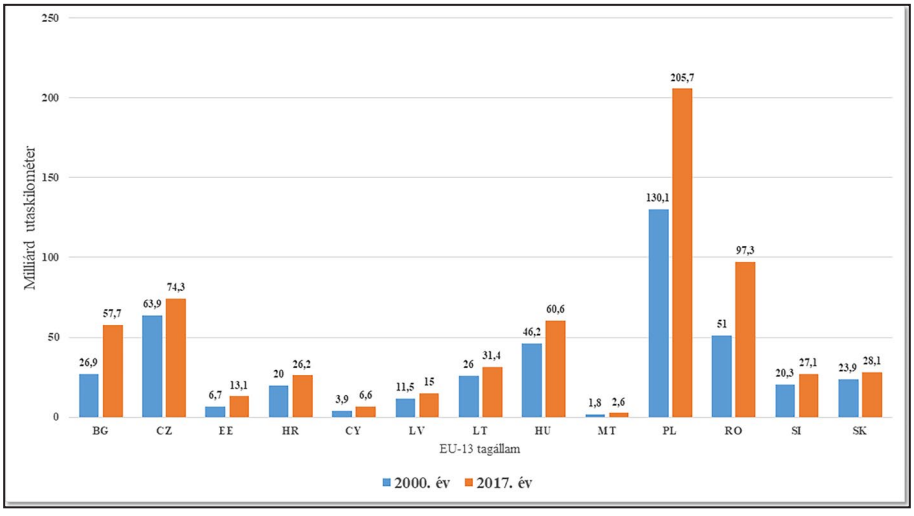
2021-ben közel 4 milliárd ember élt városokban, és az előrejelzések szerint ez a szám 2050-re bizonyosan 6 milliárd fölé fog emelkedni [1]. Egy másik aspektusból szemlélve, 2018-ban 1,7 milliárd ember, a világ népességének 23%-a, milliós nagyvárosban élt, 2030-ban pedig már 28% lesz ez az arány [2].

A mobilitási igények átalakulását az alábbi aktuális társadalmi változások indukálják [3]:

- az urbanizáció erőteljes növekedése,

- idősödő populáció (a világ népessége globálisan öregszik, ami különösen igaz Európára, az Amerikai Egyesült Államokra, Kínára, Japánra),
- növekvő egyenlőtlenségek (a világ lakosságának körülbelül 8%-a birtokolja a globális vagyon 82%-át, és több mint 1 milliárd ember él mélyszegénységben),
- növekvő tudatosság az éghajlatváltozás és az egészségesebb városok iránti igény kapcsán,
- boom az e-kereskedelemben (az online rendelések számának növekedése a közúti szállítmányozás erősödését eredményezi, ami további nyomást helyez az infrastruktúrára),
- erőteljesen összefüggő társadalom (a polgárok átszállásmentes utazást és többféle módozat közötti választási lehetőségeket szeretnének),
- rugalmas munkavégzési rendszerek (egyes gazdasági területeken már a munkafolyamatok 40-70%-a otthonról is végezhető),
- a gyorsan terjeszkedő városokra jellemző, hogy a közúti kapcsolatok kiépülése megelőzi a közösségi közlekedési hálózat fejlődését, amit erőteljes autóipari lobbytevékenység is kísér.

A motorizáció erősödése is töretlen, mely hatással van a városok mobilitására is. 2017-ben már összesen 6112 milliárd utaskilométernyi utazás történt az EU-28 tagállamokban (csak a szárazföldi közlekedést figyelembe véve), ami 13%-os növekedést jelentett 2000. év adatához képest. A legtöbb közlekedési módozat esetében növekedett az utasszállítási teljesítmény, ugyanakkor a személygépjármű-használat az utóbb csatlakozó EU-13 tagállam esetében rendkívül intenzíven, összességében 50%-ot meghaladóan emelkedett [4]. A változást az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra

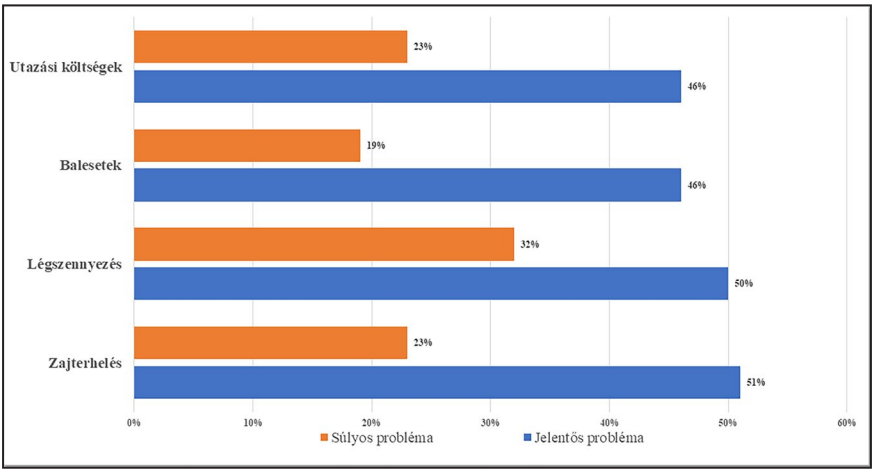
A személygépkocsik használatának változása [4]

A városok népességének intenzív növekedése és a motorizáció erősödése okán egyre inkább előtérbe kerül a társadalmi mobilitás meghatározó szerepe, ami azt igényli, hogy a városfejlesztés részeként figyelembevételre kerülő közlekedésfejlesztési intézkedések előkészítése kapcsán részletesen vizsgálni szükséges azok várható hatását az adott térségre, és elemezni szükséges a lehetséges mobilitási formákat, eszközöket a környezetterhelés szempontjából is.

2. A közlekedés környezeti hatásai

A közlekedésnek fontos szerepe van a nagyvárosi térségek működőképességének és élhetőségének egyidejű biztosításában: úgy kell megteremteni a megfelelő szintű mobilitást, hogy az ne eredményezze a környezeti minőség romlását, illetve minél szélesebb társadalmi rétegek számára rendelkezésre álljon [5].

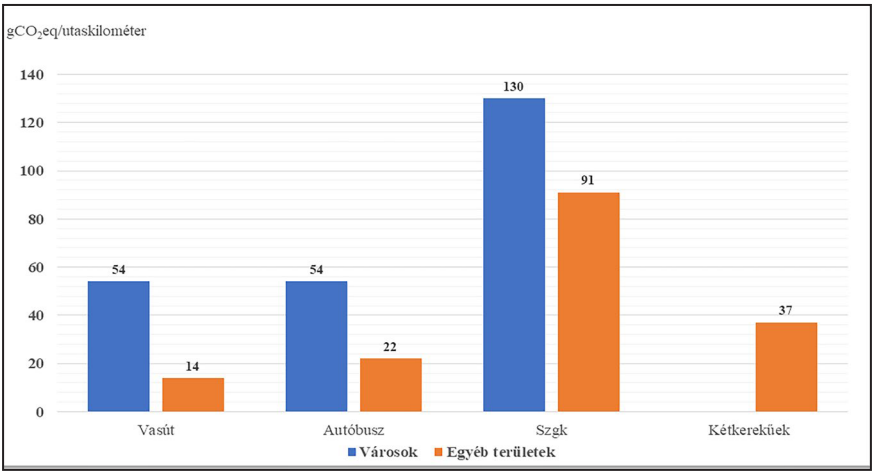
Egy 2013-ban elvégzett Eurobarométer felmérés szerint az európai polgárok nagy többsége jelentős problémának tartja a közlekedés környezetre és emberi egészségre gyakorolt negatív hatását [6], a vélemények megoszlását a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra

Európai polgárok véleménye a közlekedés környezeti hatásainak súlyosságáról [6]

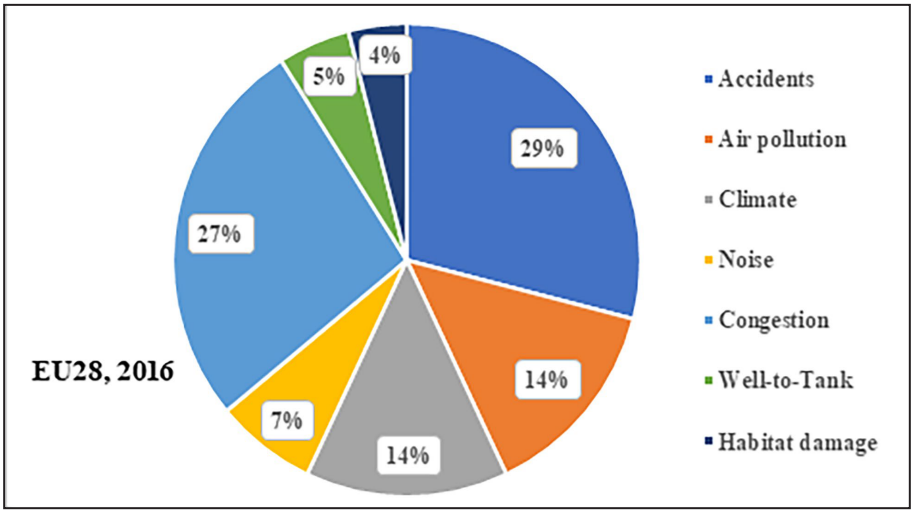
Az üvegházhatású gáz (ÜHG) kibocsátási intenzitását a 3. ábra szemlélteti globálisan (az utaskilométerre vetített CO_2 egyenérték, 2019-ben). A fajlagos adatok alapján megállapítható, hogy mind a városi, mind a vidéki térségek vonatkozásában sokkal szennyezőbb hatású a személygépjárművek használata, mint a többi szárazföldi közlekedési módozat [7].



3. ábra

Közlekedési módok ÜHG kibocsátási intenzitása (2019) [7]

Az európai színtéren (EU28) 2017-ben az üvegházhatású gázok kibocsátásának mintegy 24,6%-a származott a közlekedésből, az ágazatok közül a közúti közlekedés járult hozzá legnagyobb mértékben a károsanyag kibocsátáshoz (71%), ezen belül kiemelkedik a személygépkocsik 60%-os részaránya [8].
A közlekedés és a területfelhasználás kölcsönhatásban van egymással. A helyigényt tekintve a leghatékonyabb a közösségi közlekedési eszközök használata, mert egységnyi ember utazása ezek segítségével foglalja a legkevesebb teret a városi közterületeken. Az egyre elterjedtebb kerékpáros közlekedés helyigénye „rugalmasnak" mondható, ráadásul zéró károsanyag-kibocsátással jár együtt, de nyilvánvalóan csak rövid, városrészeken belüli helyváltoztatások esetén lehet igazi alternatívája a motorizált közlekedésnek.
Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA) 2020. évi tanulmánya leszögezi, hogy a környezeti hatások közül napjainkban egyre inkább meghatározó tényező a zajterhelés, ami Európában a légszennyezettség után a második legsúlyosabb problémává lépett elő. Az EU lakosságának közel 20%-a olyan területeken él, ahol a közlekedési zajszint káros az egészségre. A becslések szerint Európában 113 millió emberre hat tartósan legalább 55 dB(A) nappali-esti-éjszakai közlekedési zajszint [9]. A közúti közlekedés zaja a környezeti zajterhelés legdominánsabb forrása.



4. ábra

Közlekedéshez kapcsolódó externális költségek megoszlása [11]

A környezeti szereppel összefüggésben megemlítendő, hogy a közlekedésnek, mint tevékenységnek, vannak külső gazdasági hatásai is (4. ábra). Az externalitás kapcsán olyan hatásokról van szó, amikor a tevékenységek költségeinek (negatív externáliák), vagy előnyeinek (pozitív externáliák) egy része átgyűrűzik harmadik félre [10]. A közlekedési szektor teljes externális költsége 2016-ban elérte a 987 milliárd eurót, ami az EU28 összesített GDP 6,6%-át jelentette [11].
A környezetterhelés szempontjából kedvezőnek tekinthető, hogy az Európai Unióban a városi térségekre, különösen a nagyobb városokra jellemzően egyre hangsúlyosabb szerepet kap a közösségi közlekedés, a gyaloglás és a kerékpározás a mobilitási szokások terén. A klímaváltozás napjaink egyik legfontosabb kihívása, mely a társadalmi-gazdasági folyamatok eredményeként és a természeti környezet védelme kapcsán jelentős változtatásokat igényel a közlekedési ágazatban is. A fenntartható városi közlekedés irányába történő elmozdulás érdekében a társada-

lom mobilitási igényeit környezetkímélő és hatékony módon kell kielégíteni [12]. A következő fejezetben arra keresek választ, hogy ez a törekvés mennyire tükröződik az uniós és hazai közlekedési stratégiákban.

3. A városi közlekedés fejlesztésével kapcsolatos stratégiai célkitűzések

Napjainkban már egyre szélesebb körben értenek egyet azzal a városlakók, hogy a közlekedés jelenlegi tendenciái nem fenntarthatók, és sokan arra a következtetésre jutnak, hogy alapvető változtatásokra van szükség a közlekedési rendszerek technológiájában, tervezésében, működésében és finanszírozásában [13].

Az a meglátásom, hogy a városok vonatkozásában egyre határozottabb társadalmi igényként jelenik meg a fenntarthatóság biztosítása, a környezetvédelem erősítése, illetve a zsúfolt térségek közlekedési problémáinak megoldásával az élhetőség javítása. Ugyanakkor a szemléletváltás csak lassan megy végbe, a megfizethető autózás nyújtotta szabadságérzettel szemben nem, vagy csak nehezen képesek igazi alternatívává válni a közösségi módozatok.

Az általam eddig bemutatott információk alapján, a környezeti hatások elsődleges szempontrendszerét figyelembe véve kijelenthető, hogy a fenntartható fejlődésre és az élhetőségre vonatkozó elvárások kapcsán összességében kiemelt prioritást kell kapniuk a közösségi, illetve a kerékpáros, és gyalogos közlekedési módok előnyben részesítésének, fejlesztésének a városfejlesztési stratégiákban. A közösségi közlekedési rendszerek fejlesztését alátámasztó társadalmi előnyök az alábbiakban mutatkoznak meg [14]:

- mozgásban tartja a városokat (2020-ig évente csaknem 60 milliárd utas Európában),
- csökkenti a torlódásokat,
- sokkal kevesebb légszennyező anyagot termel, mint az egyéni gépjármű mobilitás, ami javítja a levegő minőségét a városokban,
- a gyaloglás és kerékpározás mellett a leginkább „klímabarát" közlekedési mód, mivel utaskilométerre vetítve kevesebb energiát fogyaszt és kisebb CO2-kibocsátást okoz, mint az egyéni gépjárművek,
- a közösségi közlekedés fejlesztésébe történő befektetés többszörös gazdasági haszonnal jár (minden euro további 4 euro értéket teremt a teljes gazdaságban),
- a legnagyobb munkaadók közé tartozik, mintegy 2 millió embert foglalkoztat az EU-ban,
- a társadalmi helyzettől függetlenül minden állampolgár számára egyenlő esélyeket kínál a mobilitásra, mivel biztosítja az elérhetőséget, megfizethető áron,
- a közterületek kihasználása szempontjából sokkal hatékonyabb megoldást jelentenek, mint az egyéni gépjárművek (az autók 1,3 fővel számított átlagos kihasználtsága mellett egy átlagos autóbusz több mint 40, egy metró pedig 600 személygépjárművet vált ki),
- aktív életmódra ösztönöz, hiszen használata összekapcsolódik a gyaloglással vagy a kerékpározással,
- a legbiztonságosabb módja a helyváltoztatásnak, hiszen az Európában bekövetkező közúti balesetekben súlyos, vagy halálos sérülést szenvedők 47%-a személygépkocsival, 17%-a motorkerékpárral utazik, míg a közösségi közlekedés utasai szinte 0%-ban érintettek,
- a közúti közlekedés továbbra is a legnagyobb zajszennyezési forrás a városokban, ami csökkenthető, ha többen utaznak közösségi közlekedéssel és ezáltal mérséklődne a forgalom.

A megfelelő közlekedéspolitika célja olyan közlekedési rendszer működtetése, amely hozzájárul a gazdasági fejlődéshez, növeli a versenyképességet, magas színvonalú mobilitási szolgáltatáso-

kat nyújt, hatékonyan használja fel az erőforrásokat [12], és a felsorolást kiegészítve teljesíti az élhetőséggel és a hosszútávú fenntarthatósággal kapcsolatos elvárásokat.

3.1 Az Európai Unió aktuális közlekedéspolitikai célkitűzései

Az Európai Zöld Megállapodás (The European Green Deal) a közlekedésből származó üvegházhatású gázok kibocsátásának 90%-os csökkenését célozza meg annak érdekében, hogy az EU 2050-re karbonsemleges gazdasággá válhasson [15]. Az általános célkitűzéssel összhangban az Európai Unió részéről már korábban is megfogalmazásra kerültek olyan konkrét közlekedéspolitikai célok, melyeket az egyes tagállamoknak célszerű figyelembe venniük, többek között a városi közlekedés fejlesztési irányainak meghatározása kapcsán. Tekintettel a városi területek jelentőségére és a városi közlekedéssel kapcsolatos problémákra, egyetértés alakult ki azon a téren, hogy az uniós közlekedéspolitikában sokkal markánsabb városi vonatkozásokra van szükség. Ennek kezelése érdekében az Európai Bizottság 2009-ben elfogadta a városi mobilitásra vonatkozó cselekvési tervet, és közzétette a 2011. évi közlekedésről szóló ún. „Fehér Könyvet", mely kijelöli az uniós közlekedéspolitikai célokat 2050-ig [16]. Ennek alapján az EU elsődleges célkitűzése integrált közlekedési hálózatok létrehozása, de emellett kijelölésre kerültek egyéb, többek között kiemelten a városi közlekedésre vonatkozó beavatkozások is. A célkitűzések eléréséhez stratégiai intézkedések kerültek meghatározásra. Ezek között szerepel a közlekedési szolgáltatások minőségének, hozzáférhetőségének és megbízhatóságának javítása (a minőségi szolgáltatás fő jellemzői: vonzó járatsűrűség, kényelem, könnyű elérhetőség, megbízhatóság, biztonság, tisztaság és integráltság), továbbá városi mobilitási tervek készítése.

A személygépjármű-használat visszaszorításnak egyik eszköze, ha a mobilitási igények átterhelődnek a közforgalmú közlekedésre, de ahhoz, hogy ez valóban versenyképes alternatíva legyen, megalapozott és előrelátó várospolitikai döntések szükségesek. Az Európai Bizottság 2013-tól a fenntartható városi mobilitási tervek (SUMP) kidolgozására és végrehajtására ösztönözi a tagállamokat. Annak koncepciója a funkcionális városi területeket veszi alapul, és abból indul ki, hogy a városi mobilitással kapcsolatos intézkedések egy szélesebb városi és területi stratégiába kerülnek beágyazásra. A SUMP-ok elsődleges célja a városi térségek elérhetőségének javítása és magas színvonalú, fenntartható mobilitás biztosítása. Az előzetesen megfogalmazásra kerülő közlekedéspolitikai intézkedések révén a károsanyag-kibocsátás mérséklődése a legfontosabb célkitűzés. Emellett a fenntartható városi mobilitási tervek segítségével a nagyvárosok hatékonyan aknázhatják ki a rendelkezésre álló közlekedési infrastruktúrát és szolgáltatásokat, valamint költséghatékonyan valósíthatnak meg a városi mobilitáshoz kapcsolódó intézkedéseket [17]. Meglátásom szerint a mobilitási tervek kidolgozása során alapkoncepcióként abból lehet kiindulni, hogy a városi mobilitást érintő fejlesztések révén meg kell teremteni azt, hogy a felhasználók számára választási lehetőségek álljanak rendelkezésre a helyváltoztatási igények lebonyolítása kapcsán, de ezek között elsőszámú opcióként kell megjelennie a közösségi közlekedési hálózat igénybevételének.

Nemzetközi szinten növekszik az elfogadottsága a „Mobilitás, mint szolgáltatás" koncepciónak (MaaS), mely alapvető célnak az egyéni közlekedési módokról a szolgáltatásként nyújtott utazási megoldásokra való áttérést tekinti (az egyéni és közösségi közlekedés munkamegosztási arányának, tehát a modal split megváltoztatásával), elsősorban a városi és városkörnyéki közlekedésben. Ez alapvetően az egyéni közlekedés és a közösségi mobilitási szolgáltatók által nyújtott lehetőségek kombinációjával valósítható meg. Alapvető céljai: a torlódások gyakoriságának és időtartamának csökkentése, a személygépkocsi-tulajdon és használat mértékének csökkentése, a közlekedési infrastruktúra hatékonyabb kihasználása, a közlekedési hálózatok időszakos

terheltségének csökkentése, a jobb forgalomszervezés, a fogyasztók kényelmének javítása, az esélyegyenlőség megteremtése, a közlekedés negatív környezeti hatásainak csökkentése, infrastruktúra finanszírozási modell megalkotása, az autonóm járművek fogadása [18].
Újabb fejezetet jelent, de szellemiségét tekintve illeszkedik az eddigiekhez az Európai Bizottság fenntartható és intelligens mobilitási stratégiája (Sustainable and Smart Mobility Strategy), mely célokat és terveket fogalmaz meg a klímasemlegesség elérése érdekében (2050-ig). A stratégia alapvető célkitűzése, hogy az uniós közlekedési rendszer a zöld és digitális átállás eszközével fenntarthatóbbá és rezilienssé váljon. 82 kezdeményezést tartalmaz 10 kiemelt területen, melyek között szerepelnek a kibocsátásmentes gépjárművek, a városi mobilitás fenntarthatóbbá és egészségesebbé tétele, az összekapcsolt és automatizált multimodális mobilitás, az intelligens mobilitás, a közlekedésbiztonság javítása [19].
Az EU mobilitási stratégiájának kiemelt területei között szerepel a (városi) közlekedés fenntarthatóbbá és egészségesebbé tétele, mely törekvésnek meg kell jelennie a hazai közlekedéspolitikai célkitűzésekben is. A következő fejezetben a téma szempontjából legfontosabb hazai stratégiai elemeket ismertetem.

3.2 A hazai közlekedéspolitika alapjai

Napjainkban már Magyarország esetében is jellemző, hogy a közlekedéspolitika társadalmilag beágyazott formában jelenik meg, szoros összefüggésben más szakterületek hasonló fejlesztési, fenntarthatósági törekvéseivel. Kiemelendő például, hogy az alappillérként szolgáló Széchenyi Terv is tartalmaz már közlekedésfejlesztési programot. A Széchenyi Terven és az Új Magyarország Fejlesztési Terven alapul a Nemzeti Közlekedési Stratégia (2013), a Nemzeti Közlekedési Infrastruktúra-fejlesztési Stratégia (2014) és ezek alágazati formái. Utóbbi a 2050-ig terjedő időszakra jelöl ki közlekedéspolitikai célkitűzéseket, a fenntarthatóság és a hatékonyság szem előtt tartásával [20]. A stratégia kapcsán csak két szint került meghatározásra; a társadalmi és a közlekedési célok (1. táblázat), azonban véleményem szerint az uniós törekvésekkel összhangban szükséges lett volna egy harmadik szintet, a környezeti célkitűzések vonatkozásában is megfogalmazni.

Társadalmi célszint	Közlekedési célszint
A környezeti negatív hatások csökkentése	Társadalmilag hasznosabb közlekedési szerkezet kialakítása
Gazdasági növekedés segítése	Erőforrás-hatékony közlekedési módok erősítése
Az egészség- és vagyonbiztonság javítása	A társadalmi szinten „előnyösebb személy- és áruszállítás” erősítése
A foglalkoztatás javítása	A szállítási szolgáltatások színvonalának és hatékonyságának javítása
A lakosság mobilitási feltételeinek javítása	A szállítási szolgáltatások javítása (összehangoltság, eljutási idő stb.)
A területi egyenlőtlenségek mérséklése Társadalmi igazságosság, méltányosság javítása Nemzetközi kapcsolatok erősítése	Fizikai rendszerelemek javítása (infrastruktúra, területi elérhetőség stb.)

1. táblázat

Közlekedési fejlesztésekhez kapcsolódó célkitűzések [20]

A közlekedési célkitűzések illeszkednek a fenntartható és intelligens mobilitáshoz kapcsolódó (szükséges) fejlesztési irányokhoz. A fenntartható mobilitás szempontjából elengedhetetlen, hogy a vasút, a kerékpár és az alternatív üzemanyaggal működő járművek fokozatosan kiváltsák a fosszilis hajtásrendszereket.
Az IKOP Plus (Integrált Közlekedésfejlesztési Program Plus) jelentős mértékben a közösségi, és azon belül a vasúti közlekedés fejlesztésére koncentrál, ami hozzájárul a negatív környezeti hatások csökkentéséhez. A cél teljesülésének monitoring elemei: a közlekedési ágazat ÜHG kibocsátása, közlekedési balesetek száma, városi zajterhelési adatok, levegőminőségi adatok, ezek összevetése az egészségügyi adatokkal. A program P1. prioritási tengelye a „Tiszta üzemű városi-elővárosi közlekedés erősítését" célozza [21].
A hazai városok felé elvárás a SUMP (Fentartható Városi Mobilitási Tervezés) gyakorlatának alkalmazása a közlekedéstervezés területén, mely tulajdonképpen a városi közlekedés komplex stratégiai és integrált megközelítését jelenti. A Budapesti Mobilitási Terv a főváros 2030-ig terjedő közlekedési stratégiája, mely a fenntartható városi mobilitás tervek (Sustainable Urban Mobility Planning) metódusának megfelelően készült, tehát a releváns tények és adatok feldolgozásán alapul és a SUMP tervezési elveket követi. A városi közlekedésből eredő problémák megoldásával foglalkozik a környezeti, társadalmi és gazdaságfejlesztési célkitűzések dimenzióiban. Fókuszában a fenntartható, élhető, vonzó és egészséges városi környezet kialakítása áll, mely Budapest és térségének versenyképességét is támogatja [22]. A budapesti közösségi közlekedési rendszer a főváros elhelyezkedéséből, településszerkezeti adottságaiból adódóan jelentős mértékben járul hozzá a lakosság mobilitási szükségleteinek kielégítéséhez, valamint a város életéhez, gazdasági működtetéséhez. A közösségi közlekedés, mint szolgáltatás vonzerejének, versenyképességének növelése alapvetően igényli a színvonalának javítását. A legfontosabb prioritásként a környezetbarát, kötöttpályás közlekedési eszközök fejlesztése, a hálózat új területekre történő kiterjesztése került meghatározásra [23].
A városok esetében a közlekedésfejlesztési célkitűzések terén nem elegendő csak a centrális területekre fókuszálni, hanem figyelembe kell venni a térségi településekről a központok irányába ható közlekedési igényeket is (ingázás). Ennek alapján a lokális közlekedési stratégiának komplexen kell vizsgálnia a városi régió mobilitási helyzetét. Budapest esetében például az agglomeráció népessége 1960 és 2017 között 60%-kal növekedett és a népességprognózis szerint 2040-ig a várostérségben lakók száma mintegy 13 %-kal fog gyarapodni. Az agglomerációból ingázók esetében 10 emberből csak 3 vesz igénybe közösségi közlekedést, és naponta mintegy 755 ezer fő ingázik személygépkocsival Budapestre (az utazások 63%-a). A magyar kormány által 2021-ben elfogadott Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia (BAVS) célkitűzése, hogy 2040-ig az integrált és egymásra épülő, komplex beruházások megvalósítása révén összességében 80%-kal növelje az elővárosi vasútvonalakon utazók számát [24].

4. A közlekedési közszolgáltatások sajátosságai

A közösségi közlekedés jellemzően közszolgáltatásként működik, melynek keretében az ellátásért felelős szervezet megbízásából egy, vagy több szolgáltató lát el személyszállítási feladatokat. Közszolgáltatások alatt olyan feladatok biztosítását értjük, amelyek az adott feltételek között közösségi szervezést igényelnek és társadalmi közös szükségletek kielégítését szolgálják. A két feltételnek együttesen kell fennállnia [25]. A közszolgáltatások általános jellemzőjeként megemlíthető, hogy a közösség (vagy adott csoportjának) minden tagja igénybe veheti, ami

jellemzően passzív (ahhoz nincs szükség meghatározott megállapodásra) és a fogyasztók között nincs verseny a szolgáltatás megszerzéséért [26].
A piaci, vagy gazdasági közszolgáltatások közös jellemzője, hogy közszükségletet, közösségi érdeket látnak el, jellemzően úgynevezett közüzemek útján. Ennek megfelelően közéjük tartoznak a közösségi közlekedés különböző fajtái. A piaci alapú közszolgáltatások tipikusan közösen fogyasztható javaknak minősülnek, de jellemzően a fogyasztásukból bárki kizárható, így a felhasználók érdekében áll az igénybevétel megfizetése (a közlekedés esetében viteldíj, vagy menetdíj formájában). A közszolgáltatások minősége meghatározó, mert több szinten is hozzájárulnak a területi versenyképességhez, így például a szélesebb működési terület és a hozzáférhetőség révén elősegíthetik a tőkebetelepítési döntéseket, vagy a már meglevő vállalkozások számára hatékonyabb működési feltételeket biztosíthatnak. A legtipikusabb piaci alapú közszolgáltatások közé tartozik a közösségi közlekedés [26].
A közfeladatok ellátása kapcsán a jogalkotók (és a politika) dönt arról, illetve a vonatkozó jogszabályok alapján egyértelműen megállapítható, hogy az adott tevékenység ellátása a központi államigazgatási szervekre, vagy a helyi önkormányzatokra tartozik-e, ami lényeges kérdés a tulajdonforma, illetve a finanszírozás szempontjából [27]. Mind az állami, mind az önkormányzati feladatellátás esetében fennáll, hogy bizonyos feladatok (így például a helyi közösségi közlekedés) ellátását célszerű egy kiválasztott piaci szereplőre bízni. Ennek oka, hogy a speciális szaktudást, erőforrásokat, eszközöket igénylő szolgáltatásokat egy adott, erre szakosodott piaci vállalkozás hatékonyabban el tudja látni. Ez a BKV Zrt. esetében is így van, kiegészítve azzal, hogy bizonyos működési feltételek (például megfelelő felelősségbiztosítási háttér), jogosítványok (például vasúthatósági engedélyek) megszerzése és fenntartása szintén korlátozza a potenciális közszolgáltatók körét.
2009. december 3-án hatályba lépett az Európai Parlament és a Tanács 1370/2007/EK rendelete [28]. A rendelet célja annak meghatározása, hogy a közösségi jog szabályainak megfelelően az illetékes hatóságok hogyan avatkozhatnak be a személyszállítás területén az olyan általános érdekű szolgáltatások nyújtásának biztosítása érdekében, melyek többek között számosabbak, biztonságosabbak, magasabb minőségűek vagy alacsonyabb költséggel járnak, mint azok, melyeket egy piaci verseny lehetővé tenne. A rendelet egyrészt előírja a szabályozott versenyt a közlekedési közszolgáltatás elláttatása terén, másrészt azonban megnyitotta a közvetlen elbírálás lehetőségét is. A „belső szolgáltató" definíciója szerint olyan elkülönült jogi egység, amely kapcsán az illetékes helyi hatóság a saját szervezeti egységei feletti ellenőrzéshez hasonló ellenőrzést gyakorol. A közvetlen odaítéléshez meghatározott feltételeket kell teljesíteni. Ilyen például, hogy a szolgáltató személyszállítási közszolgáltatási tevékenységét a helyileg illetékes hatóság területén kell végeznie (a szomszédos hatóságok területére bel-, és kilépő útvonalakat kivéve), és nem vesz részt az illetékes helyi hatóság területén kívül szervezett, személyszállítási közszolgáltatás nyújtására irányuló versenytárgyalási eljárásokban. Példaként a BKV Zrt. belső szolgáltatóként végez közforgalmú személyszállítást Budapest területén, ahol az ellátásért felelős illetékes hatóság Budapest Főváros Önkormányzata. A rendeletben a kizárólagosság is definiálásra került, így a „kizárólagos jog" a közszolgáltatót egy meghatározott útvonalon, hálózaton vagy területen, más szolgáltatók kizárásával, meghatározott személyszállítási közszolgáltatások működtetésére feljogosító jogosítvány.
A rendelet hatályba lépésétől kezdődően, amennyiben egy illetékes hatóság úgy dönt, hogy a választása szerinti szolgáltatónak a közszolgáltatási kötelezettségek teljesítésének fejében kizárólagos jogot és/vagy bármilyen jellegű ellentételezést biztosít, ezt *közszolgáltatási szerződés* megkötése mellett kell megtennie. A jogalkotó a szerződéskötési kötelezettség előírásában látja

a biztonságos közszolgáltatási ellátás biztosítékát. A közszolgáltatási szerződések kötelező tartalmi elemei (2012/21/EU bizottsági határozat): a közszolgáltatási kötelezettségek tartalma és időtartama, szolgáltató megnevezése és a támogatásban érintett terület, a támogatást nyújtó hatóság által adott kizárólagos jogok jellege, az ellentételezési mechanizmus leírása és az ellentételezés kiszámításának, ellenőrzésének és felülvizsgálatának paraméterei, a túlkompenzáció elkerülésére és visszafizettetésére hozott intézkedések. Meglátásom szerint egyrészt rendkívül előremutató volt az, hogy az ellátásért felelős helyi önkormányzatok esetében a közvetlen odaítélés lehetősége megjelent, másrészt fokozza az ellátási biztonságot az, hogy a rendelet előírása alapján a tevékenységet szabályozott rendszerben, kötelező tartalmi elemekkel megfogalmazott közszolgáltatási szerződés alapján kell végezni.

Ugyanezt a szabályozási elvrendszert tükrözi a 2012. július 1. napján hatályba lépő hazai 2012. évi XLI. törvény a személyszállítási szolgáltatásokról [29], melynek szövegében új lehetőségként megjelent a Közlekedésszervező intézménye is (olyan társaság, mely részére az önkormányzat a személyszállítási közszolgáltatás megrendelésével kapcsolatos feladatokat részben vagy egészen átadhatja). A települési önkormányzatoknak, valamint önkormányzati társulásoknak önként vállalt, míg Budapestet érintően a Fővárosi Önkormányzat kötelezően ellátandó feladata (4§ (4) bekezdés c. pont): „… a közszolgáltatások megszervezésével kapcsolatos intézményi és szabályozási keretek kialakítása, a helyi személyszállítási közszolgáltatások megszervezése, a közlekedési szolgáltató kiválasztása, a helyi személyszállítási közszolgáltatások – a személyszállítási közszolgáltatási szerződések megkötésével történő – megrendelése…"

Az a véleményem, hogy a közlekedési közszolgáltatások és azok lebonyolítóival (szolgáltatók) szembeni mennyiségi és minőségi elvárások komplex rendszerének nem csak a felhasználók, tehát utasok szempontjait szükséges figyelembe venni, hanem a szolgáltatás megrendelőjének érdekeit is. Éppen ezért az elvárások kapcsán egyfajta kettősség tapintható; egyrészt az ellátásért felelős hatóság a közszolgáltatási szerződésben definiálásra kerülő minőségi és mennyiségi követelményeket az utasok igényeihez próbálja igazítani, másrészt azonban finanszírozóként a gazdaságosság irányába szándékozik terelni az adott üzemeltetőt, a rendelkezésre álló erőforrások szűkösségére tekintettel. Az ellátási tevékenység vonatkozásában jelentkező minőségi törekvések között már megjelennek tágabb társadalmi vetületekkel rendelkezők is, mint például az esélyegyenlőség biztosítása, vagy a környezetbarát hajtási módok alkalmazása, melyeknek szintén deklarált részévé kell válniuk a közszolgáltatással szembeni elvárásrendszernek.

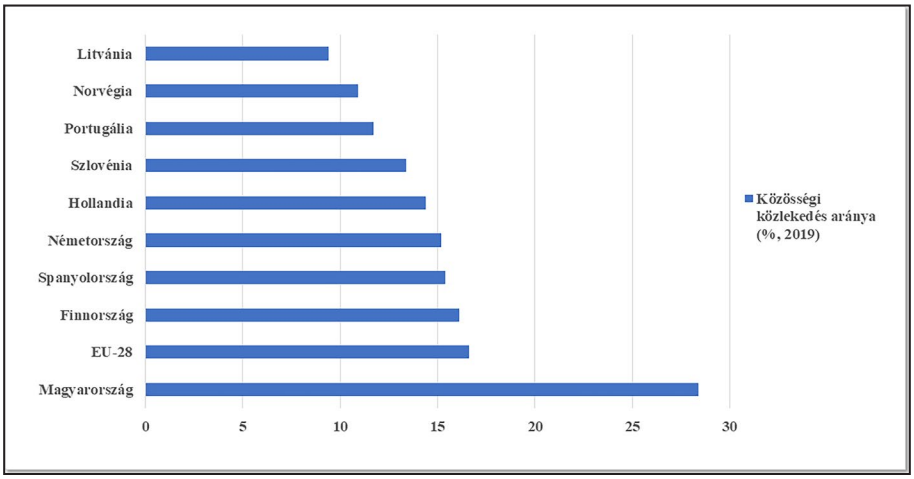
Az 1370/2007 EK rendelet kimondja a közszolgáltatóval szembeni minőségi előírások kapcsán, hogy az illetékes hatóságok kötelesek azokat feltüntetni a pályázati dokumentumokban és a közszolgáltatási szerződésben. A 2012. évi XLI. törvény a személyszállítási szolgáltatásokról pedig előírja, hogy a közszolgáltatási szerződésnek tartalmaznia kell többek között a szolgáltatás nyújtásának mennyiségi és minőségi feltételeit. A jogszabályi keret tehát rendelkezésre áll a helyi személyszállítási közszolgáltatások szabályozott rendszerben történő ellátásának támogatására, melynek fontos eleme a minőségi követelmények definiálása.

Az általam vizsgált magyarországi nagyvárosok (Budapest, Debrecen, Miskolc, Szeged) esetében rendelkezésre álló dokumentumok alapján megállapítható, hogy az adott településre kiterjedő közösségi közlekedési feladatokat a helyi önkormányzatok láttatják el megrendelőként (illetékes hatóságként), ugyanakkor összességében nem jellemző közlekedésszervező kijelölése. A vizsgált magyarországi nagyvárosok esetében megkötött közszolgáltatási szerződések tartalmában jellemzően tetten érhető az a megrendelői (és a belső szolgáltatók révén tulajdonosi) szándék, mely a közösségi közlekedési közszolgáltatás kapcsán a mennyiségi jellegű előírások mellett minőségi követelményeket is próbál megfogalmazni. A kiinduló szempontrendszer illeszkedik

a felhasználók alapvető elvárásaihoz (például menetkimaradások száma, pontosság), azonban elvárható lenne, hogy a társadalmi igények változásával ezek skálája menetközben bővüljön és egyre inkább képviselje a hozzáférhetőséggel, a hosszútávú fenntarthatósággal és az élhetőséggel kapcsolatos kritériumokat is (például a károsanyag kibocsátás mérséklése). A vizsgált közszolgáltatási szerződések előírásrendszerében ezek az elvárások maradéktalanul nem lelhetők fel, jellemzően a menetrendi előírások definiálásában, illetve az alacsonypadlós járműpark bővítésére való törekvésekben merülnek ki, melynek több oka is lehet. Egyrészt a közszolgáltatás finanszírozási háttere sokáig egyáltalán nem volt rendezett, és jelenleg is korlátozottak az önkormányzatok fejlesztési/beruházási lehetőségei, ami kihat(ott) a számonkérhetőségre is (például az alacsonypadlós jármű kapacitás arányának bővítése), másrészt a kritériumrendszer átalakítását, dinamikus fejlődését szerződéses oldalról valószínűsíthetően nem sikerült még lekövetni. Azonban éppen a társadalmi és környezeti problémákhoz kapcsolódó érzékenység fokozódása miatt szükséges átgondolni és permanensen felülvizsgálni a közlekedési közszolgáltatási rendszerekben alkalmazott minőségi elvárások, indikátorok terjedelmét és tartalmát.

5. A minőség szerepe a közösségi közlekedésben

Sok országban kritikus problémát jelent a közösségi közlekedés alacsony szintje (5. ábra).



5. ábra

A közösségi közlekedés aránya egyes országokban (2019) [30]

A saját gépjárműhasználat előnyei (kényelem, rugalmasság, függetlenség) számottevő hatással bírnak az eljutási mód megválasztása terén, így hatékony intézkedések szükségesek annak érdekében, hogy a mobilitási igények kapcsán a közösségi közlekedés használatának aránya növekedjen [31].

A COVID19 világjárvány következtében még inkább visszaesett a közösségi közlekedés igénybevételének szintje, ez a tendencia ellentétes az aktuális közlekedéspolitikai, területfejlesztési elképzelésekkel. Ennek megfelelően a lokális terekben működő közlekedési rendszerek esetében felül kell vizsgálni a lehetséges intézkedéseket a kedvezőtlen folyamat visszafordítása érdekében. Különösen a városi térségekre érvényes, hogy a közösségi közlekedés csökkenő szerepének jelentős hátrányai vannak, mint például a torlódások állandósulása, a közúti balesetek

számának növekedése, a parkolási problémák, a szén-dioxid kibocsátás növekedése. A helyi és központi kormányzatnak tehát fontos célkitűzésévé vált az emberek motiválása annak érdekében, hogy a személygépkocsik helyett a közösségi közlekedést válasszák. Mivel az utazási díjak a magas költségek és veszteségek miatt nem csökkenthetők, így a kihasználtság növelésének egyetlen reális megoldása: javítani a közösségi közlekedés színvonalát [32]. Ezt még kiegészítem azzal, hogy az elmúlt időszakban bekövetkezett makroszintű gazdasági folyamatok következtében az erőforrások rendelkezésre állása leszűkült, ami nem kedvez a kvantitatív, kapacitásbővítési elképzeléseknek, és még inkább erősíti a kvalitatív szolgáltatási elemekre való fókuszálás (illetve azok javításának) szükségességét.

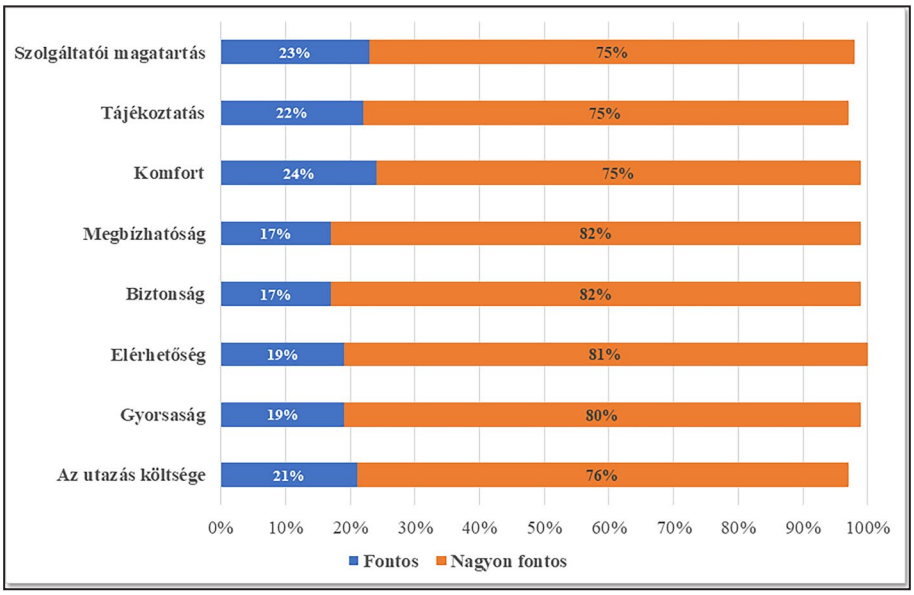
A lokális terek fejlődésének, az élhetőség javításának egyik eszköze tehát a közforgalmú utasszállítás produktumának javítása. Érzékelhető, hogy a szolgáltatásként értelmezett közforgalmú közlekedési tevékenységnek nem csak a mennyiségi, hanem a minőségi szintje is egyre meghatározóbbá vált az utóbbi időszakban. Az egyéni gépjárműhasználat által támasztott „versenyhelyzetet" tekintve a közösségi közlekedési szektornak folyamatosan javítania szükséges a minőségét, és alakítani az általa kínált szolgáltatásokat, az utasok visszaszerzése érdekében [33]. A közlekedési szolgáltatás minősége fontos szerepet játszik az utasok vonzásában és megtartásában. Összességében a minőség javítása nem csak azért tekinthető alapvető fontosságúnak, mert növeli az igénybe vevők elégedettségét, hanem mert új felhasználókat is vonzhat, mely a közösségre pszichológiai és gazdasági értelemben is hatással van [34]. A közösségi közlekedéstől függő igénybe vevők számára az élethelyzetük romlását jelenti a nem megfelelő minőségű szolgáltatás, míg a szolgáltatók számára a megfelelő minőség segíthet vonzani és megtartani még azokat az utasokat is, akik egyébként választhatnák az egyéni motorizált közlekedést is [35]. A tapasztalt minőség (Qoe – quality of experience) kifejezés arra utal, hogy a felhasználó (utas) milyen szintű elégedettséget, vagy csalódást tapasztal a szolgáltatás igénybevétele során. Azt fejezi ki, hogy a szolgáltatás színvonala teljesíti-e az elvárásait a minőséggel és/vagy a hasznossággal kapcsolatban [36]. Ahhoz, hogy a közlekedés a megnyilvánuló szükségleteket ki tudja elégíteni, mind mennyiségileg, mind minőségileg meg kell felelnie a keletkezett igényeknek. Mennyiségi szempontból ez azt jelenti, hogy a szállítási igényeknek megfelelő kapacitásnak kell rendelkezésre állnia (a személyszállítás esetében utasférőhely-kilométer), miközben a minőségi követelmények szerteágazó szempontjai közül a legfontosabbak: térbeli rendelkezésre állás, gyakoriság (időbeli rendelkezésre állás), gazdaságosság, hatékonyság, biztonság, gyorsaság (eljutási sebesség), pontosság, kényelem [37].

Az ellátásért felelős szervezeteknek, helyi önkormányzatoknak fel kellett ismerniük, hogy meghatározó fontosságú a közösségi közlekedés minőségének és hatékonyságának javítása, ha változtatni akarnak az általános napi közlekedési szokásokon. A városokban, és azok közvetlen, illetve tágabb környezetében kialakuló torlódások környezeti hatásai, következményei arra kényszerítik a központi és helyi kormányzatokat, hogy ösztönözzék a fenntartható közlekedési célkitűzéseket.

A hatékony fejlesztésekhez modellezni kell a szolgáltatást igénybe vevők véleményét és elégedettségét, figyelembe véve a felhasználók személyes tapasztalatai útján észlelt minőséget, és a változtatás irányát, melyet meghatároz, hogy a felhasználók mit várnak el egy hatékony közlekedési szolgáltatástól [38]. Mindent egybe véve a szolgáltatási minőség a közlekedési közszolgáltatásnak azon szempontjaira összpontosít, melyek közvetlenül befolyásolják az utasok elégedettségét, tehát kifejezi a szolgáltatás általánosan mért, vagy észlelt teljesítményét az igénybe vevők szempontjából. A szolgáltatás minősége tükrözi az utasoknak a közlekedési teljesítményről alkotott véleményét. Végső soron azt jelzi, hogy a közlekedési szolgáltatás mennyire felel meg az

igénybe vevők elvárásainak. Meg kell azonban találni az egyensúlyt a szolgáltatás minőségének szintjére vonatkozóan az utasok elméleti elvárása, illetve a szolgáltatás nyújtó szervezet ésszerű lehetőségei között. A jobb minőségű szolgáltatás vonzóbb a potenciális utasok számára, magasabb utasszámot generál, de jellemzően magasabb költségekkel is jár (nem minden esetben), mint a rosszabb teljesítmény [35].

Véleményem szerint mivel a megrendelő a gyakorlatban az ellátásért felelős szervezet (vagy megbízottja), így feltételezhető, hogy a részéről megfogalmazásra kerülő elvárásrendszer részben magában foglalja a felhasználói igényeket is. A közszolgáltatás megrendelőjének részéről elvárt követelmények alapvetően a közszolgáltatási szerződésekben kerülnek definiálásra, ahol nemcsak a mennyiségi elvárások kerülnek részletezésre, hanem a közszolgáltatás minőségi kritériumai is; például az igénybe vevők számára az egyik legfontosabb tényezőként az utaskomfort. A budapesti közösségi közlekedést használók körében végzett utaselégedettségi felmérés eredménye (6. ábra) alapján az alapvető minőségi jellemzők fontossága megkérdőjelezhetetlen az utasok szempontjából, és ezek között szerepel a „komfort” is [39].



6. ábra

A különböző minőségi kritériumok fontosságának megítélése (2021.12.) [39]

6. A közösségi közlekedés minőségének értékelése

A személyszállítási közszolgáltatások minősége immateriális változók halmazaként határozható meg, mely több különböző megközelítéssel értékelhető: felhasználói szempontrendszer (például utaskomfort), működési hatékonyság (a Megrendelő részéről elvárás a rendelkezésre álló források hatékony felhasználása), a Szolgáltató üzleti szempontja (leegyszerűsítve, hogy ne legyen veszteséges a tevékenység). [40]

A személyszállítás teljesítménye közvetlenül, vagy közvetve is hatással van a társadalomra. Ez azt jelenti, hogy több csoport is érdekelt a szolgáltatási minőség kérdésköre kapcsán [35]:

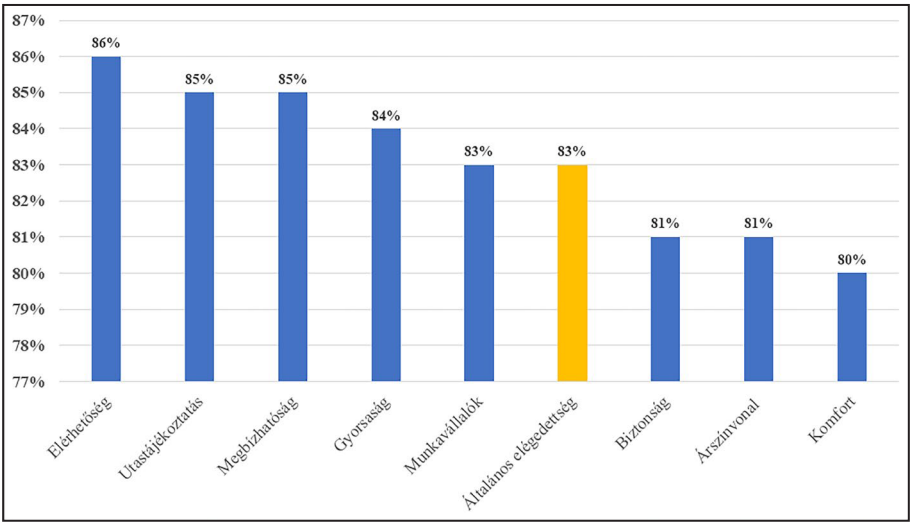
- nyilvánvalóan az utasok, akik eldöntik, hogy melyik utazási módot választják (abban az esetben, amikor van lehetőségük választani), vagy akiknek nincs lehetőségük választani, de utazásukat befolyásolja a szolgáltatás minősége,
- az ellátásért felelős hatóság (megrendelő) képviselői, akiknek döntést kell hozniuk a rendelkezésre álló véges mennyiségű erőforrások allokálásáról (például feladatellátási szerződés megkötése belső szolgáltató megbízásával, vagy pályáztatás útján történő kiválasztás), annak érdekében, hogy optimálisan, a lehető leghatékonyabban feleljenek meg a kitűzött céloknak, közvetlenül finanszírozzák a személyszállítást (a hatályos közszolgáltatási szerződésnek megfelelően), és közvetve részesülnek a közlekedési rendszer eredményes működéséből (például a közúti torlódások, levegőminőség, zajártalom alakulása),
- egyéb felek, mint például az autósok, akik közlekedését befolyásolja a személyszállítási tevékenység, vagy a közlekedési hatóságok, akik megfelelő szabályozásokkal befolyásolni tudják a közlekedési módok, vagy útvonalak használatát.

A szolgáltatási minőség fejlesztéséhez alapvető bemeneti információt jelent a közösségi közlekedési rendszer állapotának feltérképezése (a sajátosságok eltérést mutatnak az egyes városokban). A közlekedési rendszer fejlesztése, javítása előtt világos képet kell kapni az utasok, a szolgáltatók és a kormányzati, önkormányzati döntéshozók preferenciáiról is. Erre alkalmas lehet egy többszintű hierarchikus modell, mely dinamikusan elemzi a város tömegközlekedési rendszerét [41].

Alapjában olyan értékelési rendszerre van szükség, mely figyelembe veszi az előre definiált teljesítménymutatókat, alkalmas az adott, vizsgálati időszak közszolgáltatási teljesítményének komplex minősítésére, és lehetővé teszi a szolgáltatási minőség összehasonlíthatóságát is (longitudinális vizsgálattal egy szervezet különböző időszakokban mutatott, vagy keresztmetszeti vizsgálattal különböző szolgáltatók azonos időszakban elért teljesítményének összevetése). A rendszeres teljesítményértékelés azért is lényeges, hiszen a Megrendelő időről-időre tájékozódni szeretne a közszolgáltatás gyenge és erős pontjairól, a fejlesztendő szolgáltatási elemekről. A közlekedési rendszerek résztvevőinek különböző elképzelései vannak a fejlesztések irányával, szükségességével kapcsolatban. A rossz döntéshozatal eredményeként az intézkedések nem lesznek hatékonyak, és ezáltal túlságosan költségessé is válnak.

A szolgáltatási minőség (SQ) mindenképpen komplex fogalom: értékelhető a felhasználók észlelésein és véleményén, illetve a szolgáltatók részéről összegyűjtött teljesítményértékeken keresztül. Ennek megfelelően két különböző tényezőrendszer mérheti a szolgáltatási minőséget. Az egyik lehetőség szerint objektíven mérhető indikátorokkal összehasonlíthatóvá teszik a szolgáltatói teljesítményt egy előírt (standard), vagy egy múltbeli szinthez képest, de ez önmagában csak korlátozott információt nyújt annak megítélésére, hogy a kapott eredmény mennyire kedvező vagy kedvezőtlen. Másrészről az objektív minősítés mellett kiemelt szempontrendszert jelent a felhasználók vélekedése is a közösségi közlekedés színvonalával kapcsolatban. A döntéshozóknak fontos a közszolgáltatást igénybe vevők véleményének javítása, hiszen csak megfelelő szolgáltatási minőség mellett remélhető a személygépjárművet használók „átszoktatása" a közösségi eszközökre (nem is beszélve a társadalmi értelemben vett „elégedettségről"). A szolgáltatás minőségének mérése tehát lehetséges a felhasználók megítélése alapján is (szubjektív tényezőként), az utaselégedettségi felméréseken (CSS) keresztül, melyek a szolgáltatás elvárt (ideális vagy tervezett) és ténylegesen észlelt szintjének különbségének feltárására irányulnak [42].

A BKK Zrt. rendszeres, éves felmérése alapján a szolgáltatás megrendelője részletes képet kaphat arról, hogy az egyes minőségi tényezőkkel kapcsolatban milyen az elégedettség mértéke (és milyen irányban változik) a fővárosi közösségi közlekedési hálózatot igénybe vevők részéről [39]. A 2021. év végi felmérés releváns információit a 7. ábra szemlélteti.



7. ábra

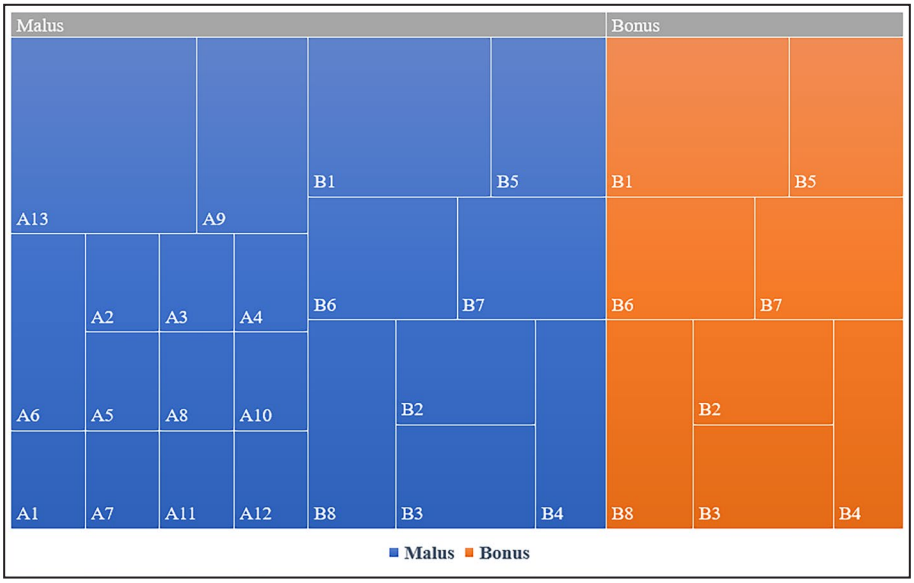
A szempontok szerinti elégedettségi szint (Budapest, 2021.12.)

Az utaselégedettséget alapvetően kétféle sajátosság határozza meg; egyrészt a merevebb „szolgáltatási adottságok", másrészt a rugalmasabb „szolgáltatási produktum". A szolgáltatási adottságok körébe tartoznak a hálózati elemek, tulajdonságok, a menetrendi struktúra, az előnybe részesítés szintje, az utastájékoztatás eszközrendszere, a tarifastruktúra, tehát tulajdonképpen a megrendelő, az ellátásért felelős által irányított és alakított tényezők. Az aktuális szolgáltatási teljesítmény a szolgáltatók által közvetlenül befolyásolható alkotóelemekből tevődik össze, például a menetrendszerűség és pontosság biztosítása, a forgalombiztonság szintje, a zavarkezelés minősége, az utaskapcsolatban résztvevő munkavállalók magatartása, vagy a tisztaság biztosítása. Vannak olyan tényezők is, ahol a megrendelői és szolgáltatói felelősség elválasztása nem egzakt, például a gördülőállomány összetétele és minősége (ennek megfelelően korossága, megbízhatósága, esztétikuma és komfortossága), hiszen a közszolgáltatás finanszírozottsága eredendően befolyásolja a minőségét (és mennyiségét), ugyanakkor a karbantartási tevékenység is determináns. A budapesti utaselégedettségi adatok esetében például alapvető adottságként jelentkezik a kiterjedt és sűrű hálózati lefedettség (elérhetőség – 86%), a már kifejlesztett, digitalizált információs rendszer (utastájékoztatás – 85%), a városi vasutak elkülönített és átszállásmentes közlekedési hálózatának megbízható működése (megbízhatóság – 85%, gyorsaság – 84%). Ugyanakkor a nagyvárosi környezet sajátosságaként jelenlevő közbiztonsági kockázatok, illetve az elavult járműpark (főként autóbusz és villamos) állapota, klíma nélküli, magaspadlós kialakítása hozzájárultak ahhoz, hogy a Biztonság és Komfort minőségi tényezők értékelése átlagon aluli volt (81%, 80%). Ez arra mutat rá, hogy az elégedettségi felméréseken keresztül az igénybe vevők a szolgáltatási minőséget összességében és nem kizárólagosan csak a közszolgáltató(k) produktumát értékelik.

Mindkét tényező csoport (objektív és szubjektív minősítési elemek) kulcsfontosságú a közlekedési közszolgáltatás teljesítményének értékeléséhez, így tehát, ha valamelyik nem kerül figyelembevételre, akkor elvesznek információk és az eredmények sem tükrözik megfelelően a valóságot. A szolgáltatás teljesítményének használható és megbízható értékelési rendszere a kétféle mérőszám kombinálásával nyerhető [43]. A különböző szereplők (megrendelő, felhasználó, szolgáltató, egyéb közlekedési résztvevők) eltérő prioritásai okán, a szolgáltatási minőség értékelése egy többváltozós szempontrendszer segítségével végezhető el (melynek alapinformációját egy részletes állapotfelmérés jelentheti).

Egy gyakorlati példa a frankfurti közlekedési közszolgáltatási rendszer, melyben bár objektív elemek is szerepelnek, a szolgáltató minősítését alapvetően a szubjektív utasvélemények határozzák meg [44]. A Frankfurt am Mainban alkalmazott közösségi közlekedési rendszer közszolgáltatási szerződésen alapul, melyben pontosan definiálásra kerültek a minőségi indikátorok (melyeket évről-évre felülvizsgálnak). A mutatók egy része objektív (értékelésük ellenőrzéseken alapul), másik része szubjektív (utaselégedettségi felmérésekre épül). A szolgáltató ösztönzésének része egy bonus-malus rendszer (maximum az éves kompenzáció 5%-a lehet), de amíg a malus (büntetés) összegének meghatározásakor mind az A, mind a B típusú mutatók figyelembevételre kerülnek, addig a bonus összegének meghatározásánál csak a B típusú (tehát utaselégedettségen alapuló, szubjektív megítélésű) indikátorok a mérvadók. Az értékelési rendszerben a 13 féle A típusú mutatóhoz (A1-A13) és a 8 féle B típusú mutatóhoz (B1-B8) százalékos értékek kerültek hozzárendelésre (a 8. ábra szerinti eltérő aránnyal, de összesítve 100%-ban mindkét mutatócsoportnál). Az eltérő súlyarányoknak megfelelően az indikátorokhoz tartozó pénzügyi értékelések (bonus-malus) különböző nagyságrendben jelentkeznek.

Az utasszámadatok azt mutatják, hogy a közszolgáltatási szerződésben alkalmazott szigorú „minőség-ellenőrzési" rendszer is hozzájárult ahhoz, hogy a közösségi közlekedést igénybe vevő utasok száma évről-évre növekedett a COVID19 járványt megelőző időszakban (Frankfurt am Main).



8. ábra

Minőségi kritériumok súlyaránya (VGF) [44]

Konklúzió

Vizsgálataim során arra a fontos következtetésre jutottam, hogy a közösségi közlekedés szerepének megerősítését célzó intézkedések vonatkozásában az aktuális gazdasági, társadalmi, környezeti peremfeltételek jellemzően nem kedveznek a mennyiségi teljesítménybővítési törekvéseknek, ezért előtérbe szükséges helyezni a szolgáltatási minőség javítását, természetesen figyelembe véve a hatékonyságjavítási célkitűzéseket is. A működési kockázatok terén megnyilvánuló külső és belső kényszerítő erőhatások okán a két szempontrendszernek (hatékonysági és minőségi) egymással parallel módon kell megjelennie és érvényesülnie mind a megrendelői elvárások, mind a szolgáltató által nyújtott teljesítmény kapcsán. Az általam feltárt szakirodalmi vonatkozások alapján a szolgáltatási minőségnek főként az attraktivitásban és az igénybe vevők számának fokozásában van jelentősége.

A közösségi közlekedés szolgáltatási minőségének leggyakrabban percipiálható megítélése az utazási komfort (vagy utaskomfort) terén jelentkezik a felhasználók szempontjából. Amennyiben a Megrendelő csak ezen vélemények alapján kívánja minősíteni a nyújtott szolgáltatást, akkor számolni kell azzal, hogy az utasok észrevételei szubjektív meggyőződésre épülnek és jellemzően nem veszik figyelembe a működtetés peremfeltételeit, melyek azonban éppen a fenntarthatóság szempontjából meghatározóak. Az általam tanulmányozott közszolgáltatási szerződésekből ugyanakkor kitűnik, hogy a megrendelők többnyire olyan objektív értékelési rendszerek kialakítására törekednek, melyek szükségszerűen alapul veszik a szolgáltatási feltételeket és lehetőségeket (például műszaki színvonalat) és előre definiált indikátorok alapján történő periodikus minősítésre épülnek. Megítélésem szerint mind a szubjektív, mind pedig az objektív minősítési elemeknek aktív szerepet kell kapniuk a szolgáltatási minőség időszakos értékelésében.

Irodalomjegyzék

[1] United Nations: Sustainable transport, sustainable development. Interagency report for second Global Sustainable, 2021, https://sdgs.un.org/publications/interagency-report-second-global-sustainable-transport-conference (2023.05.30.)

[2] United Nations: The World's Cities in 2018. Data Bookled, UN Population Division Population studies, New York, 2018, ISBN 978-921-148-306-2

[3] UITP: Better Urban Mobility, Playbook. Kiadvány, Brüsszel, 2021

[4] European Commission: EU Transport in figures. Statistical Pocketbook, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-927-603-843-6

[5] Tosics I.: Élhető, vagy működő város? Városi Közlekedés, 2006, 46 (5) 244-251

[6] European Commission: Az európaiak hozzáállása a városi mobilitáshoz. Az Eurobarométer 406. sz. különjelentése, A.zip kötet. European Commission, Directorate-General for Communication. 2014, http://data.europa.eu/88u/dataset/S1110_79_4_406 (2022.05.19.)

[7] IEA: Energy Efficiency 2020. IEA Publications, France, 2020

[8] European Environment Agency: The first and last mile – the key to sustainable urban transport. Transport and environment report, No 18/2019, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-929-480-205-7

[9] European Enviroment Agency: Environmental noise in Europe — 2020. EEA Report-No 22/2019, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-929-480-209-5

[10] Callahan, G.: What is an Externality? The Free Market 19, (8), 2001, https://mises.org/library/what-externality?control=367 (2022.05.19.)

[11] European Commission: Handbook on the external costs of transport (Version 2019 – 1.1). Directorate-General for Mobility and Transport, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN 978-927-618-184-2
[12] Szalmáné Cs. M. - Bíró K.: A fenntartható közlekedés klímainnovációs vonatkozásai. Logisztikai Évkönyv 2022, Budapest, 273-285 p.
[13] Greene, D.L. - Wegener, M.: Sustainable Transport. Journal of Transport Geography, 1997, Vol. 5 (3), 177–190 (PII: S0966-6923(97)00013-6)
[14] UITP Europe: Public Transport Benefits (Mobility for (Y)EU – Benefits for all), https://ptbenefits.uitp.org/pt-benefits/ (2022.05.19.)
[15] Európai Bizottság: The European Green Deal. Brüsszel, COM(2019)640 final
[16] Európai Bizottság: Útiterv az egységes európai közlekedési térség megvalósításához – Úton egy versenyképes és erőforrás-hatékony közlekedési rendszer felé (Fehér Könyv). Brüsszel, COM(2011)144
[17] Európai Bizottság: Együtt a versenyképes és erőforrás-hatékony városi mobilitás felé. Brüsszel, COM(2013)0913
[18] Tímár A.: Mobilitás, mint szolgáltatás: helyzetkép és fejlődési tendenciák. Közlekedéstudományi Szemle, LXIX. évf. (1) 5-13. p., 2019
[19] Európai Bizottság: Fenntartható és intelligens mobilitási stratégia – az európai közlekedés időtálló pályára állítása. Brüsszel, COM(2020)789 final
[20] Nemzeti Fejlesztési Minisztérium: Nemzeti Közlekedési Infrastruktúra-fejlesztési Stratégia (2014). Stratégiai dokumentum, Stratégia Konzorcium, Budapest
[21] Miniszterelnökség: A 2021-2027 közötti időszak operatív programjainak stratégiai környezeti vizsgálata (Integrált Közlekedésfejlesztési Program Plus). Összefoglaló jelentés, 2021
[22] BKK Zrt.: Budapesti Mobilitási Terv. Készítette a BKK Zrt. által megbízott konzorcium (BME ITS Zrt., Boda and Partners Kft., Trans-Sport Consulting Bt.), Budapest, 2020, https://budapest.hu/SiteAssets/Lapok/2019/budapesti-mobilitasi-terv-2030/BMT2030%20I%20web.pdf (2022.12.26.)
[23] Budapest 2030 Hosszú távú városfejlesztési koncepció (2014). Összefoglaló kiadvány. Budapest Főváros Önkormányzatának hivatalos oldala, https://budapest.hu/Lapok/V%C3%A1rosfejleszt%C3%A9si-dokumentumok.aspx (2022.05.19.)
[24] NKK Zrt. (2021): Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia. Készítette az ITM által megbízott konzorcium (Trenecon Kft., Főmterv Zrt., KTI Nonprofit Kft.). https://budapestvasut2040.hu/wp-content/uploads/2022/01/BRN_strategia_v18_final.pdf (2022.12.27.)
[25] Horváth M. T.: Közszolgáltatások szervezése és igazgatása. Tankönyv a köztisztviselők továbbképzéséhez. Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest, 2007, 3-12. p.
[26] Lapsánszky A.: A közszolgáltatás fogalmának, tartalmának, tagolásának általános alapjai a hírközlési szolgáltatási rendszer mintáján keresztül. Jog, állam, politika, 1 (3), 66-109. p., 2009
[27] Kiss N.: A minőségi közszolgáltatások hozzájárulása a versenyképességhez. Tanulmány. Nemzeti Foglalkoztatási Szolgálat, Budapest, 2011
[28] Az Európai Parlament és a Tanács 1370/2007/EK rendelete (2007. október 23.) a vasúti és közúti személyszállítási közszolgáltatásról
[29] 2012. évi XLI. törvény a személyszállítási szolgáltatásokról
[30] Eurostat Database (2021): Modal split of passanger transport. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tran_hv_psmod/default/table?lang=en (2022.05.27.)
[31] Steg, L.: Can public transport compete with the private car? IATSS Research, Volume 27 (2), p. 27-35., 2003
[32] Duleba Sz.: A Hierarchical Model to Evaluate Public Transport's Supply Quality. In: Acta Technica Jaurinensis, Vol.3 (3) (2010), 377-382. p., 2010, ISSN 2064-5228 (Online), https://acta.sze.hu/index.php/acta/article/view/86 (2022.05.23.)
[33] Seco, Á. – Gonçalves, J.H.: The quality of public transport: Relative importance of different performance indicators and their potential to explain modal choice. In: Urban Transport and the Environment in the 21st Century – Urban Transport 2007 Conference, (96), Coimbra, DOI:10.2495/UT070301

[34] Moslem, S. - Çelikbilek, Y.: An integrated grey AHP-MOORA model for ameliorating public transport service quality. European Transport Research Review, 12 (1), 1-13. p., 2020
[35] The National Academies: Transit Capacity and Quality of Service Manual. The National Academies Press, Washington, DC, 2013, Third Edition, 4/1-32. p., ISBN 978-0-309-28344-1
[36] Le Callet, P. - Möller, S. - Perkis, A.: Qualinet White Paper on Definitions of Quality of Experience. In: EU COST action 1003 QUALINET, 1.2, Lausanne, Switzerland, 2013
[37] Lengyel T. (Szerk.): Közlekedésföldrajz. ELTE tananyag, p. 1-10., 2007
[38] Alkharabsheh, A. - Moslem, S. - Oubahman, L. - Duleba Sz.: An Integrated Approach of Multi-Criteria Decision-Making and Grey Theory for Evaluating Urban Public Transportation Systems. In: Sustainability, 13, 2740, 2021
[39] BKK Zrt.: BKK utaselégedettségi felmérés prezentáció, Budapest, 2022
[40] Chocholac, J. - Sommerauerova, D. - Hyrslova, J. - Kucera, T. - Hruska, R. - Machalik, S.: Service quality of the urban public transport companies and sustainable city logistics. In: Open Engineering, 10 (1), 86-97. p., 2020
[41] Duleba, Sz. - Mishina, T. - Shimazaki, Y.: A dynamic analysis on public bus transport's supply quality by using AHP. In: Transport, 27(3), 268-275. p., 2012
[42] Nathanail, E.: Measuring the quality of service for passengers on the Hellenic Railways. In: Transportation Research Part A Policy and Practice, 42 (1), 48-66. p., 2008
[43] Tyrinopoulos, Y. - Aifadopoulou, G.: A complete methodology for the quality control of passenger services in the public transport business. In: European Transport, 38 (38), 1-16. p, 2008
[44] Proske, B.: Transit Service Contract Design, Tender and Monitoring Case of Frankfurt, Local public transport authority for the City of Frankfurt am Main. In: Training on Transit Alliance and Contract-based Transit Service, Foshan, China, 2016, https://changing-transport.org/wp-content/uploads/2016_Contracting_Fundamentals_Frankfurt_Germany.pdf (2022.05.24.)

A közösségi közlekedés szerepe a térgazdaság versenyképességében

A centrum-periféria reláció nemzetgazdasági összefüggéseinek kapcsolatrendszerei

Dr. Káposzta József[1] – Dr. Tóth Tamás[2]

[1,2] BKV Zrt. Stratégiai Főosztály
telefon: +36/30 36551536
e-mail: [1]kaposztaj@bkv.hu, [2]tothta@bkv.hu

Abstract

A nemzetgazdasági növekedéshez szorosan kapcsolódó területi versenyképesség vizsgálata, okozati összefüggéseinek elemzése napjaink egyik meghatározó gazdaságfejlesztési kérdései közé tartozik. Összetettsége a térben működő mozgástörvények összefüggéseitől, azok kontextusától függően folyamatos változik, így a tényezők rendszerének módosulásai alapjában befolyásolják a tér minőségi fejlődését, ezen belül a jólét kialakulását. Figyelembe véve a területi különbségek hatásait, megfogalmazható, hogy a területek között kialakult termelékenységi különbözőségek, a rugalmatlan bérek és árak, a humántőke állapota, a beruházások értéke, a működő tőke adszorpciós képessége mindmind hatással vannak a gazdaság egyensúlyi állapotára. Egymásra gyakorolt hatásuk alapján egyre inkább meghatározóvá válik a térgazdaságban a centrum/periféria, illetve a város/vidék kontextus, így ezen összefüggések kapcsolatrendszerei is fontos tényezői a versenyképességi vizsgálatoknak. Ilyen kiemelt város/vidék ellentét figyelhető meg Budapest esetében is, aminek nemzetgazdasági szerepe és jövője elválaszthatatlan az országos trendek fejlődésétől. A tényezők összetettségéből jelen tanulmányunkkal egy tényezőt – a közösségi közlekedést – és annak nemzetgazdasági hatását szeretnénk olyan nézőpontból vizsgálni, amivel bemutathatjuk a centrum és periféria összefüggések által gyakorolt területi versenyképességi hatásokat.

Kulcsszavak: *centrum, periféria, közösségi közlekedés, területi versenyképesség, Budapest*

Bevezetés

A térgazdaság növekedési kérdései kétségtelenül az érdeklődés középpontjában állnak, mivel a növekvő gazdasági fejlődés velejárójává vált a területi különbségek folyamatos növekedése. A globalizáció hatására megszűnő távolságok új gazdasági irányokat és trendeket hoztak életre, amik jelentősen hozzájárultak a területi különbségek további fokozódásához. A térgazdaság ezen sürgető problémái napjainkra már nemcsak a rurális területek és annak hátrányait, hanem a városi élet jellemző problémáit is érintik. Nyugodt lelkiismerettel állíthattuk, hogy az adott térben működő nemzeti kormányok nagyban érdekeltek a területi gazdasági növekedés folyamatos eredményeiben és a területi különbségek mérséklésében. Megállapítható, hogy nagy ráhatással rendelkeznek ezen folyamatok befolyásolásában és hasonlóan nagy a felelősségük abban, hogy a területi versenyképesség a társadalmilag megkívánt irányba vigyék az országot

előre. Ezen összefüggések alapján kiemelt szerep jut a centrumok és a perifériák esetében a gazdasági és társadalmi különbségek csökkentésének.
Hiába tűnik egyértelmű feladatnak a fentiekben vázolt összefüggés, mégis azt mondhatjuk, hogy kevés olyan ország van, amely valaha is következetes politikát folytatott volna a területi tervezést illetően. A II. Világháborút követően az 1950-es évektől kezdve némi csalódottság figyelhető meg a gazdaságpolitika összefüggéseiben, hiszen megfigyelhető, hogy az úgynevezett fejlődő országok fejlődési üteme nem éri utol a fejlettebbeket, még akkor sem, ha különféle folyamatos és nagy mértékű nemzetközi támogatásokat kapnak. Napjainkra már jól látható, hogy számos régió támogatásokkal együtt sem képes a növekvő versenyképesség útjára lépni, így a gazdaság- és társadalomfejlesztési irányok átfogó elemzésére van szükség ahhoz, hogy a területi különbségek csökkenhessenek. Számos meghatározó nemzetközi modell a területi versenyképesség változásait a fizikai tőkével és a beruházások mértékével magyarázza. Vizsgálataink is alátámasztják, hogy a fenti tényezők közül összességében a legnagyobb regionális komplementer hatással a beruházások fejlesztése jár, hiszen ezek a technológiai újítások generálásával, korszerű, modern innovációk telepítésével hozzájárulhatnak a munkaerő-állomány képzettségének növeléséhez, s ezáltal újdonságfogadási képességének bővítéséhez, ami az oktatás, a képzettség színvonalának növekedését is eredményezheti. A gazdasági és infrastrukturális beruházások az adott térségben és annak gravitációs zónájában (agglomerációjában) hatással vannak az infrastrukturális ellátottságra, a közszolgáltatások színvonalára, intézményi ellátottságára, így ezek újabb befektetésbővülést válthatnak ki, amelyek azután ismét serkentőleg hatnak a kapacitásokra, a jövedelmekre, így a komplementer effektusaik révén további növekedési folyamatokat indíthatnak el a területi versenyképesség fejlődésében. Ezen folyamat kiemelten megfigyelhető Budapest és agglomerációjában is, hiszen a fővárosi gazdasági koncentráció következtében betöltött szerep vitathatatlan. Mindezen összefüggések alapján kijelenthető, hogy a főváros gazdasági centrumszerepe kiemelten meghatározó Magyarország nemzetgazdasági ágainak fejlődésében, a makrogazdasági folyamatok jövőbeli bővülésében [1].

1. A területi versenyképesség összefüggései

A területi versenyképesség rendszerét a mikro- és a makrogazdaság versenyképességi szintje közé pozícionálhatjuk, amely fokozatosan növekvő figyelmet követel magának. Figyelmet, hiszen a globalizált világunkban a területi versenyképesség a jólét egyik meghatározó tényezője. A területi versenyképesség vizsgálata nemcsak tudományos kutatási kérdés, hanem politikai tervezési és cselekvési színtér is egyben, hiszen komplex hatással van a társadalmi fejlődésre is [2]. A nemzetközi szakirodalmak szerint a területi versenyképesség nem tekinthető csupán nemzetgazdaság részének, hiszen egy területi egység nem írható le pusztán a térben működő vállalkozások összességeként és nem is jellemezhető a nemzeti versenyképesség kicsinyített változataként sem. Kijelenthető, hogy a régiók saját önálló versenyképességi tulajdonságokkal rendelkeznek, hiszen a gazdasági- és társadalmi tényezőik (nem is beszélve a földrajzi elhelyezkedésük hatásairól) különbözővé teszik őket [3]. A területi versenyképesség legtöbbet idézett definícióját Meyer-Stamer fogalmazta meg, aki úgy véli, hogy egy régió feladata az adott endogén források optimális kihasználása mellett a növekvő és fenntartható jövedelem termelése [4]. Ezeket összekapcsolva nemcsak a termeléssel összefüggésben fogalmazhatjuk meg a versenyképesség összefüggéseit, hanem a termelékenység és az általános gazdasági teljesítmény is bekerül a vizsgálat szempontrendszerébe, mint a tartós jólét meghatározó tényezője [5, 6].

Canto Fresno és Kitson et al. kutatásait elemezve láthatjuk, hogy egy terület vizsgálata esetében kiemelkedő hangsúlyt kap a versenyképesség, amit a termelékenységgel kapcsolatos előnyökben, az innovatív, tudásintenzív gazdasági ágak fejlesztésében csúcsosodnak ki [7, 8]. Természetesen ezek mellett meghatározott szerep jut a társadalmi dimenziók regionális és városi szintjének fejlődésére is, hiszen ezen gazdasági fejlesztésekben kiemelten fontos a képzett munkaerő léte. Kutatásaikban a területi versenyképesség tényezőit különböző tőketípusonként foglalják össze, úgymint termelő, humán, társadalmi-kulturális, infrastrukturális és szellemi tőke. Mindezek alapján megfogalmazzák, hogy a régióknak feladatuk összpontosítani az említett tőketípusok és az endogén források fejlesztésére, amik hatására javul a területi versenyképesség, bővül a gazdaság színvonala, a vállalatok termelékenysége és ezáltal a lakosság életminősége [9].
Annoni és társai a fentiekhez hasonló makrogazdasági kapcsolatrendszert fogalmaznak meg, amikor a területi versenyképességet a régió azon képességeként határozzák meg, hogy menynyire képes vonzó és fenntartható környezetet kínálni a vállalkozások és a dolgozni szándékozó lakosság számára [10]. Mindezek alapján jól látható, hogy kétirányú kapcsolat van a területi versenyképesség és az üzleti versenyképesség között. Ezen kutatásokból is jól látható, hogy a jó gyakorlatokkal rendelkező vállalkozások hozzájárulnak a régió versenyképességének növekedéséhez, innovációs képességükkel, forrásmegkötésükkel kedvező makrogazdasági környezetet és a versenyképesebb munkaerő teremtenek [7, 11].
A történelmi tapasztalatok alapján megállapítható, hogy a kiemelkedő innovativitás elsősorban a méretében nagy és dinamikájában fejlődő városokra jellemző. Statisztikai vizsgálatok alapján kimutatható, hogy erős pozitív kapcsolat van a városnagyság, a városiasodás foka és az innovációk elterjedése között. Ezek alapján megkülönböztetünk innovatív magrégiókat és perifériát. A centrumok a perifériákkal függőségi kapcsolatban állnak, és zárt területi rendszert alkotnak. A centrum és a periféria között fennálló kapcsolatokat az alábbi összefüggések jellemzik [12]:

- A centrum kikényszeríti a periféria szervezeti függőségét, amelyet a centrum intézményeinek a perifériákon való megjelenése testesít meg.
- A centrum periféria feletti uralmát önerősítő polarizációs mechanizmusok serkentik, ezeket „feedback" (visszacsatolási) hatásoknak nevezzük.
- A hatalmi viszonyok előre nem látható következményei miatt a centrum innovációi előbb-utóbb a perifériákon is bevezetésre kerülnek és információk áramlanak egyre erőteljesebb ütemben a függő területekre.
- Ha a konfliktusok levezetése a centrum hatalmi elitjének érdekében áll, akkor meggyorsítja az innovációk terjedését, az azokat kísérő hatásokat a periférikus régiókban.

Összességében megállapítható, hogy a gazdasági centrumok és gravitációs zónáik iránt fokozott érdeklődés figyelhető meg az endogén fejlődési folyamatok vizsgálatakor, így a lokális, a regionális, valamint a nemzetgazdasági versenyképesség növekedésében és a jólét bővülésében betöltött szerepük megkérdőjelezhetetlen. Mindezek alapján jól látható, hogy különösen fontos szerepe van a területi versenyképesség fejlesztésének, amely a fejlődés hatására képes kedvező környezetet biztosítani a vállalkozások számára, így ezen folyamattal megerősíti és megszilárdítja a legfontosabb célt: a lakosság jólétének bővülését.

2. Budapest nemzetgazdasági szerepének vizsgálata

A gazdaságilag kiemelt centrumszerep jól modellezhető Budapest esetében is, hiszen az előzőekben említett számos gazdasági és társadalmi mutató is meghatározóan befolyásolja a főváros nemzetgazdaságban betöltött szerepét. A fővárosi térség értékeit több dolog is bizonyítja: Bu-

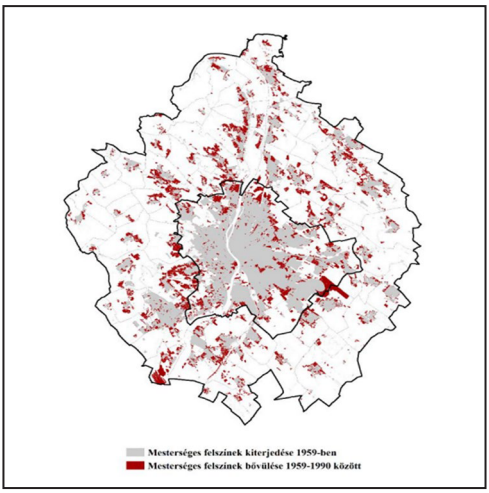
dapest, ahogy az európai fővárosok is a kultúra, a tudomány, az oktatás, az innováció terei, a globális versenyképesség letéteményesei. Az ország fejlődésének a motorja, történetileg is kiemelt szerepet játszott a gazdasági, a társadalmi modernizációban. Hazánkban ez a térség koncentrálja az ország meghatározó gazdasági erőit és jövőbeni potenciáit. Itt képződik a nemzeti jövedelem 40%-a, itt kerül befizetésre az összes állami adóbevétel több mint harmada. 2000-ben Budapesten volt a külföldi érdekeltségű vállalkozások 53,75%-a és az országban bejegyzett külföldi működő tőke 58%-a, ami az elmúlt 20 év alatt tovább gyarapodott. Jelenleg a külföldi érdekeltségű vállalkozások nem egész 61%-a és az országba érkező külföldi tőke 54%-a található itt.

Budapest társadalmi szerkezete számos sajátosságot mutat, hiszen itt koncentrálódik a képzett, felsőfokú végzettséggel rendelkező népesség számottevő hányada. Az országos 23%-kal szemben a fővárosi térségben 35,5% a felsőfokú képzettek aránya. A budapesti metropolisztérségben kétszerese a diplomások aránya a többi régióhoz képest, így a kutatás-fejlesztési potenciál 67%-a ide koncentrálódik. Itt kell megállapítanunk, hogy a Visegrádi négyek Budapesten kívüli három fővárosában ez az arány jóval magasabb, így a regionális lemaradás ezen a téren jelentős.

A Fővárosban számos nemzetközi szervezet, pénzintézet, multinacionális cég leányvállalata is megtalálható. Fejlődése szempontjából jelentős az ingatlanszektorba befektetett külföldi tőke, hiszen az itt épült bevásárlóközpontok, a több funkciójú szolgáltató centrumok, az új szállodák és irodaházak, a modernizálódott városrészek is a fejlődést mutatják.

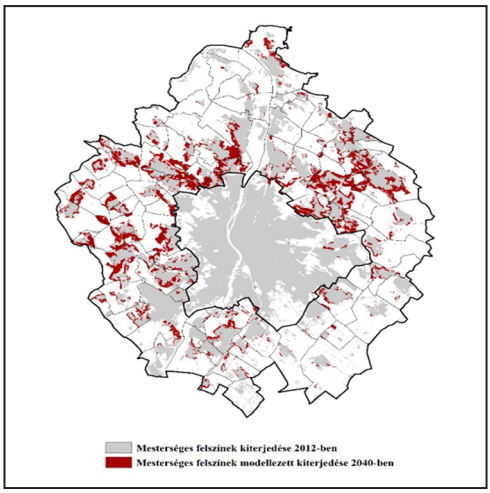
Budapest Magyarország egyetlen európai léptékben is jelentős, millió főt meghaladó metropolisztérsége. Budapest és agglomerációja társadalmi-gazdasági szempontból az országon belül markáns területi egységet képez, mivel itt élt a népesség 27%-a, ide koncentrálódott a munkahelyek 28,4%-a és a lakott lakások 30,5%-a. A lakosság létszámának változását vizsgálva megállapítható, hogy az elmúlt 20 év alatt 10%-os növekedés volt megfigyelhető. A budapesti metropolisztérség (amelynek része a budapesti agglomerációs övezet is) népesség növekménye két folyamatból táplálkozik. Egyrészt a fővárosból történő kiköltözések számának növekedéséből, másrészt a vidéki településekről való beköltözésből.

A városi szétterülés következtében 1990 óta Budapest részesedése a városrégió népességéből 14,3%-kal csökkent, de eközben az agglomeráció népesedési súlya 42,1%-kal nőtt. A KSH vonatkozó adatai alapján a főváros lakossága 1990 óta mintegy 13%-kal, közel 259 ezer fővel csökkent. Miközben az agglomerációs övezet lakossága 20%-kal, körülbelül 110 ezer fővel növekedett a ki- és beköltözések miatt. Ezen folyamat trendjében bár lassulás figyelhető meg, mégis a változás a vizsgálatok alapján nem fog megállni. A 2012-2040 közötti időszakra előre jelzett területhasználati változások fő irányai összhangban vannak az előzőekben vázolt folyamatokkal, hiszen az ide vonatkozó kutatások a mesterséges épített felszínek további 193 km^2 -es növekedését mutatják 2040-ig. Ez évente átlagosan 5 négyzetkilométernyi új beépítést jelent (elsősorban) az agglomerációban, ami az 1990-es évek gyors növekedésénél ugyan lassabb, de a 2012–2018 közötti időszaknál gyorsabb (1., 2. ábra). Figyelembe véve az elmúlt évek gazdaságfejlesztési trendjeit prognosztizálható, hogy a jövőben is a gazdaság konjunkturális időszakaival összehangban fog váltakozni a beépítés intenzitása, így e tekintetben az előrejelzés pontossága a hosszabb távon kialakuló átlagos érték függvénye. Az előre jelzett 193 km^2 -es új beépített terület kb. 71%-a lakófunkcióval rendelkezik majd, míg a fennmaradó rész a gazdaság (ipar és kereskedelem) jövőbeni térfoglalását szolgálja [13].



1. ábra

A mesterséges (beépített) felszínek növekedése a budapesti városrégióban 1959 és 1990 között
Forrás: [13]



2. ábra

A mesterséges (beépített) felszínek várható növekedése a budapesti városrégióban 2040-ig
Forrás: [13]

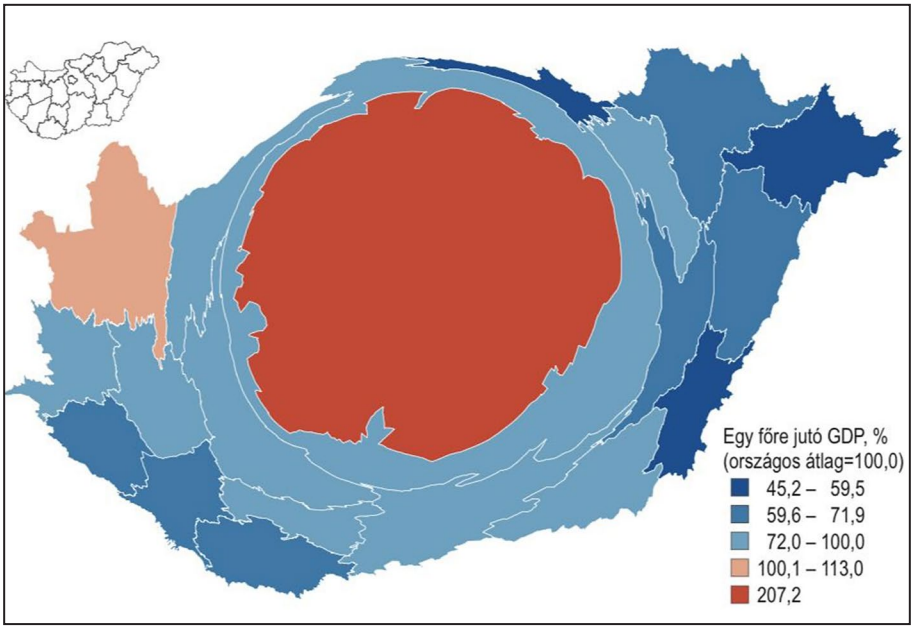
Budapest esetében is kiemelten megfigyelhető a sziget-hatás, hiszen kiemelkedik az ország egészéből, de közvetlen régiójából és körülvevő térségéből egyaránt, sőt a Fővárost körülvevő terület (agglomeráció) növekedési dinamikáját is meghaladja a gazdasági teljesítménye. A Főváros jövedelem elszívása az egész nagytérségre, annak minden egyes alcentrumára jellemző, ugyan eltérő és egyben változatosan különböző intenzitással, de kijelenthető, hogy az ország gazdasági potenciálja itt összpontosul.

A közösségi közlekedés pozitív hatással van egy város GDP-jére, mivel elősegíti a gazdasági növekedést és a munkahelyteremtést egyaránt. A továbbiakban kutatásunk alapján néhány példát fogalmaztunk meg a közösségi közlekedés gazdasági hatásaira:

- Munkahelyek és gazdasági növekedés: A közösségi közlekedés megkönnyíti az emberek mobilitását, ami elősegítheti a munkahelyek megközelítését. Ha a munkavállalók könnyebben elérhetik a munkahelyüket, akkor nagyobb eséllyel tudnak vállalni olyan munkákat, amelyek távolabb vannak a lakhelyüktől. Ezáltal a város gazdasága erősödhet, mivel a munkahelyteremtés és a gazdasági aktivitás növekedhet.
- Jobb üzleti lehetőségek: A közösségi közlekedés segíti az embereket abban, hogy könnyebben elérjék az üzleteket és az üzleti negyedeket, amelyek nagyobb üzleti lehetőségeket kínálnak. A közlekedési kapcsolatok javítása és a közösségi közlekedés bővítése ezáltal segíthet a kiskereskedelmi és a szolgáltató szektorok fejlődésében.
- Infrastruktúra-fejlesztés: A közösségi közlekedési infrastruktúra kiépítése, karbantartása és fejlesztése jelentős gazdasági előnyöket jelenthet egy város számára. A közlekedési infrastruktúra fejlesztése jelentős beruházásokat igényel, amelyek munkahelyeket teremtenek és serkentik a helyi gazdaságot.
- Közlekedési költségek csökkentése: A közösségi közlekedés lehetővé teszi az emberek számára, hogy csökkentsék az egyéni közlekedéshez kapcsolódó költségeiket. Az olcsóbb közösségi közlekedési lehetőségek segíthetnek a városi lakosság számára, hogy több pénzt

költsenek a fogyasztásra és a szórakozásra, ami további gazdasági előnyöket jelenthet egy város számára.

Mindezen összefüggések alapján megállapítható, hogy ezen tényezők együttesen segítik a városok GDP növelését, és hozzájárulnak a gazdasági stabilitás- és fejlődés javításához, a magasabb életminőség biztosításához.

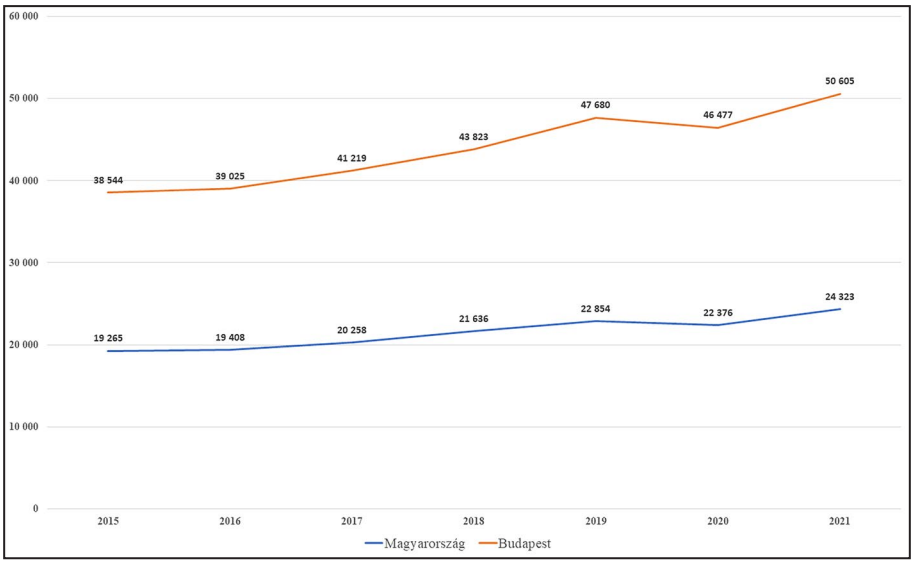


3. ábra

Egy főre jutó GDP, % [Forrás: 14]

Magyarország GDP adatait vizsgálva is megfigyelhetőek a területi különbségek, természetesen nem akkora szélső értékekkel, mint azt a világviszonylatban tapasztalhatunk, de a hazai megyék területe a GDP abszolút értékével arányos méretezésben igen hatásosan érzékeltetik a valós gazdasági különbségeket. Ezen gazdasági torzulások természetesen befolyásolják a társadalmi különbségeket is (3. ábra). A fenti ábrából jól látható, hogy Budapest esetében kiemelkedő szerep jut a GDP termelésben, illetve a területi versenyképesség fejlődésében. Ezen keretrendszeren belül kell értelmeznünk azokat a folyamatokat, amelyek egy hatékony gazdaságfejlesztés alapjául szolgálhatnak. A különbségek természetesen komoly kihívásokat jelentenek mind az ország, mind a települések vezetőinek egyaránt. Arról sem feledkezhetünk meg, hogy különböző méretű települések vizsgálatakor nagyságrendi különbségeket kaphatunk, amelyben kiemelkedő Budapest szerepe.

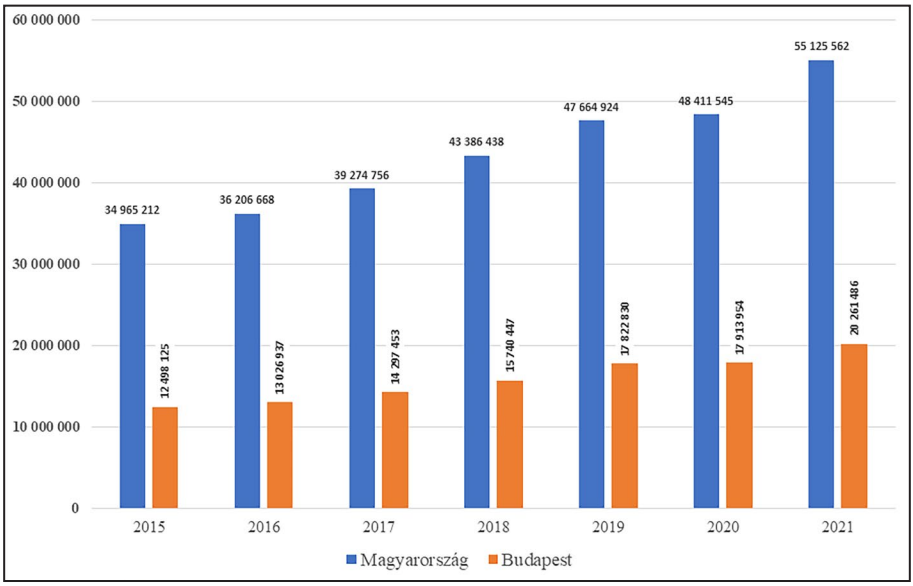
A nemzetközi kutatások alapján megállapítható, hogy várhatóan 2050-re a világ népessége már a 9 milliárdot is meg fogja haladni. E megnövekedett népesség döntő része az úgynevezett megapoliszokban fog majd összezsúfolódni és ezen megapoliszokban olyan összetett fejlesztéspolitikát kell üzemeltetni, ami akár különböző országok méretein is messze túlmutatnak, hiszen 30-40 vagy akár 50 milliós településekről kell majd hosszú távon gondoskodni, működésüket irányítani.



4. ábra

Egy főre jutó GDP vásárlóerő-paritáson (PPS), 2015-2021 [Forrás: 14]

A hazai GDP változásának vizsgálata alapján látható, hogy az elmúlt 6 év átlagos eredményeiben kiemelt növekedés figyelhető meg Budapest esetében (4. ábra), ahol a GDP egy főre jutó vásárlóerő-paritáson való értéke dupla mértéket mutat az országos átlaghoz képest. 2010 és 2020 között Budapest és Pest megye összesített GDP-je közel 70%-kal, míg az országos GDP csak mintegy 30%-kal nőtt ugyanebben az időszakban (5. ábra).

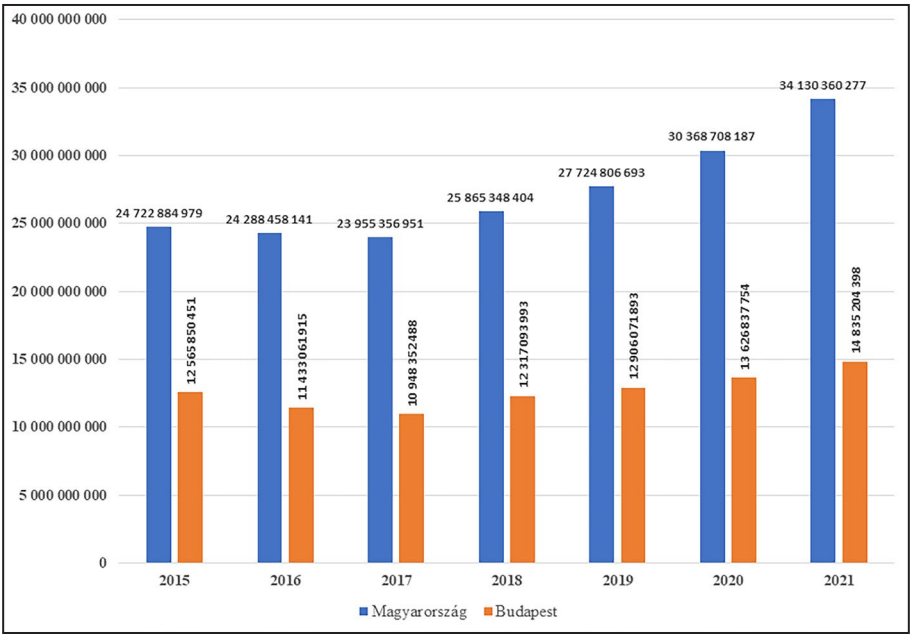


5. ábra

Bruttó hazai termék (GDP) (millió Ft), 2015-2021 [Forrás: 14]

Ezen növekedés hátterében számos tényező áll, például a turizmus fellendülése, az építőipar növekedése, a befektetések növekedése és a szolgáltatások fejlődése. Emellett a kormányzati intézkedések is hozzájárultak a gazdasági növekedéshez, mint például az adócsökkentések és az infrastrukturális beruházások. Az ország, a városok és az egyéb települések sikeres működése esetében tehát kulcskérdés az állam és a társadalom stabilitása, annak biztonsága, fejlődésének tendenciája, aminek egyik meghatározó kulcs tényezője a közösségi közlekedés és az ahhoz kapcsolódó kiegészítő folyamatok, tevékenységek minősége.

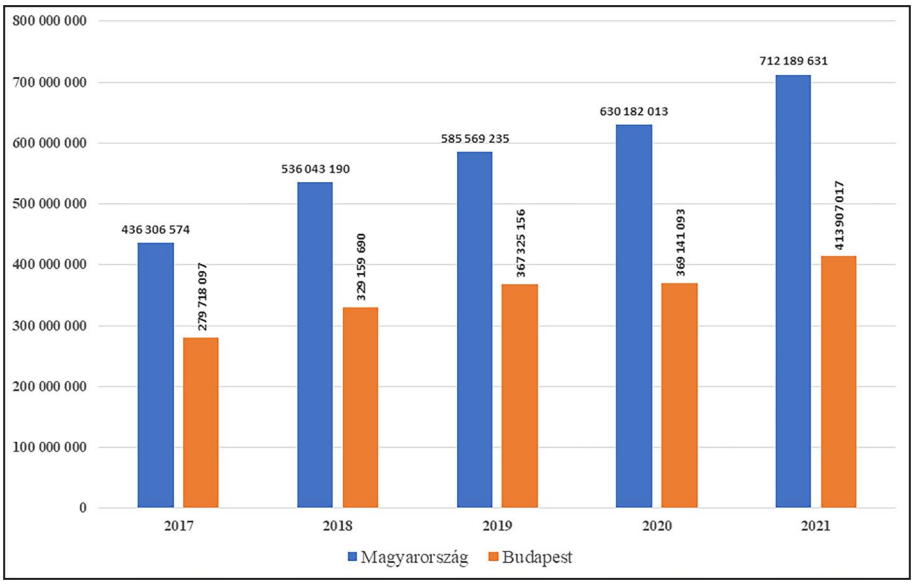
Mindezen összefüggések jól mutatják, hogy az aktuális gazdaságfejlesztési politika jövőbeli fejlesztése, a gazdasági és területi különbségek csökkentése nagy feladatott adnak az adott területek számára. A feladat nagysága korántsem egyforma, mivel Magyarország gazdasága erősen fővároscentrikus. 2021-ben a bruttó hazai termék (GDP) 37%-a Budapesten, további 11%-a Pest megyében koncentrálódott. Ez gyakorlatilag a hazai GDP közel fele, mely teljesítmény nagymértékben a munkavállalók teljesítményének függvénye, amelynek meghatározó részeként kell tekintenünk a munkába járás feltételeinek megteremtésére, a közösségi közlekedés minőségi és mennyiségi paramétereinek fejlesztésére.



6. ábra

Külföldi közvetlen tőkebefektetéssel működő vállalkozások külföldi tőkéje (ezer Ft), 2015-2021 [Forrás: 14]

A lakosság létszámának és a GDP termelésének kiemelkedő eredményei mellet fontosnak tartjuk vizsgálni a külföldi közvetlen tőkebefektetéssel működő vállalkozások külföldi tőkéjének arányát is. A külföldi közvetlen tőkebefektetések elemzésével látható, hogy a működő vállalkozások tőkéjnek markáns hányada is Budapesten található. Ezen eredményekhez hozzá véve Pest vármegye teljesítményét is megállapítható, hogy a vizsgált területi egység és gravitációs zónája az országos számok felét adja. (6. ábra)

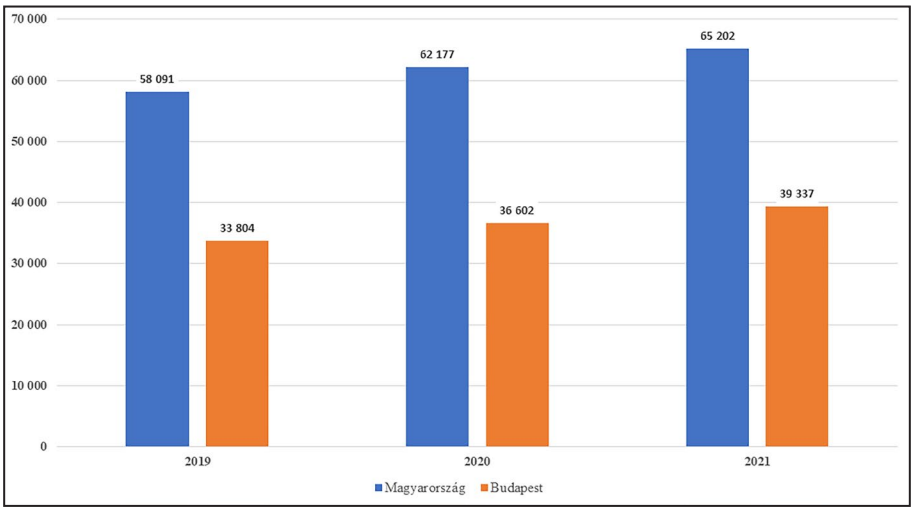


7. ábra

Összes kutatás-fejlesztési (K+F) költség (ezer Ft), 2017-2021

[Forrás: 14]

A vizsgált terület gazdasági adatainak elemzése mellett a kiemelt humánerőforrás létét is fontos tényezőként kell kezelnünk. A fejlett humánerőforrás megléte adja meg a gazdasági fejlődés alapját, így a K+F eredmények meghatározó tényezőit is. A hazai kutatás-fejlesztési (K+F) költségek nagyobb hányada (közel 60%-a) közvetlenül a fővároshoz kötődik (7. ábra), mely tevékenység nagyban hozzájárul a gazdasági folyamatok innovatív fejlődéséhez, a vállalkozások fenntartható fejlődéséhez. Ezen erőforrás koncentrációját mutatják a kutatók létszámának koncentrációs adatai is, mely szerint a hazai létszám mintegy 60%-a Budapestre koncentrálódik (8. ábra).

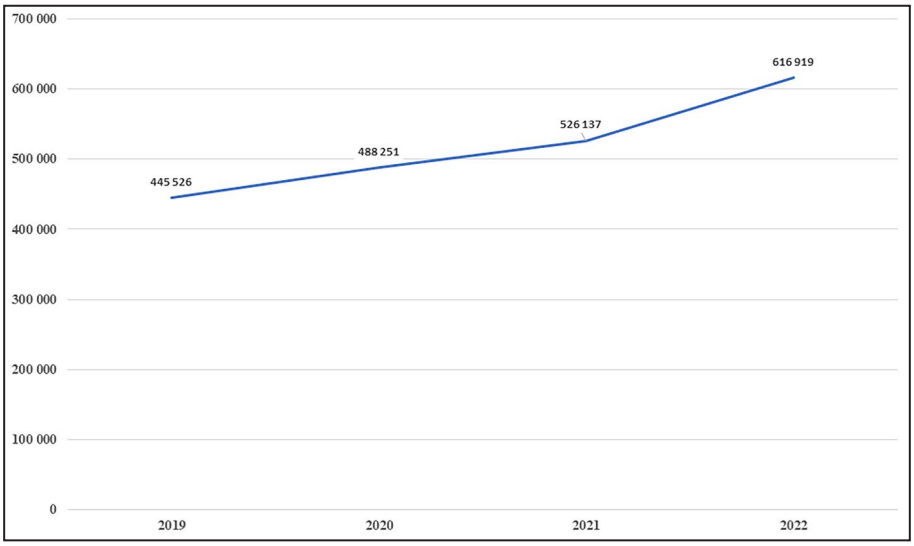


8. ábra

Kutatás-fejlesztési tevékenységet végző kutatók tényleges létszáma (fő), 2019-2021

[Forrás: 14]

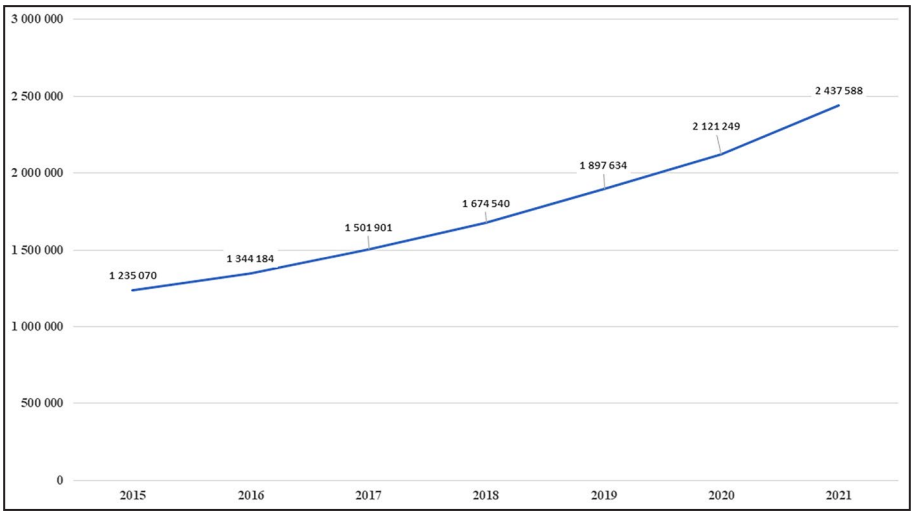
Ezen adatokat támasztja alá a felsőfokú alap- és mesterképzésben résztvevő hallgatók száma is, mivel ezen létszámok esetében is megközelíti Budapest a 60%-os arányt.
Jól látható, hogy a külföldi tőke kiemelkedő aránya, a magasan kvalifikált munkaerő léte és a K+F arányok egy, az országos átlagtól eltérő gazdasági miliőt generálnak, ami az átlagkeresetek területi előnyét is mutatja Budapesten. A teljes munkaidőben alkalmazásban állók bruttó átlagkeresete Budapesten a covid járvány óta eltelt időszakot vizsgálva közel 40%-kal növekedett és folyamatos emelkedést mutat (9. ábra) amely a hazai átlagkereseteket mintegy 100 ezer Ft-tal haladja meg. Ezen többletjövedelem helyben való elköltése, ÁFA és SZJA bevétele jelentős gazdasági előnyt mutat a tercier szektor helyi fejlődése mellett a nemzetgazdasági bevételek kiemelt eredményeihez is.



9. ábra

Teljes munkaidőben alkalmazásban állók bruttó átlagkeresete Budapesten (Ft/fő/hó), 2019-2022
[Forrás: 14]

A növekvő munkabérek és a hozzá kapcsolódó befizetett járulékok arányát tekintve kiemelkedő szerep jut a BKV Zrt.-re is, hiszen a vállalat éves közel 80 milliárdnyi munkabér és járulékterheivel együtt a főváros és egyben a nemzetgazdaság meghatározó gazdasági szereplője. Ezen összefüggések vizsgálatát jól támasztja alá az egy lakosra jutó SZJA adóalap változásának növekvő tendenciája is.



10. ábra

Egy lakosra jutó SZJA adóalapba tartozó éves jövedelem Budapesten (Ft/fő/év), 2015-2021 [Forrás: 14]

Az elemzésünkből jól látható, hogy az egy lakosra jutó SZJA adóalapba tartozó budapesti éves jövedelem elmúlt hat évben bekövetkezett növekedésének mértéke (10. ábra) megközelítette a 100%-os növekedést, mely folyamatok fenntartásához meggyőződésünk szerint nélkülözhetetlen pillér a közösségi közösségi közlekedés magas színvonalú működtetése.

3. BKV Zrt. szerepe Budapest komplex gazdasági eredményeiben

A BKV Zrt. a fővárosi mobilitási rendszer meghatározó tagjaként, a Fővárosi Önkormányzat tulajdonában álló üzemeltető-szolgáltató szerepkörben végzi tevékenységét. Meggyőződésünk szerint Budapest esetében a városi életminőség egyik kulcskérdése az, hogy a közlekedés káros hatásai, a torlódások, a levegő- és zajszennyezés ne korlátozza a fenntartható fejlődés alapjait. Egy jól működő közösségi közlekedési rendszer mind az élettér bővítésével, mind a mobilitás káros környezeti hatásainak csökkentésével hozzá tud járulni a városi élet minőségének javításához, esetünkben Budapest versenyképességéhez. E szerepe mellett jelentős vagyonkezelési feladatot is ellát. A vagyonmegőrzés pozitív hatásait többféleképpen lehet kimutatni, attól függően, hogy milyen szempontokat szeretnénk vizsgálni. Ezek közül kiemelve néhány lehetséges megközelítés:

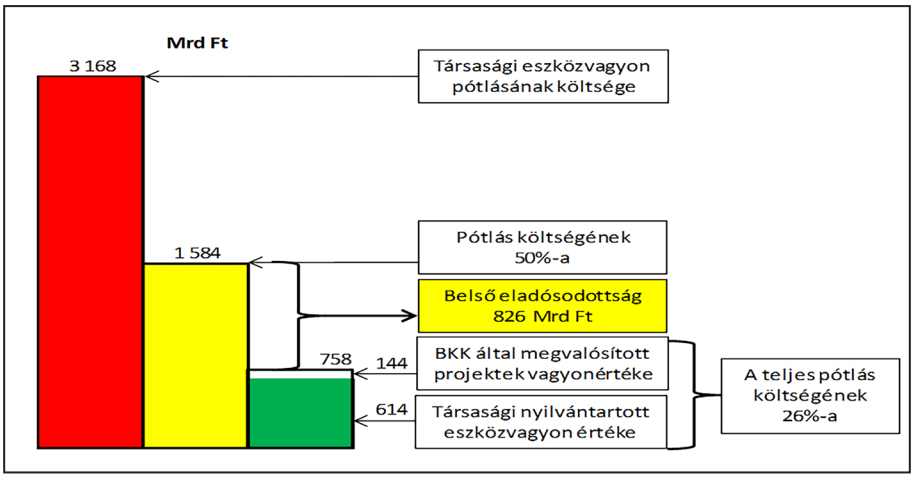
- **Pénzügyi szempontból:** A vagyonmegőrzés pozitív hatásait leginkább pénzügyi szempontból lehet kimutatni. A hosszútávú befektetések például lehetővé teszik, hogy a megtakarított pénzünk kamatozzon, így évek, évtizedek múltán jelentős összegekre tehetünk szert. Ezt számos pénzügyi szakértő, befektetési alapok és portfóliók teljesítménye alapján lehet kimutatni.
- **Biztonság szempontjából:** A vagyonmegőrzés biztonságos érzetet adhat számunkra, mivel tudjuk, hogy az anyagi javaink védelem alatt állnak. Ez különösen fontos lehet a gazdasági válságok vagy más nehéz időszakok idején. Ezt a pozitív hatást pedig felmérésekkel lehet kimutatni, amelyek azt mutatják, hogy a vagyonmegőrzés iránti igény (mind egyéni, mind társadalmi szinten) az emberek többségénél nagyon erős.

- **Pszichológiai szempontból:** A vagyonmegőrzés hosszútávon növelheti az önbizalmat és az önbecsülést, mivel biztonságos alapot teremt az életünkben. Emellett az anyagi javak rendszerezése és kezelése is stresszcsökkentő hatással bírhat. Ezt a pozitív hatást pedig felmérésekkel és pszichológiai vizsgálatokkal lehet kimutatni.
- **Társadalmi szempontból:** A vagyonmegőrzés hosszútávon pozitív hatással lehet a társadalomra is, mivel lehetővé teszi, hogy az egyének hosszú távon, kiszámítható környezetben gondoskodjanak saját magukról és családjukról és ne hárítsák át az anyagi terheket másokra. Ezt a pozitív hatást pedig a társadalmi és gazdasági adatok alapján lehet kimutatni.

A vagyonmegőrzés pozitív hatásai hosszútávon rendkívül meghatározók lehetnek az egyének és a társadalom számára, mint ahogy azt alátámasztottuk az előzőekben. Vizsgálataink alapján megállapítható, hogy ezt is több szempontból lehet kimutatni és ezek hatásai összességében sokszor túlmutatnak a pillanatnyi lehetőségeken, alapjaiban meghatározzák a különböző folyamatok és tevékenységek hasznosságát. A vagyonmegőrzés, karbantartás, állapotjavítás pozitív hatásainak gazdasági szempontból történő kimutatása kihívást jelenthet, mivel számos tényező befolyásolhatja a gazdasági előnyöket. Azonban néhány lehetséges módszer felsorolása segíti eligazodásunk:

- **Költség-haszon elemzés**: Az állapotjavítás előnyeit és költségeit össze lehet vetni az állapotjavítás előtti és utáni időszakban. Az állapotjavítás előtti időszakban az eszköz, berendezés vagy ingatlan esetében jelentkező karbantartási költségeket és az állapotjavítás előtti működési problémákból adódó költségeket kell figyelembe venni. Az állapotjavítás utáni időszakban pedig az üzemeltetési költségek csökkenését, a megnövekedett hatékonyságot és a hosszabb élettartamot lehet figyelembe venni. Az így kapott költség-haszon elemzési eredmények alapján lehet kimutatni, hogy az állapotjavítás megtérül-e gazdasági szempontból.
- **Értékbecslés**: Az eszköz vagy ingatlan értékének meghatározása az állapotjavítás előtt és után is lehetővé teszi az állapotjavítás gazdasági hatásainak kimutatását. Az értékbecslés során az eszköz vagy ingatlan értékének összehasonlítását lehet végezni az állapotjavítás előtti és utáni időszakban. Az így kapott eredmények alapján lehet meghatározni, hogy az állapotjavítás milyen gazdasági előnyöket eredményezett.
- **Adókedvezmények**: Az állapotjavítás adókedvezményeket is eredményezhet, amelyek gazdasági előnyökkel járnak. Az adókedvezmények lehetővé teszik, hogy az állapotjavítás költségeinek egy része visszaigényelhető legyen, így csökkentve az állapotjavítás tényleges költségeit. Az adókedvezményeket figyelembe véve lehet kimutatni az állapotjavítás gazdasági előnyeit.

Mindezek alapján meg kell állapítanunk, hogy a budapesti vagyon állagmegóvása, megőrzése szempontjából is jelentős szerep hárul a BKV Zrt-re, hiszen használt vagyonleltárában szerepelnek ingatlanok, infrastrukturális elemek is, amelyek jelentős értéket képviselnek. Az ingatlanok értéke azonban folyamatosan változik az ingatlanpiac és az egyes ingatlanok állapota alapján, így ezek állagmegóvása is változó költségeket kíván. Az utóbbi években a BKV Zrt. eszközeinek (ingatlanok, járművek, infrastruktúra stb.) értékéről számos becslés és értékelés készült, azonban pontos értékük nem került a költségvetési viták esetében előtérbe. A 2023-ban készült becslések jelenlegi értékelése szerint a BKV Zrt. eszközeinek értéke 3200-3500 milliárd forintot is elérheti, ami magába foglalja a BKV Zrt. saját tulajdonú ingatlanjait, a vonalai mentén található ingatlanokat, a járműtelepeket, üzemeket, a járműveket, valamint azok pótlásának költségeit (11. ábra).



11. ábra

A társasági belső eladósodottság értéke (2019)
[Forrás: 15]

Mindezek alapján megállapítható, hogy a közösségi közlekedésnek számos pozitív externális hatása lehet, amelyek a közösség egészére pozitív hatással vannak, de nem feltétlenül jelennek meg a közlekedési szolgáltatás felhasználójánál közvetlen előnyként. Ezek értelmezése szerint a közösségi közlekedés pozitív externális hatásai között érdemes kiemelten kezelni az alábbi tényezőket:

- **Környezetvédelem**: A közösségi közlekedés használata csökkentheti a levegőszennyezést és az üvegházhatást okozó gázok kibocsátását. A közösségi közlekedési járművek fajlagosan alacsonyabb szén-dioxid-kibocsátással rendelkeznek, mint az egyéni járművek, és a közösségi közlekedés használata segíthet csökkenteni a városi dugókat és a közlekedésből adódó egyéb káros hatásokat is.
- **Egészségvédelem**: A közösségi közlekedés használata elősegítheti a fizikai aktivitást, különösen az olyan esetekben, amikor kiegészül gyaloglással, kerékpározással. Az álló helyzetben töltött idő csökkentése és a rendszeres mozgás javíthatja az egészséget és csökkentheti a szív- és érrendszeri betegségek kockázatát.
- **Gazdasági előnyök**: A közösségi közlekedés javíthatja a munkahelyi lehetőségeket és a gazdasági növekedést, mivel megkönnyíti az emberek mobilitását, és lehetővé teszi, hogy könnyebben elérjék a munkahelyüket vagy az üzleteket. A társadalmi költségek csökkentése, a közlekedési torlódások kezelése és az energiahatékonyság javítása is jelentős gazdasági előnyökkel járhat.
- **Társadalmi előnyök**: A közösségi közlekedés javíthatja a társadalmi kohéziót, a szociális mobilitást és a szegénység csökkentését. A közösségi közlekedés elősegíti a lakóhely és a munkahely közötti távolság áthidalását, így javítva a munkavállalók esélyeit a jobb munkahelyek elérésére.

A fentieken túl kijelenthető, hogy a közlekedés napjainkra a legnagyobb üvegházhatású gáz kibocsátóvá vált, így a fővárosi közlekedés a budapesti energiafelhasználáshoz köthető CO_2-kibocsátáshoz mintegy 20%-ban járul hozzá. Ezzel szemben a helyi közösségi közlekedés a fővárosi ÜHG-kibocsátás mindössze 2,5%-át adja amellett, hogy a BKV Zrt. járatai (buszok, metrók, trolik, villamosok) évente mintegy 1 milliárd utast szállítanak. Mindezek alapján kijelenthető,

hogy **a közösségi közlekedésben a lokálisan zéró emisszió nem a jövő, hanem a jelen, hiszen a BKV Zrt. által megvalósított utazások 2/3-a már most is elektromos járművekkel történik. Az elmúlt években a BKV Zrt-nél megvalósult, energiahatékonyságot javító BKV Zrt-s fejlesztésekkel évi közel 35 000 tonna CO_2 kibocsátás csökkenést értünk el.** Ezekből az adatokból is jól látható, hogy az egyéni közlekedés közel 7x annyi összkibocsátásért felelős, mint a közösségi közlekedés, így bátran kijelenthetjük, hogy jelenleg a közösségi közlekedés a leginkább fenntartható és környezeti szempontból is kiemelten versenyképes közlekedési mód.

Konklúzió

Mindezek alapján Budapest és agglomerációjának fejlesztésében kiemelkedő szerep jut a közlekedésfejlesztésnek, hiszen kulcsfontosságú szerepe van a gazdaság fenntartható fejlődésében. Megállapítható, hogy a magyar nemzetgazdaság növekedésének fenntarthatóságában rendkívül fontos tényező a közlekedési infrastruktúra műszaki állapota, hiszen a hálózatok szolgáltatási színvonala alapvetően befolyásolja a vállalkozások globális és egyben lokális lehetőségeit, ezeken keresztül a családok életminőségének állapotát. Figyelembe véve a nemzetközi beruházók telephelyválasztási szempontjait, azok között is kiemelkedik a megközelíthetőség, elérhetőség, a szabad munkaerő mobilitásának összetett befolyásoló tényezői. Meggyőződésünk, hogy a hazai gazdaság teljesítményének fejlődéséhez, a gazdasági, társadalmi jólét bővüléséhez a mobilitást és annak gyorsaságát, kényelmét, közösségi szempontú fejlesztéseit feltételként kell figyelembe venni a stratégiai tervek készítésekor. A közlekedés fejlesztésével olyan nemzetközi gazdasági fejlesztéseknek teremtődik meg az alapja, amik új munkahelyeket teremtenek, fejlett technológiát, munkakultúrát hoznak az adott térségbe és nem utolsósorban ösztönzőleg hatnak a gazdasági szektor minden szereplőjére.

Vizsgálataink is alátámasztják, hogy a főváros és környezetének közlekedése szempontjából igen nagy jelentősége van Budapest és az agglomeráció között bonyolódó személyforgalomnak, amiben az egyéni közlekedés kiemelt szerepet játszik. Környezetvédelmi szempontból feltétlenül indokolt ennek a személygépkocsi-forgalomnak a csökkentése és a fennmaradó rész minél nagyobb részének átirányítása a közösségi közlekedésre.

A hazai vizsgálatok és felmérések alapján megállapítható, hogy a jelenlegi hazai utazási igények döntő hányada – minden utazást számításba véve az utazások 97%-a, a motorizált utazások 96%-a – országszerte a helyi és elővárosi közlekedésben jelentkezik. A helyiközi szegmensben az elővárosi közlekedésben jelentkezik az utazási igények mintegy 88%-a. A forgalom területi eloszlását tekintve kiemelkedő részt képvisel a Budapest relációjú elővárosi forgalom, mely az elővárosi szegmens közel 17%-át adja (ez a 88% 17%-a, vagyis a helyközi utazási igények 15%-a). A vasúti helyközi személyszállítás tekintetében a budapesti elővárosi utazások teszik ki az utazások 58%-át [16].

A nagyobb városok (így Budapest esetében is) jellemző, hogy vonzzák a helyközi utazásokat, a beutazók aránya jelentősen meghaladja a településről eljárók számát. Ez Budapest esetében kiemelkedően magas, mivel a bejárók száma mintegy 3-szorosa az eljárókénak. A budapesti közösségi közlekedést a számok tükrében vizsgálva kijelenthető, hogy olyan makrogazdasági szerepet tölt be az ország életében, ami meghatározó módon járul hozzá a fenntartható fejlődés hosszú távú megőrzéséhez, hiszen Budapesten naponta 2300 jármű indul útjára, amelyekre a város 4631 megállójában megközelítőleg 3,3 milliószor szállnak fel utasok. Ha csak a 4-es és a 6-os villamosokat vizsgáljuk (amelyek Európa egyik legsűrűbben közlekedő villamosvonalai) a számok alapján kiemelkedő, hogy egy átlagos munkanapon 330-350 ezer utazás regisztrálható,

ami egy magyar átlagos vidéki nagyváros (Győr, Miskolc, Szeged) teljes lakosságának több mint kétszerese. A metróvonalakon naponta megközelítőleg 800 ezer, a villamos vonalakon közel 900 ezer, míg a busz és troli vonalakon közel 1,4 millió felszállás regisztrálható. Összességében a fővárosi közösségi közlekedést egy év alatt több mint 1 milliárd utas veszi igénybe. Ez a szám önmagában is érzékelteti, hogy milyen óriási feladat a főváros közösségi közlekedési rendszerének működtetése.

Mindezek alapján összefoglalóan kijelenthető, hogy Budapest az ország egyetlen nagyvárosi térsége, amely hozzá szorosan kötődő vonzási területtel rendelkezik. Agglomerációjával együtt az ország gazdaságilag legfejlettebb térsége, gazdaságirányítási, innovációs és tudásközpontja. Lakosságszáma és gazdasági teljesítménye alapján globális léptékben is számottevő városi koncentráció. Gravitációs zónája a „csapágyvárosain" túl az országhatáron is átnyúlik [17]. Kiemelkedően jó közlekedési és geopolitikai helyzetével a technikai, szellemi, anyagi fejlődés első számú közvetítőjeként kiemelt szerepet játszik a makroregionális kapcsolok fejlesztésében, amely esetenként az ország belső fejlődésének térségi kiegyenlítődésének gátja is egyben. Ha átfogóan vizsgáljuk, akkor megállapítható, hogy a hazai fejlődés endogén eredményei is Budapesten csúcsosodnak ki, hiszen Budapest az Európai Unió kilencedik legnépesebb városa. Makrogazdasági funkciói, szolgáltatási rendszere és kiterjedése alapján a Kárpát-medence Bécs és Pozsony melletti „nemzetközi városa" [16]. Mindezek kellő módon bizonyítják, hogy Budapest közösségi közlekedése kiemelt (közvetlen és közvetett) módon járul hozzá a főváros és ezen keresztül a nemzetgazdaság fejlesztési stratégiájához, a jövő gazdasági eredményeinek megvalósításához, így szerepe megkerülhetetlen.

Irodalomjegyzék

[1.] Farkas B., Lengyel I. (2001): Regionális versenyképesség és kohézió az Európai Unióban. *Tér és Társadalom*, 3-4. pp. 231-252.

[2.] Annoni, P., Kozovska, K. (2010), "EU regional competitiveness index 2010", Joint Research Centre, Scientific and Technical Reports.

[3.] Gardiner, B., Martin, R. and Tyler, P. (2004): Competitiveness, productivity and economic growth across the European regions. *Regional Studies*, Vol. 38 No. 9, pp. 1045-1067.

[4.] Meyer-Stamer, J. (2008): Systematic competitiveness and local economic development. In Shamin Bodhanya (Ed.): Large Scale Systemic Change: Theories, Modelling and Practices, Duisburg.

[5.] Huggins, R. (2003): Creating a UK competitiveness index: regional and local benchmarking. *Regional Studies*, Vol. 37 No. 1, pp. 89-96.

[6.] Bristow, G. (2005): Everyone's a "winner: problematising the discourse of regional competitiveness. *Journal of Economic Geography*, Vol. 5 No. 3, pp. 285-304.

[7.] Canto Fresno, C. (2000): Nuevos conceptos y nuevos indicadores de competitividad territorial para las áreas rurales. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, Vol. 20, pp. 69-84.

[8.] Kitson, M., Martin, R. and Tyler, P. (2004): Regional competitiveness: an elusive yet key concept? *Regional Studies*. Vol. 38 No. 9, pp. 991-999.

[9.] Fenyővári Zs., Lukovics M. (2008): A regionális versenyképesség és a területi különbségek kölcsönhatásai. *Tér és Társadalom* XXII. évf. 2008/2: 1-20 p.

[10.] Annoni, P.L., Dijkstra, L. and Gargano, N. (2017): The EU regional competitiveness index 2016. *European Union Regional Policy Working Papers*, 2/2017.

[11.] García Nicolás, C. (2016): Territorial competitiveness and the European investment plan against regional inequality. *Journal of Regional Research*, Vol. 35, pp. 177-201.

[12.] Káposzta, J. (2007): Regionális gazdaságtan. Tankönyv, DE ATC AVK, Debrecen, pp. 273.

[13.] Kovács, Z.; Farkas, J.; Lennert, J.; Szabó, B.; Egedy, T. (2022): Az urban sprawl (városi szétterülés) és a területhasználat változásának vizsgálata a budapesti városrégióban – múlt, jelen, jövő. city.hu *Várostudományi Szemle* 2(3), 53–74.

[14.] Központi Statisztikai Hivatal, Budapest, 2023.

[15.] BKV Zrt. beszámolói, belső anyagai, 2019.

[16.] KKK-NFM (2014): Nemzeti közlekedési infrastruktúra-fejlesztési stratégia. Stratégiai dokumentum, Budapest, 2014.

[17.] Komárom Esztergom megye klímastratégiája 2017-2030

Közlekedési stakeholderek döntési karakterisztikái

Dr. Tóth János[1] – Aba Attila[2]

[1,2] Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedéstechnológiai és Közlekedésgazdasági Tanszék
e-mail: [1]toth.janos@kjk.bme.hu, [2]aba.attila@kjk.bme.hu

Abstract

Egy modell a stakeholderek jellemzésére használja a döntéshozó, szakértő, érintett karakterisztikákat. Kutatásunkban ugyanezeket a karakterisztikákat döntések jellemzésére használjuk. Ahogy az eredeti modellben a mindhárom karakterisztikában erős szereplőnek van jelentősebb befolyása, úgy a döntési helyzetekben is érvényes, hogy előnyös ha mindhárom karakterisztika erősen jelenik meg a folyamatban. A felállított modellt néhány gyakorlati megoldásra is alkalmazzuk, bemutatva azt, hogy az egyes karakterisztikák a hagyományos szerepeken gyakran átlépnek.

Kulcsszavak: *döntéshozatal, stakeholderek, közlekedésfejlesztés, részvételi tervezés*

Bevezetés

Ha a közlekedésfejlesztéssel kapcsolatos döntéseket végtelenül le kívánjuk egyszerűsíteni, akkor három szerepet azonosíthatunk. Az első a *döntéshozó*, a közlekedés esetében gyakorta a politikai hatalom gyakorlója, tágabb értelemben a költségvetéssel és cselekvőképességgel rendelkező szereplő. A második szereplő a közlekedésben közvetlenül *érintett* felhasználó, utas vagy épp a közlekedés ártalmait elszenvedő helyi lakos. A harmadik szereplő pedig az infrastruktúra vagy szolgáltatás tervező, fejlesztő, vagy esetleg a közlekedéssel kapcsolatos szabályozásban jártas *szakértő* (ezen szakértői területek természetes metszeteivel). A folyamat a leegyszerűsített rendszerben úgy néz ki, hogy az *érintett* jelzi a fejlesztési igényt, a *szakértő* megvalósítható megoldást dolgoz ki rá, a *döntéshozó* pedig végrehajtja vagy végrehajtatja a megoldást. A stakeholderek ugyanakkor egyszerre több szerepben is lehetnek, tovább egy-egy szerepben több stakeholder is megjelenhet. Hatalomból lehet például helyi vagy állami, bizonyos mértékig a helyi is rendelkezik önállósággal, de függésben is van a magasabb hatalmi szinttől. Továbbá, egyes helyi lakosok vagy utazók csoportjai érdekellentétben állhatnak bizonyos fejlesztések tekintetében. A szakértőkre is igaz ez a komplexitás, egyes szakértői stakeholderek szakmai tudása olykor csak egymáséival kiegészítve lehet alkalmas egy probléma megválaszolására, továbbá egy-egy megoldás alkalmasságát megítélhetik eltérő módon.

Bár a leegyszerűsítő modell korábban akár a gyakorlatnak is megfeleltethető volt, mára az érintettek bevonása közlekedési döntésekbe egyre jelentősebb szerepet kap. Ezt erősítik meg olyan módszertanok, mint például a fenntartható városi mobilitási terv (Sustainable Urban Mobility Plan SUMP) Európai Unió által elfogadott és elvárt módszertana. A Rupprecht Consult (2019) által közzétett útmutató már az előkészítő munkarészek során nevesíti, hogy az érintettek és a lakosság bevonására tervet kell készíteni [1]. Számos kutatási projekt is foglalkozott a gyakorlati megvalósítással, köztük a Cities4People (2019), amelyben több magyarországi partner is sze-

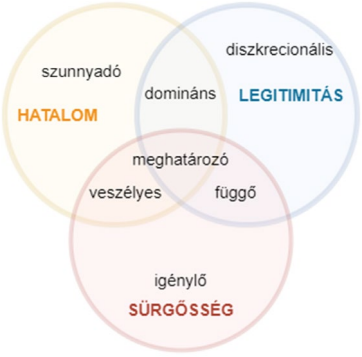
repelt [2]. A projektben gyakorlati tapasztalatokat gyűjtöttek a közösségi tervezésről, amely az egyik legmélyebb bevonási módszertan.

2. Keretrendszer a döntéshozatal vizsgálatára

A stakeholderek kategorizálása és értékelése döntő szerepet játszik a mobilitáskutatásban és döntéshozatali folyamatokban részt vevő egyének, csoportok és szervezetek sokféleségének megértésében. Lindenau et al. kutatásukban amellett érvelnek, hogy a résztvevők bevonása egy fontos előfeltétele a sikeres SUMP-nak [3]. Ugyanakkor megfogalmaznak kihívásokat is az érintettek bevonását illetően. Ilyen például, hogy garantálható-e, hogy a részvételiség megfelel a demokratikusság követelményének: akiket bevonunk, valóban reprezentálják a teljes érintetti kört? Vajon a lakossági elfogadottsága a SUMP-nak növelhető a részvételiséggel? Továbbá, a lakosság bevonása biztosan növeli a terv minőségét? Utóbbi kérdés kapcsán külön megemlítik a szakértelem és az érdeklődés hiányát, mint kockázati tényezőt.

A hazai tudományos életben Esztergár-Kiss Domokos és Tettamanti Tamás foglalkoztak stakeholderek bevonásával [4]. Kutatásukban hazai és nemzetközi minták alapján mutatták be, hogy az érintettek bevonása (stakeholder involvement) és a közösségi tervezés (participatory planning, co-creation) jelentős régiós különbségekkel rendelkeznek. Az egyes döntések mélyebb megalapozottságát szolgáló döntéselőkészítő folyamatok ugyanakkor kihívásokkal is küzdenek, mint például az érdeklődés hiánya, vagy a fenti módszertanokkal kapcsolatos tapasztalat hiánya.

A kutatásunk alapja a stakeholderek egy olyan értékelése és kategorizálása, amely elsősorban vállalati menedzserek számára íródott. Mitchell és társai bevezették a stakeholder salience modellt, amely a hatalom, a legitimitás és a sürgősség attribútumait veszi figyelembe az érintettek kategorizálásához [5]. Hatalomként (power) definiálta azt, aki cselekvésre képes rávenni másokat egy probléma megoldása érdekében. Legitimitás (legitimacy) azt jelenti ebben a modellben, hogy a megoldás megfelel valamilyen társadalmilag felépített normarendszernek, értékrendnek. A harmadik szempont pedig a sürgősség (urgency), amelybe a probléma megoldásának sürgőssége jelenik meg. Mithcell és társai ez alapján értékelik egy szervezet szereplőit, azt is megengedve, hogy egy szereplő több területen is érintett legyen. Így például azokat a szereplőket, akik mindhárom kategóriába tartoznak „meghatározó szereplőnek" nevezi, míg a csak sürgősségben érintettet „igénylő szereplő" -nek, ahogy a 1. ábra mutatja. Ez a kategorizálás egyébként lefedi azt a leegyszerűsítő modellt is, amelyet a bevezetőben mutattunk be.



1. ábra
Stakeholder salience modell ([5] alapján saját fordítás és szerkesztés)

Míg korábbi kutatások ezeket a szempontokat szervezetek vagy egyes szereplők jellemzésére használtak, kutatásunkban ugyanezeket egy-egy döntési helyzet jellemzésére használjuk, továbbá a dinamizmusát vesszük figyelembe. Az a feltételezésünk, hogy egy-egy döntés annál jobb minőségű, minél inkább elköteleződött benne a hatalom, a szakértők és az érintettek. Kutatásunk középpontjába pedig az érintetett helyezzük, amely vagy az utazásával érintett (mint közlekedő), vagy mások utazása miatt érintett (mint helyi lakos). Továbbá a korábbi statikus értékelés helyett dinamikusan kívánjuk bemutatni, hogy egy-egy közlekedési döntési helyzetben a hagyományos szerepet hogyan lehet megváltoztatni.

A fenti három fogalom kapcsán egy-egy szót emelünk ki, de a döntési helyzetekben ezek tágabban értelmezendők. A hatalom egyben felelősséget is jelent, döntési pozíciót, büdzséhez vagy a szükséges erőforrásokhoz való hozzáférést. A szakértelem alatt legitimációt, jogosultságot (pl. tervezői), szakmai tapasztalatot, tudást is érthetünk. Az érintettség alatt pedig a Mitchell et al. által alkalmazott sürgősséget, motivációt, elköteleződést is érthetünk, érintett lehet továbbá aktív, cselekvő, de passzív, elszenvedő is.

A közlekedésfejlesztésen túl is ugyanezek a karakterisztikák jelennek meg egyéb közlekedéssel kapcsolatos, akár egyéni döntéseinkben is. Az egyéni döntés nem azt jelenti, hogy más szereplők ne vennének részt a folyamatban, hanem azt, hogy a döntés következményei közvetlenül csak az egyén számára vannak hatással (pl. módválasztás kérdése), míg széleskörben csak közvetetten vannak hatással a szélesebb rétegekre és a társadalomra (pl. torlódáson, zsúfoltságon keresztül). Az egyéni döntéshozatalt ebben az esetben a hagyományos döntéshozói és szakértői stakeholder körök kommunikációval, vagy annak hiányával tudják befolyásolni. A kommunikáció lehet:

- nyers *adat* (pl. az adott útszakasz forgalma 1345 Ejm/ó);
- a nyers adat értelmezéséből kialakított *információ* (pl. az adott szakasz torlódik);
- az információk sokaságának feldolgozhatóságát segítő *ajánlás* (pl. útvonal ajánlás a torlódott szakasz elkerülésére).
- végső soron pedig a *visszacsatolás* jelenik meg, ahol a kommunikáció már két irányú.

Ez a kommunikációs folyamat képes az egyéni döntéshozatal támogatását szolgálni. A kommunikáció hitelessége ugyanakkor fontos, hiszen ennek hiányában a kommunikáció akár az egyén részéről is egyoldalúan lezárható.

3. Gyakorlati alkalmazás

A következőkben olyan jó gyakorlatokat mutatunk be, amelyek a döntések minőségét a hagyományos szerepektől való tudatás eltéréssel javították. A hat gyakorlati projekt tapasztalat alapján mutatjuk meg, hogy a közlekedők és helyi lakosok bevonása milyen módon valósulhat meg emelt értékkel.

3.1 Forgalmi adatok gyűjtése citizen science módszerrel

A Szentendre városát keresztül szelő, és gyakorlatilag alternatív útvonal nélküli 11. számú főút jelentős forgalmi torlódásokkal küzd. A főút forgalmi viszonyait, fejlesztési lehetőségeit feltáró tanulmány előkészítése során a helyi Önkormányzattal együttműködésben olyan közösségi adatgyűjtést terveztünk, amelyben az itt közlekedőket kértük meg adatszolgáltatásra. Az önkéntes résztvevőktől azt kértük, hogy készítsenek GPS alapú útvonalrögzítést azon útjaikról, amikor utazásuk során a főutat is érintik, valamint értékeljék is azt. A kommunikációs kampány egyik elemét mutatja a 2. ábra. A közlekedőkről már most is számos módon gyűjtünk adatokat, ugyan-

akkor ezek többségénél az önkéntes hozzájárulás hiányában nem tudunk további érzékelt vagy felhasználói minősítő paramétereket hozzácsatolni, például, hogy az adott eljutást átlagosnak érzékeli, a tapasztalt feltartóztatás rendszeresnek vagy rendkívülinek értékeli.



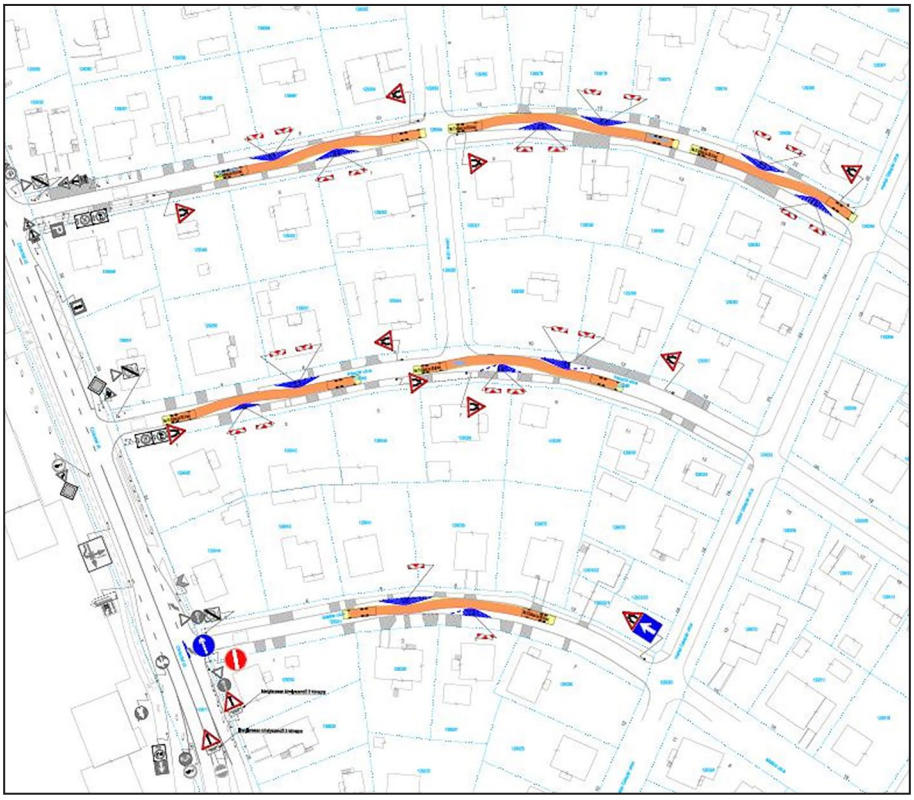
2. ábra

Közösségi adatgyűjtés kommunikációs anyaga [6]

A közlekedéssel kapcsolatos döntések közül kettő valósult meg: az adatok önkéntes beküldése révén a közlekedők saját maguk dönthetnek arról, hogy ehhez hozzájárulnak-e vagy sem, ellentétben a széleskörben elterjed rejtett adatgyűjtésekkel. Ennél is fontosabb, hogy citizen science módszertan alkalmazásával a közlekedőket a szakértői kategóriában is használjuk: ugyan nem ők erősödnek a szakértői szerepben, hanem a szakértői szereplő erősödik a közreműködésükkel. Eközben ugyanakkor a tanulmány előkészítésében való részvételükkel az érintettségük és bevonásuk is erősödik.

3.2 Önkéntes és konszenzusos döntésen alapuló forgalomcsillapítás

Egy budapesti kerületi néhány lakóutcájában a fő és gyűjtőút hálózat nem teljesértékű átalakítása miatt jelentősen megnőtt az átmenő forgalom nagysága és sebessége is. Az utca lakóközössége utcabútorok és planténerek kihelyezésében látta a megoldást. Ez a megoldás azonban komoly sérelmet szokott jelenteni azok számára, akiknek az ingatlanjuk elé kerülnek kihelyezésre ezek az eszközök. Ebben az esetben ugyanakkor a lakók önszerveződő és önkéntes alapon maguk megadták azokat az ingatlanokat, ami elé kerülhet planténer, mindezt még a tervezés megkezdése előtt.



3. ábra

Forgalomcsillapítás planténerekkel egy budapesti lakóövezetben

A 3. ábra mutatja, hogy hova kerültek a planténereket is tartalmazó forgalomtól elzárt területek. Az érintettek azonosíthatóságát elkerülve a forrást nem adjuk meg. Ebben az esetben a helyi érintettek levették elsősorban az önkormányzatról, mint hatalmi szereplőről, másodsorban a tervezőről, mint szakértőről azt a döntést, amely a planténerek elhelyezésével jár. A helyi lakosok tehát egyszerre két tengelyen mozdultak el a hagyományos szerepükhöz képest.

3.3 Csoportos gamification a kerékpározás ösztönzésére

A Bike Citizen olyan versenyt hirdetett meg a kerékpáros munkahelyi ingázás népszerűsítésére, amelyben céges csapatok indulhattak. A verseny során az olyan kerékpáros utazások száma és hossza számított, amely a munkahelyről indult vagy oda tartott. Számos projekt mutatta meg,

hogy a tapasztalat szerzés az egyik legfontosabb lépés a hosszútávú módváltás során, egy ilyen kampány során pedig a tapasztaltabb kollégák tudják játékosan bevonni azokat, akik eddig kevésbé voltak motiváltak, illetve egymást is ösztönözni a gyakoribb és hosszabb kerékpáros utak megtételére.



4. ábra

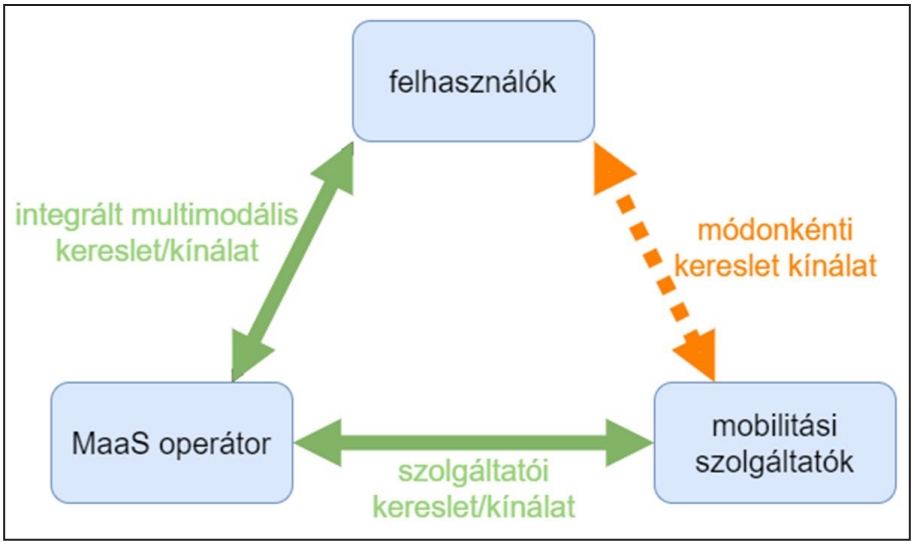
Bike Citizens játék képernyőképe

A 4. ábra mutatja, hogy többek között extra kihívásokra is motivál az alkalmazás, például az egy héten három alkalommal történő kerékpározás, vagy a teljes csapat ugyanazon a napon történő

kerékpározása. Ezek az extra feladatok beindítják a csapaton belüli kommunikációt és növelik a résztvevők egymásra hatását, hogy ki milyen módon tud mégis kerékpárral ingázni. A közlekedők rutinos kerékpáros csoportja ebben a példában tehát saját hagyományos tengelyükön erősítik fel hatásukat, azaz az érdekeltségüket növelik. Az újonnan bevonzott kerékpárosok pedig a szakértői tengelyen válnak erősebbé: a saját módválasztási lehetőségeiket bővítik.

3.4 Mobilitás, mint szolgáltatás

A Mobility-as-a-Service (MaaS) egy olyan koncepció, amely a közlekedéshez kapcsolható digitális szolgáltatásokat egy platformra helyezi közlekedési módtól, alágazattól vagy akár szolgáltatótól függetlenül. A MaaS koncepcióban megjelenik egy olyan értékesítési típus, amely során közlekedési csomagok közül választhat a közlekedő. Ezen csomagok az elérhető szolgáltatások közül használat, idő, stb. alapon tartalmaznak felhasználható havidíj alapú tételeket, pl. havi korlátlan közösségi közlekedés használat, havi másfél óra megosztott autó használat és havi négy taxi út megadott maximális távval alkothat egy csomagot. A koncepció lényege, hogy a nagyobb volumenben lekötött szolgáltatásokat kedvezőbben lehet beszerezni, azaz a MaaS operátor egyfajta bróker szerepkörben értékesíti tovább a mobilitási szolgáltatásokat, mint ezt a 5. ábra ismerteti.



5. ábra

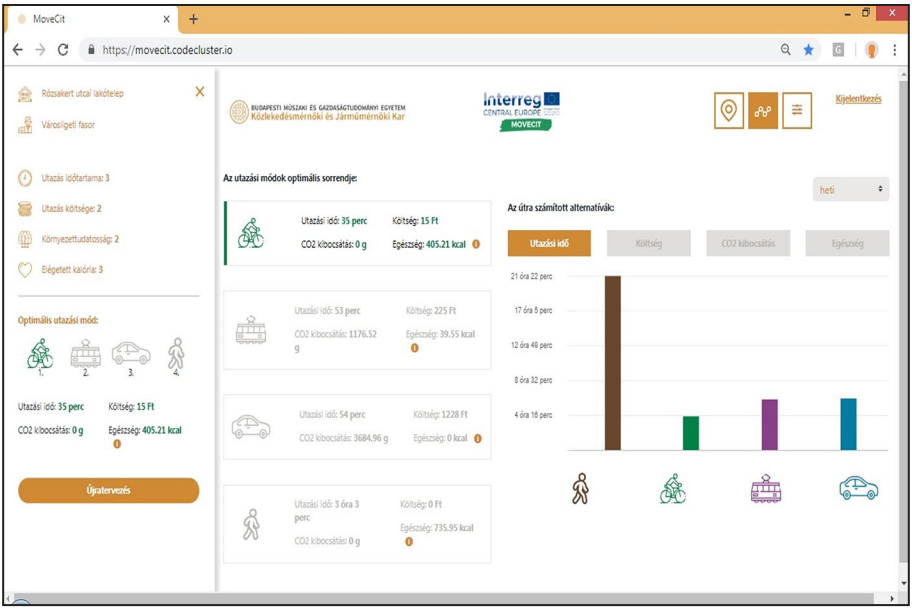
A kapcsolatok átrendeződése MaaS keretrendszerben [7]

Ez a fajta MaaS koncepció a közlekedő számára így olyan szolgáltatásokat is elérhetővé tesz, amelyet esetleg korábban nem használt, továbbá a saját közlekedési igényeire tudja szabni a közlekedési csomagját. Ebben az esetben szélesebb körben, könnyebben hozzáférhető és személyre szabható szolgáltatás csomag azt jelenti a közlekedő számára, hogy a hatalom tengely mentén erősödik.

3.5 Stratégiai útvonaltervezés

A MOVECIT projekt során olyan útvonaltervezőt dolgoztunk ki, amely nem a pillanatnyi utazásokra fókuszál valós idejű adatokkal, hanem stratégiai döntéshozatalban támogatja a felhasználóit: beszerezzen-e kerékpárt, hogyan fog ingázni munkahely váltás esetén vagy éppen

milyen költségei lesznek a rendszeres közösségi közlekedési használattal. Az útvonaltervező a hagyományos útvonaltervezőkkel ellentétben részletesebb paramétereket kért be más hasonló szolgáltatások által elhanyagoltakat, pl. a parkolóhely keresési időt is figyelembe veszi annak érdekében, hogy a háztól-házig tervezés során valóban minden fontos idő és költség elem bekerüljön az összehasonlításba.



6. ábra

Az útvonaltervező kiértékelése idő, költség, egészségre gyakorol hatás és környezetterhelés bemutatásával [8]

A 6. ábra mutatja be, hogy az alkalmazás miként tájékoztatja a felhasználót: az utazási időt jeleníti meg négy közlekedési módra: gyaloglás, kerékpározás, közösségi közlekedés és egyéni gépjármű használat. Továbbá nem csak ezt a két kimeneti paramétert ismertette a felhasználóval, hanem az adott utazás egészségre gyakorolt hatását és az utazás környezetterhelését. A stratégiai útvonaltervező széleskörű és pontos információ szolgáltatásán keresztül a felhasználó a szakértői tengelyen és az érintettség tengelyén is erősödik, amikor hosszútávú döntést hoz akár költözésről, munkahelyváltásról, akár új közlekedési eszköz beszerzéséről.

3.6 Rugalmas közlekedési szolgáltatás

A rugalmas közösségi közlekedési rendszerek az utazási igények bejelentésén alapulnak. Az előre meghirdetett menetrend szerinti közlekedés helyett, a beérkezett igények alapján történik a járatok útvonalának és indulási időpontjának meghatározása. Továbbra is fontos szempontként az utazások csoportosítása – egy járműhöz rendelése –megjelenik, így a taxi közlekedéssel nem azonos szolgáltatást nyújt.



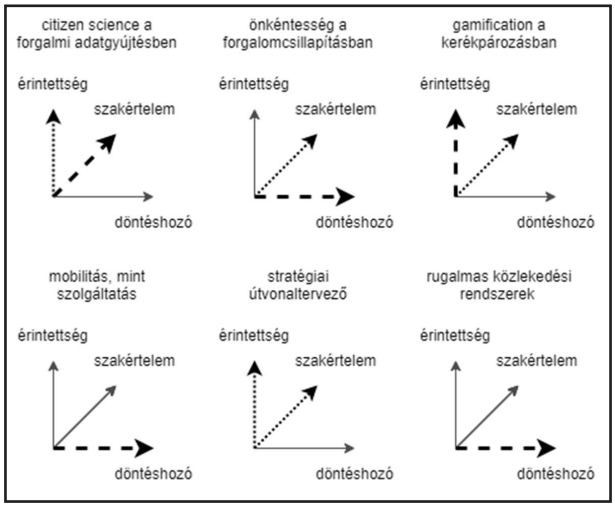
7. ábra

Telebusz a BKV Zrt. üzemeltetésében (forrás: bkk.hu)

A szolgáltatás Budapesten is megjelent, jellemzően midibuszok üzemelnek BKK Telebuszként (7. ábra). Ebben a megközelítésben a közlekedő a döntéshozó tengelyén erősödik meg: a korábban tisztán szakértői – döntéshozói körben eldöntött menetrendszerinti autóbusz indulásról ebben a szolgáltatás típusban a felhasználó dönt.

Összefoglalás

Kutatásunkban azt kívántuk bemutatni, hogy az egyre jobb döntések irányába a döntést meghatározó három tengely mentén milyen módon lehet a közlekedőt vagy a helyi lakosságot kimozdítani a hagyományos szerepéből.



8. ábra

Döntési tengelyek mentén történő elmozdulás az egyes példákban

A 8. ábra bemutatja, hogy az egyes ismertetett megoldások, projektek vagy koncepciók milyen irányban mozdítják el a közlekedőket a jó döntéshez szükséges három karakterisztika tengelyein. A bővülő karakterisztika a döntés során nem számszerűsíthető, de mégis lehet érzékelni, hogy egymáshoz viszonyítva egyes megoldások erősebbek vagy gyengébbek. A vékony folytonos vonallal rajzolt tengely mentén nem történik változás. A pontozott és szaggatott vonallal jelölt tengelyek mentén ugyanakkor igen, méghozzá olyan elven, ha van köztük jelentős különbség, a vastag szaggatott tengely jelenti a jelentősebb változás, a vékonyabb pontozott a kevésbé jelentőset. Így például citizen science alkalmazása során a döntéshozatal jelentősen több adatra tud támaszkodni, és ez az elsődleges célja a beavatkozásnak. Ugyanakkor a megmozdulásban részt vevő utazók érintettsége, elköteleződése is nő. Bár a megközelítést utólag alkalmaztuk a felsorolt projektekre, új projektek, különös tekintettel a stakeholderek bevonásával számoló projektek esetén is érdemes ezt a szempontrendszert alkalmazni.

Irodalomjegyzék

[1.] Rupprecht Consult (2019) Guidelines for developing and implementing a sustainable urban Mobility Plan, second edition

[2.] Cities-4-People project *Towards People Priented Transport and Mobility* (2019) Available from: https://cities4people.eu 2023.06.14.

[3.] Lindenau, M., & Böhler-Baedeker, S. (2014). *Citizen and stakeholder involvement: a precondition for sustainable urban mobility*. Transportation Research Procedia, 4, 347-360.

[4.] Esztergár-Kiss, D., & Tettamanti, T. (2019). *Stakeholder engagement in mobility planning.* In Autonomous vehicles and future mobility (pp. 113-123). Elsevier.

[5.] Mitchell, R. K., Agle, B. R., & Wood, D. J. (1997). Toward a theory of stakeholder identification and salience: Defining the principle of who and what really counts. Academy of management review, 22(4), 853-886.

[6.] Nagy V. (2020). Közösségi forgalmi adatgyűjtési módszertan kidolgozása, alkalmazása és értékelése [Diplomaterv]. BME Közlekedésmérnöki Kar.

[7.] Esztergár-Kiss D., Kerényi T., Mátrai T., & Aba A. (2020). *Exploring the MaaS market with systematic analysis*. European Transport Research Review, 12(1), 1-16.

[8.] Esztergár-Kiss, D., Aba, A., & Tettamanti, T. (2020). *MOVECIT a fenntartható munkahelyi mobilitásért.* KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE, 70(2), 4-16.

A fenntartható zöld közlekedés lehetőségeinek vizsgálata

Dr. Döbrei István[1] stratégiai és beszerzési igazgató
Kovács Márton[2] környezetvédelmi szakértő
Mészáros-Pintér Szilvia[3] szervezet- és működésfejlesztési osztályvezető

Budapesti Közlekedési Zrt.
Stratégiai és Beszerzési Igazgatóság
telefon[1]: +36 20/956 0310, telefon[2]: +36 20/499 8058, telefon[3]: +36 70/390 8644
e-mail[1]: dobreiis@bkv.hu, e-mail[2]: kovacsm3@bkv.hu, e-mail[3]: mpintersz@bkv.hu

Abstract

A Magyarország által 2050-re elérni kívánt klímasemlegesség megvalósításához számos intézkedésre lesz szükség a közlekedési szektoron belül is. Hazánk városaiban, más európai nagyvárosokhoz hasonlóan, szembe kell nézni a klímaváltozás hatásaival, az egyre növekvő gépjárműforgalom okozta nehézségekkel. A cél egy fenntarthatóbb, zöldebb közlekedési rendszer kiépítése, melyben a közösségi közlekedés szerepe megkérdőjelezhetetlen. A Magyar Közlekedési Szövetség 2022. évi projektje során számos lehetőség feltárásra került a közösségi közlekedés zöld irányú fejlesztésére. Cikkünkben bemutatjuk hogyan, milyen eszközökkel dolgozik a BKV Zrt. azon, hogy működését fenntartható pályára állítsa, úton a karbonsemlegesség felé. A bemutatott jó gyakorlatokkal célunk, hogy támogatást nyújtsunk a többi közösségi közlekedést szolgáltató társaságnak is fenntartható fejlődési céljaik eléréséhez.

Kulcsszavak: *BKV, energiahatékonyság, fenntarthatóság, klímaváltozás, környezetbarát működés, közösségi közlekedés, városi életminőség*

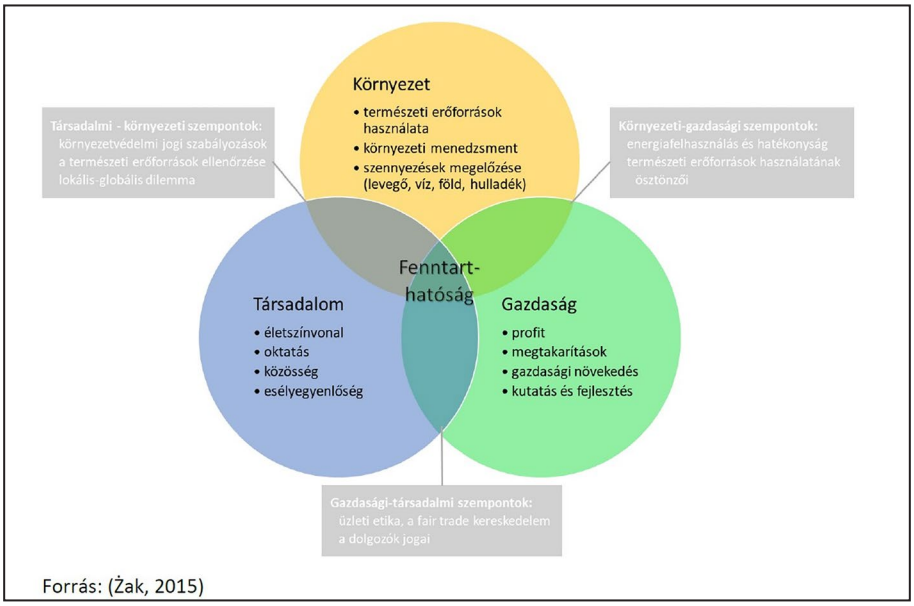
Bevezetés

Magyarország az európai törekvésekkel összhangban 2050-re tűzte ki a klímasemlegesség elérésének céldátumát. Ahhoz, hogy ez az ambiciózus terv megvalósuljon, számos intézkedés megtételére lesz szükség a gazdaság különböző területein. Ez alól a közlekedés sem kivétel, mely 2018-ra az összes alszektor közül a legnagyobb üvegházhatású gáz kibocsátóvá vált a maga 22%-os részesedésével. A közlekedésen belül a közúti közlekedés felel a legtöbb ÜHG kibocsátásért, melynek nagy részét a CO_2 teszi ki. A „*Nemzeti Tiszta Fejlődési Stratégia 2020-2050*" ezért egy fenntarthatóbb, zöldebb, biztonságosabb és jobb összeköttetésű közlekedés megvalósítását tűzte ki célul, a CO_2 kibocsátás szempontjából előnyös utazási módok ösztönzésével. [1]
A hazai városoknak - más európai nagyvárosokhoz hasonlóan - szembe kell nézniük a klímaváltozás hatásaival és az egyre növekvő gépjármű forgalom okozta nehézségekkel. A városi életminőség egyik kulcskérdése az, hogy a közlekedés káros hatásai, a torlódások, a levegő- és zajszennyezés ne fojtsa meg a várost. Egy jól működő közösségi közlekedési rendszer mind az élettér kinyitásával, mind a mobilitás káros környezeti hatásainak csökkentésével hozzá tud járulni az életminőség javításához, a város versenyképességéhez.

Bátran kijelenthető, hogy a fenntartható városi közlekedés kulcsa a közösségi közlekedés, mely a leginkább fenntartható motorizált közlekedési mód, ami mindenki számára hozzáférhető módon elégíti ki az alapvető mobilitási igényeket, miközben kisebb környezetszennyezéssel és hatékonyabb térhasználattal jár, mint a motorizált egyéni közlekedés.
2022-ben a Magyar Közlekedési Szövetség tagvállalatai egy átfogó projekt keretében megvizsgálták a fenntartható közlekedés zöld irányú fejlesztési lehetőségeit, valamint megoldási javaslatokat fogalmaztak meg a finanszírozási helyzet problémáira, és részletesen foglalkoztak a humán erőforrás képzésének, motiválásának kérdésével is. A szakértői anyagot összeállító munkacsoportban vezető szerepet töltöttek be a BKV Zrt. szakemberei, akik a projektmunka eredményeit felhasználva, azóta is azon dolgoznak, hogy a BKV Zrt. egy hatékonyan és magas színvonalon működő, környezettudatos, versenyképes közösségi közlekedést szolgáltató vállalat legyen az utasok, a tulajdonos és a munkatársak megelégedésére.
Ahogy arra a Magyar Közlekedési Szövetség szakértői anyaga is rámutatott: az elsődleges cél, hogy a közösségi közlekedésnek valós alternatívát kell nyújtania az egyéni motorizált közlekedéssel szemben, hiszen részarányának növelésével érhető el a legnagyobb hatékonyságnövekedés társadalmi szinten. Ezen túlmenően a hazai klímastratégiai célkitűzéseknek megfelelően az ágazaton belül is törekedni kell a tiszta energiatechnológiák alkalmazására, az energiafelhasználás csökkentésére, a CO_2-kibocsátás és a környezeti terhelés csökkentése érdekében.

1. Fenntartható közösségi közlekedés alapelvei

Hajlamosak vagyunk azt gondolni, hogy a fenntarthatóság egyet jelent a környezet védelmével, a környezeti erőforrások felhasználásának csökkentésével, azonban a gazdasági és a társadalmi fejlődés ugyanúgy elválaszthatatlan pillérei a rendszernek (1. ábra).



1. ábra

A fenntarthatóság dimenzióinak összefüggései

A gyakorlat azt mutatja, hogy a fenntarthatóság fent említett dimenziói közül továbbra is a gazdasági és környezeti perspektívák dominálnak, a társadalmi szempont rovására (Martens & Carvalho, 2014). Shenhar és Dvir (Shenhar & Dvir, 2007a) szerint azonban a környezeti és társadalmi dimenziók integrálása a gazdasági szempontokba növelheti a szervezet hatékonyságát (például az erőforrások hatékonyabb felhasználása, a tiszta technológiák és a megújuló energia felhasználása, a fosszilis üzemanyagok használatának csökkentése stb. révén (Martens & Carvalho, 2014).

Ha a városokat és a környezetüket tekintjük szervezetnek és ebben a megközelítésben az ott működő közösségi közlekedési rendszer kölcsönhatásait vizsgáljuk a fenntarthatóság tényezőivel könnyen felismerhetők az alábbi legfontosabb hatások:

- Környezetre gyakorolt hatása alapvetően a mobilitási igények kielégítésében elfoglalt szerepe, hatással van az egyéni közlekedési eszközökkel történő utazások mennyiségére, annak a környezeti terhelésére. Magának a közösségi közlekedési tevékenységnek a környezeti hatása is fontos eleme a fenntarthatóságnak.
- A gazdaságra gyakorolt befolyása közvetlenül érzékelhető, a mobilitási igényeket mennyiségében és minőségében jól kiszolgálni képes közösségi közlekedés munkahely teremtő és megtartó hatású. Napjainkban az idegenforgalom gazdasági szerepe is felértékelődött, arra gyakorolt hatása könnyen belátható.
- Társadalmi szempontból közvetlen hatással van az emberek életminőségére, életszínvonalára. Hozzájárul a társadalmon belüli kapcsolatok kialakításához, fenntartásához. Teljesség igénye nélkül az oktatáshoz, az egészségügyi szolgáltatásokhoz való egyenlő esélyekkel való hozzáférés feltételeire is közvetlen hatással van. [2]

Közösségi közlekedési szolgáltatást nyújtó operátor társaságnak közvetlenül leginkább a környezeti hatások befolyásolására van meg a legnagyobb lehetősége. Így a cikk terjedelmi korlátait is figyelembe véve a „zöld" ágazati célt tekintjük az elsődlegesnek és jelen cikkben is arra helyezzük a hangsúlyt, hogy bemutassuk a BKV Zrt. hogyan, milyen eszközökkel dolgozik azon, hogy a működését fenntartható pályára állítsa, úton a karbonsemlegesség felé.

A fő célkitűzések:

- a közösségi közlekedés dominanciájának növelése – (a közösségi közlekedés részaránya utaskilométerben mérve érje el az 50%-ot, míg az egyéni motorizált közlekedés aránya csökkenjen 30%-ra Budapesten, ez a kívánatos Modal-split)
- a közösségi közlekedés vonzó alternatívává tétele
- emissziócsökkentés – kevesebb károsanyag-kibocsátás, különös tekintettel a CO_2 kibocsátásra
- energiahatékonyság növelés (fajlagos energiafelhasználás csökkentése)
- alternatív, megújuló erőforrások használatának növelése (pl.: napenergia)
- a környezeti terhelés csökkentése (pl.: környezetbarát kenőanyagok használata).

Mivel a közösségi közlekedés a leginkább fenntartható motorizált közlekedési mód, így a legfontosabb cél, hogy annak valós alternatívát kell nyújtania az egyéni motorizált közlekedéssel szemben, hiszen a közösségi közlekedés részarányának növelésével érhető el a legnagyobb hatékonyságnövekedés társadalmi szinten. Az olyan, ágazati szereplők által megvalósított intézkedések, mint az emissziócsökkentés és az energiahatékonyság-növelés képesek ezt a hatást tovább fokozni. Mivel az egyes részcélok nem függetleníthetők egymástól, sőt legtöbbször kéz-a-kézben járnak, így nem az alapján mutatjuk be a lehetséges irányokat, hogy melyek kapcsolódnak külön az emissziócsökkentéshez vagy az energiahatékonyság növeléséhez, hanem komplexen kezeljük a zöld ágazati cél elérésének kérdését. [3]

A fenntarthatósági célok megvalósítási lehetőségeinek bemutatása előtt muszáj néhány gondolatot megosztani a finanszírozás kérdéséről, mely nagyban befolyásolja a közösségi közlekedést szolgáltató társaságok „zöld" fejlesztésekkel kapcsolatos mozgásterét.

1.1 Finanszírozás

A Személyszállítási Törvény rendelkezései értelmében Budapest Önkormányzatának kötelező, a többi települési önkormányzatnak pedig önként vállalható feladata a helyi közösségi közlekedés rendszerének kialakítása, saját, vagy választott szolgáltatóval történő üzemeltetése. Magyarországon mintegy 120 településen van helyi önkormányzati szervezésű közösségi közlekedés; Budapest, Miskolc, Debrecen és Szeged kivételével csak autóbuszos kiszolgálást biztosítva (eltekintve néhány révátkelőtől). A többi településen a helyi feladatokat is az országos közösségi autóbuszközlekedési hálózat járataival látják el.

A közösségi közlekedés működtetése forrásigényes feladat. A menetdíjbevételek – ideértve az állam által kormányrendeletben biztosított utazási kedvezmények ellentételezését is – jellemzően kevesebb, mint felét fedezik a működési költségeknek. Ez az arány a COVID miatt tovább romlott. Helyi közösségi közlekedésben normatív állami támogatást csak az ország fővárosa, Budapest kap, 12 milliárd forintot évente. A helyi közlekedés működési költségeit az önkormányzatoknak kell biztosítani.

A helyi közösségi közlekedés üzemeltetési költségeit áttekintve megállapítható, hogy a hazai operátorok jellemzően azonos költségszinten- és összetételen szolgáltatnak; az egyes városok közötti különbségek elsősorban a hálózati, menetrendi, és eszköz adottságokból, a munkaerőpiac országon belüli eltéréséből erednek.

A klímacélok eléréséhez vezető útra lépés az üzemeltetők számára jelentős beruházási feladatokat jelent. Egy korszerű, alternatív hajtású autóbusz, vagy egy környezetbarát technológiai anyag beszerzése lényegesen nagyobb terhet jelent ma Magyarországon még akkor is, ha a folyamatos üzemeltetési költségek esetleg kedvezőbben alakulnak. Kizárólag üzleti alapon a klímabarát technológiák ma nem tudnak elterjedni, így a beruházásokat közforrásokból támogatni szükséges. Erre nagyságrendjét tekintve az államnak van lehetősége, amely részben EU források felhasználásával eddig is támogatta a nagyvárosok kötöttpályás közlekedési fejlesztéseit. A Zöld Busz Program keretében a városoknak – Budapest kivételével – lehetőségük van zéróemissziós járművek és a hozzájuk tartozó töltőinfrastruktúra beszerzésére pályázni.

Tekintettel arra, hogy ma a helyi közösségi közlekedés össztársadalmi szinten – az adókat, adójellegű befizetéseket tekintve – nettó befizetője a költségvetésnek, ugyanakkor jelentős pozitív társadalmi költséghatása van, indokolt a finanszírozási környezet rendezése, kiszámíthatóvá tétele.

1.2 Fenntarthatósági célok

A vonzó közösségi közlekedés szolgáltatás alapja, hogy jó állapotú, esztétikus, akadálymentesített és magas színvonalú szolgáltatást biztosító járművek álljanak rendelkezésre, melyek a lehetőségekhez mérten minél alacsonyabb környezetterheléssel működnek. Kijelenthető, hogy a legnagyobb elmozdulást a zöld fenntartható közlekedés irányába úgy lehet megtenni, ha a szolgáltatók a régi, környezetvédelmi szempontból elavult, kedvezőtlen károsanyag-kibocsátású járműveiket kivonják állományukból és új, környezetkímélőbb járműveket szereznek be. Ezen felül számos lehetőség van a közlekedés zöld irányú fejlesztésére a vezetéstámogató rendszerek alkalmazásától, a közösségi közlekedés előnyben részesítésén, környezetbarát technológiák használatán át a telephelyek energetikai felújításáig, melyek hozzájárulnak a közösségi közlekedés környezeti fenntarthatóságának javításához, az országos és helyi klímavédelmi célok eléréséhez.

E cikkben megvizsgálva a közösségi közlekedés fenntarthatósági vonatkozásait, azonosíthatók a beavatkozási lehetőségek és számba vehetők az egyes területeken alkalmazható intézkedések, amelyek megtételével érhető el a fenntartható működés, közelítve a karbonsemlegesség felé.
A közösségi közlekedés üzemeltetése során az alábbi területeken azonosíthatók a kibocsátás csökkentés lehetőségei:

- CO_2 kibocsátás csökkentés
- energiahatékonyság
- szennyezéscsökkentés
- hulladékcsökkentés
- környezetbarát működés. [3]

2. A BKV Zrt. fenntarthatósági kihívásai

2.1 A CO_2 kibocsátás csökkentése

A közösségi közlekedés karbonlábnyomából a legnagyobb részt a járművek üzemeltetéséhez felhasznált energiahordozók teszik ki. Az energiafelhasználás csökkentésével lehet a legnagyobb lépést tenni a fenntartható közösségi közlekedési üzem irányában.
A BKV Zrt. teljes CO_2 kibocsátásának mintegy háromnegyedét a járművek futásából származó kibocsátás okozza (üzemanyag felhasználás, a vontatási villamosenergia előállítása során keletkező CO_2). Az autóbuszok futásából származó kibocsátás nagyjából kétszerese a BKV Zrt. teljes ipari és szociális célú energiafelhasználásából eredő kibocsátásnak. 2020 óta a villamosenergia felhasználás kismértékű csökkenése és az gázolajhasználat ugyanilyen arányú növekedése figyelhető meg. Ez 2023-ban várhatóan visszafordul, tekintve, hogy az M3 metróvonal rekonstrukciós munkáinak végeztével ezen a vonalon a buszokkal végzett metrópótlás megszűnik. A társaság energiafelhasználása és az ehhez köthető CO_2 kibocsátás adatai az 1. táblázatban láthatók.

Energiahordozó	Mennyiség [MWh]					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Vontatási célú						
Gázolaj	254 566	284 027	286 625	270 011	272 722	277 610
Villamosenergia	209 368	179 166	175 099	194 200	175 723	172 558
CNG	37 481	33 507	29 676	21 074	22 444	21 980
Összesen	**501 415**	**496 700**	**491 400**	**485 285**	**470 889**	**472 148**
Ipari és szociális célú	**158 281**	**149 081**	**150 958**	**148 714**	**166 191**	**135 945**
Összesen	**659 696**	**645 781**	**642 358**	**633 999**	**637 080**	**608 093**

Energiahordozó	CO_2 Mennyiség [t]					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Vontatási célú						
Gázolaj	67 969	75 835	76 529	72 093	72 817	74 122
Villamosenergia	76 419	65 396	63 911	70 883	64 139	62 984
CNG	7 609	6 802	6 024	4 278	4 556	4 462

Energiahordozó	CO_2 Mennyiség [t]					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Összesen	151 997	148 033	146 464	147 254	141 512	141 567
Ipari és szociális célú	43 957	41 289	42 983	43 390	46 565	39 101
Összesen	195 954	189 322	189 448	190 644	188 077	180 669

1. táblázat

A BKV Zrt. energiafelhasználása 2017-2022.

Önmagában a CO_2 kibocsátás oroszlánrészéért „felelős" járműpark megújításával sokat tehetünk a karbonlábnyom csökkentéséért. A közlekedés elektrifikációja is sokat javít a helyzeten; az elektromos vontatás lokálisan zéró emissziós, a villamos energia előállításakor keletkező CO_2 mennyiség a hatékonyabb energiafelhasználásnak köszönhetően kevesebb szennyezőanyag kibocsátással tesz lehetővé azonos számú utas elszállítását. Az egyes közlekedési ágazatok fajlagos CO_2 kibocsátását a 2. táblázat mutatja. Fontos viszonyítási pont, hogy a belső égésű motorral szerelt személygépkocsik esetében városi ciklusban kilométerenként 170g CO_2 kibocsátással lehet számolni.

	Éves futás-teljesítmény (fhkm)	**Energia-fogyasztás** (kWh)	**Fajlagos energiafo-gyasztás** (kWh/fhkm)	**CO_2 kibocsátás** (kg)	**Fajlagos CO_2 kibocsá-tás** (kg/ ezerfhkm)
M1	145 066 150	4 473 111	0,031	1 632 522	**11,2**
M2	1 531 482 311	17 023 140	0,011	6 213 446	**4,1**
M3	1 629 230 481	27 009 948	0,017	9 858 631	**6,1**
M4	811 689 580	12 922 588	0,016	4 716 745	**5,8**
Troli	533 020 326	10 421 190	0,019	3 803 354	**7,13**
Villamos	4 637 902 858	95 678 953	0,021	34 922 818	**7,5**
Dízelbusz	4 386 436 597	269 500 501	0,061	71 956 634	**16,4**
CNG busz	218 068 796	21 980 797	0,101	4 462 102	**20,5**
Elektromos busz	13 760 489	314 478	0,023	114 784	**8,3**
Hibrid busz	159 217 449	8 055 924	0,051	2 150 932	**13,5**

2. táblázat

A különböző közösségi közlekedési módok energia felhasználása és fajlagos CO_2 kibocsátása 2022-ben

A metró járműpark és infrastruktúra az M1 vonal kivételével modern, a mai elvárásoknak megfelelő mind hatékonyság, mind utaskiszolgálás szempontjából. A jelenlévő szerkezeti problémák mellett a járműtípus elavult, alacsony utazási komforttal rendelkezik, magas az energiafogyasztása, az egyedi alkatrészek beszerzése pedig nehézségekbe ütközik. Jelenlegi formájában a járműpark üzemeltetése 2030-ig tartható fenn.

A M1 vonal hosszabb távú fejlesztési koncepciója az alábbi:

- a vonal kapacitásbővítése, akadálymentesítése és energetikai rekonstrukciója,
- vonalhosszabbítás mind az északi, mind a déli irányban,

- új, korszerű, egyterű járműpark beszerzése.

A villamos járműállomány döntő részben elöregedett, a 40 év feletti - mintegy 500 db jármű - cseréje szükséges. Első körben a rekuperációra alkalmatlan járművek cseréjével lehet jelentős energetikai hatékonyság növelést elérni, de elmondható, hogy az idősebb típusok modernebbre való cseréje is azonnali energia megtakarítást, így kibocsátás csökkenést is eredményezne az utazási komfort egyidejű növekedése mellett.

Az autóbusz járműpark megújításával az elmúlt években jelentős előrelépés történt az emisszió csökkentésben. A továbblépéshez legfontosabb feladat az EURO 2 és EURO 3 környezetvédelmi besorolású, elavultnak mondható 330 db jármű cseréje (3. táblázat). Rövid távon hatalmas előrelépés lenne ezek EURO 6 besorolású járművekkel való kiváltása, ami a szennyezőanyag kibocsátás jelentős csökkenését eredményezné, elsősorban a CO és NO_x kibocsátás terén. A CO_2 kibocsátás látványos csökkentését elektromos buszok, illetve a hosszú távon remélhetőleg meghonosodó hidrogén hajtású buszok üzembe helyezésével lehetne elérni.

Jármű-jelleg	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO EEV	EURO 6	0 emisz-sziós	össze-sen
Mini	0	0	10	4	0	0	0	14
Midi	0	10	0	1	2	16	13	42
Szóló	23	117	0	41	41	259	0	481
Csuklós	8	172	8	10	2	176	0	376
Összesen	31	299	18	56	45	451	13	913

3. táblázat

A BKV Zrt. buszparkjának összetétele környezetvédelmi besorolás szerint 2022-ben

Ahogyan a fajlagos CO_2 kibocsátási adatok is mutatják a 2. táblázatban, a trolibuszok használata dízel buszok helyett hozzájárulhat a CO_2 kibocsátás csökkentéséhez. Az önjáró trolik elterjedésével – mára az állomány 70%-a ilyen – a viszonylatok útvonala meghosszabbítható, kiváltva ezzel dízel buszok használatát. Hosszú távon meg kell vizsgálni a felsővezeték-hálózatról tölthető akkumulátorokkal rendelkező elektromos buszok használatának lehetőségét. Ez a típus egyesíti az elektromos buszok és a trolik előnyét. Kihasználva Budapest felsővezeték-hálózatát jó fejlődési lehetőségeket rejt magában ez az egyelőre gyerekcipőben járó közösségi közlekedési megoldás.

A BKV Zrt. a villamos energiát energia kereskedőtől vásárolja, annak előállítására nincs ráhatása. A karbonlábnyom csökkentésének egyik lehetősége a megújuló energia használata a vontatási energia előállításához. Erre az elektromos buszok töltése során van lehetőség; a napelemekkel megtermelt energia felhasználható az elektromos buszok akkumulátorainak töltésére. Jelenleg a BKV Zrt. két telephelyén, a kelenföldi és a cinkotai autóbuszgarázsban van olyan napelem rendszer telepítve, amiből származó elektromos áramot buszok töltésére használnak. A telephelyen megtermelt tiszta energia az egész telephely ellátásában szerepet játszik, így a pontos, vontatási célra felhasznált mennyiséget nem lehet meghatározni. A telephelyi fejlesztési lehetőségek tárgyalásánál bemutatásra kerül a BKV Zrt. napelemek telepítésével kapcsolatos koncepciója.

2.2 Energiahatékonyság

A fajlagos energiaszükséglet csökkenthető a hatékonyabb energiafelhasználással, amelyre több módszert is alkalmaz a BKV Zrt.

2.2.1 Virtuális Erőmű Program

A BKV Zrt. 2014 óta többször vett részt a Virtuális Erőmű Program™ által indított Energiahatékonysági Kiválósági Pályázaton, és 2022-ben is – immár hatodik alkalommal – elnyerte az „Energiatudatos Vállalat" címet.

Az egyes Pályázatokhoz kapcsolódó feladatok, tevékenységek minden szempontból illeszkedtek/illeszkednek a BKV Zrt. törekvéseihez, hiszen az energiahatékonyság témakörét a Társaság már évek óta elsődleges prioritással kezeli mind a menedzsment elkötelezettsége, mind a konkrét megtakarítások tervezése, illetve a beruházások, fejlesztések, valamint a fenntartási, üzemeltetési tevékenységek végzése terén. A korábban bemutatott energiamegtakarítási intézkedések, valamint a hatékonyabb energiafelhasználást célzó tevékenységek egyöntetűen támogatják és erősítik az energiatudatosság kialakulását, ezen keresztül a kibocsátáscsökkentést és hozzájárulnak a vállalatvezetés és a munkavállalók szemléletváltását eredményező elkötelezettség elmélyüléséhez.

2.2.2 Műszaki fejlesztések

A közösségi közlekedésben résztvevő járművek energiahatékonyságát jelentősen növelni lehet műszaki fejlesztésekkel.

Az energiahatékony közlekedési eszközök közé tartoznak azok az elektromos hajtású járművek, amelyek a rekuperáció elvét alkalmazzák. A rekuperáció során a jármű fékezésekor keletkező energiát visszanyerik és tárolják, majd később felhasználják a jármű mozgatásához.

Jelenleg a 4 budapesti metróvonalból 3 esetében (M2, M3, M4) működik a fékerő visszanyerő rendszer, ami jelentős energiamegtakarítást tesz lehetővé. Az energiatakarékosságban további előrelépést jelent az M1 járműparkjának jövőbeni cseréje, valamint a járművek és az alagút világítótestek modernizációja.

A BKV villamosállománya jelenleg 615 db járműből áll, amiből 546 alkalmas a fékerő visszanyerésére. Ez típustól függően 11-30 % energiamegtakarítást jelent. A járművek pontos fogyasztásának és a rekuperáció hatékonyságának megállapítására mérőrendszer beépítése történt meg a járművekbe. A járművek mérései alapján megállapítható, hogy a villamosok napi üzem mellett a jelenkori technológiai elvárásoknak meg tudnak felelni. A mérési eljárás végső célja az infrastruktúra fejlesztési lehetőségek feltárása, a beruházások előkészítésének támogatása és a járművezetői motivációs eljárások vizsgálata.

További jelentős megtakarítást eredményezne a villamos járművek betáplálásához használt erősáramú kábelek cseréje. A jelenlegi kábelhálózaton eldisszipált (hőenergiává alakult, vagyis veszteségként leadott) villamos teljesítmény csökkentésével akár évi 3 Mrd forintnyi villamos teljesítmény takarítható meg, ami 9000 tonna CO_2 kibocsátás csökkenést eredményezne.

2.3 Szennyezéscsökkentés

2.3.1 Buszpark kibocsátása

A dízelüzemű járművek kipufogógázai számos szennyezőanyagot tartalmaznak. Az emberi egészség és a környezetvédelem szempontjából a legfontosabbak a nitrogén-oxidok (NOx), szén-monoxid (CO), szénhidrogének (HC) és részecskeszennyezők (PM). A dízelüzemű járművek kipufogógázainak szennyezőanyag-kibocsátása az elmúlt évtizedekben jelentősen csökkent az újabb járművek korszerű technológiájának köszönhetően.

A normák szigorodása igen jelentős kibocsátás csökkenést eredményez a modern autóbuszok javára. Feltételezve az autóbuszok egyenletes futásteljesítményét és határérték közeli kibocsá-

tását kiszámítható, hogy amennyiben a jelenleg futó EURO II és EURO III autóbuszokat EURO VI besorolásúakra lehetne cserélni, az mennyi károsanyag-kibocsátás csökkenést eredményezne (4. táblázat).

Szennyezőanyag	Jelenlegi becsült kibocsátás (t)	Járműcserével becsült kibocsátás (t)	Szennyezőanyag kibocsátás csökkenés (t)	Szennyezőanyag kibocsátás csökkenés (%)
CO	488,60	410,49	**78,11**	**15,99%**
HC	101,97	44,64	**57,33**	**56,22%**
NO_x	655,99	175,57	**480,42**	**73,24%**
PM	13,07	3,10	**9,97**	**76,30%**

4. táblázat

Lehetséges szennyezőanyag kibocsátás csökkentés EURO VI-os autóbuszok forgalomba állításával

A dízelüzemű járművek kibocsátásának csökkentése érdekében számos megoldás létezik. Az egyik leghatékonyabb megoldás a modern dízelbuszoknál már használatban lévő AdBlue használata, amely jelentősen csökkenti a nitrogén-oxidok kibocsátását. A részecskeszűrők is hatékonyan segíthetnek a célok elérésében, mivel képesek megkötni az átlagos dízelmotorból származó szilárd szennyezőanyag mennyiség 95%-át. Azonban az üzemanyag minősége és a járművek karbantartása is fontos szerepet játszik a kibocsátás csökkentésében.

Az előbbiekben bemutatottakon túl számos, közvetlenül a járművekhez kapcsolódó lehetőség létezik még, melyek hozzájárulhatnak a fenntartható zöld közlekedés fejlesztéséhez, ilyenek például:

- guminyomás-optimalizálás technológiai rendbe illesztése
- karbantartási- és javítási ciklusrendek felülvizsgálata, prediktív karbantartás
- TTP – Tudományos Tovább-üzemeltetési Protokoll alkalmazása a tervezett élettartamon túli üzemeltetési kényszer esetén
- kenőanyag és hűtőfolyadék felhasználásának a mérése
- LEAN szemlélet alkalmazása a folyamatok tervezésénél
- Smart-metering, Big Data [3].

2.3.2 Zajszennyezés

A közösségi közlekedésben legfontosabb zajterhelést a kötöttpályás közlekedés okozza. A vasúti közlekedés által kibocsátott zaj és rezgés keletkezésének, terjedésének okai, valamint a zajcsillapítás megoldása igen összetett kérdés, számos kutatás tárgyát képezi. A különböző felépítményrendszerek, az eltérő típusú, minőségű, korú járművek szerteágazó paramétereket jelentenek a zajok és rezgések kialakulása során. A vasúti forgalom által gerjesztett hang kétféleképpen jelentkezik: a vasúti jármű, illetve a vágány környezetében hallható zajkibocsátás, valamint a vágány közelében lévő épületekben észlelhető rezgésgerjesztés formájában. A vasúti infrastruktúra -jármű rendszerben az elsődleges zajforrás a jármű (meghajtás, kerék-sín kapcsolat), azonban a pálya, áramellátó rendszer elemeinek kialakítása, minősége és pillanatnyi állapota is befolyásolja a zajterhelés nagyságát.

Zajforrások

A vasúti zaj- és rezgésforrásokat két részre kell bontani: egyrészről a pálya (felépítményi elemek típusa), másrészről pedig a jármű (gördülőállomány jellemzői) állapotából származó okokra. Az eredő zajt nemcsak a kétféle forrás együtt, hanem ezek kölcsönhatása is befolyásolja.
A vasúti közlekedés során fellépő leggyakoribb zajforrások: indulási, fékezési, elhaladási (60 km/h-ig), gördülési (300 km/h-ig), továbbá gépészeti/járműszerkezeti zajok. Ide sorolható továbbá a kissugarú ívekben fellépő csikorgás és kitérőn vagy kitérő csoportokon történő áthaladáskor a többletzajterhelés is. A vasúti üzemvitel zajhatásaihoz tartoznak még a telephelyeken, megállókban keletkező zajok is.

Zajcsökkentés

A vasúti zaj és rezgés csökkentésének elsődleges módja a sín és a kerék közötti érintkezés dinamikus erőinek csökkentése, amit egyrészt a vasúti felépítmény elemeinek helyes megválasztásával, vagy utólagos szigetelésével érhető el a rendeletben meghatározott zajkibocsátási határértékek betartása érdekében.
Az aktív zajcsökkentési lehetőségek a zajkibocsátás csökkentésére irányuló műszaki lehetőségek. Vasút tekintetében aktív zajcsökkentési megoldás lehet például olyan vágányrendszer alkalmazása, amely csillapítja a rezgéseket, a rendszeres síncsiszolás, ívekben a sínkenés, ill. ezen módszerek együttes alkalmazása a jobb eredmény elérése érdekében. A passzív zajvédelem (pl. zajárnyékoló fal alkalmazása) az észlelőre gyakorolt hatás mérséklését célozza meg. A beltéri zaj csökkentésére irányuló passzív zajvédelmi módszer célja az épületek homlokzati hanggátlásának (például nyílászárók cseréje) jelentős mértékű növelése.

Zajvédelem a BKV Zrt-nél

A Társaság több telephelye rendelkezik zajkibocsátási határértékekkel, melyek teljesülését zajmérési jegyzőkönyvekkel lehet igazolni. A mérések több esetben azt támasztják alá, hogy a környezeti zaj nagyobb, mint a telephely tevékenységéből származó zajterhelés (pl. villamos telephely nagyforgalmú út mellett). A következő évekre kitekintve, ütemezetten törekszik a Társaság arra, hogy minden telephely, melynek környezetében zajtól védendő épület (lakóház) található, megfeleljen a zajvédelmi követelményeknek.
Sínkenő berendezések rendelkezésre állnak ill. folyamatosan újak beszerzése valósul meg. A sínek rendszeres csiszolásával, ill. kézi sínkenéssel hatékony zajcsökkentés érhető el.
A nyílászárók cseréjével, ill. a szellőző rendszer korszerűsítésével szintén jelentős zajcsökkentés valósult meg (áramátalakítók esetében).

2.4 Kiszolgáló tevékenységek, telephelyek fejlesztési lehetőségei

2.4.1 Hulladékcsökkentés

A Társaság környezettudatos szemléletformálásához fontos az Autóbusz- és Trolibusz Üzemeltetési Igazgatóság (ATÜI) telephelyeire 2022-ben bevezetett szelektív hulladékgyűjtés (papír, műanyag és fém) többi telephelyre történő kiterjesztése, ami révén csökkenthető a vegyes kommunális hulladék mennyisége, így ez a keletkező hulladékok nagyobb arányú újrahasznosítását teszi lehetővé. Az ATÜI telephelyeken a szelektív hulladékgyűjtés tudatosításának oktatással történő növelése 2023. évi Integrált Irányítási Rendszer (IIR) cél. A szelektív hulladék térfogata hulladéktömörítő eszközök (pl. PET palack prés, bálázó gép stb.) alkalmazásával tovább csökkenthető, így kisebb gyakorisággal kell elszállíttatni, ezzel is hozzájárulva a károsanyag-kibocsátás csökkentéséhez.

A veszélyes hulladék mennyisége csökkenthető a járműkarbantartó telephelyeken a mosható törlőrongyok használatával, amely alkalmazási területének folyamatos kiterjesztése szintén szerepel a 2023. évi IIR célok között.
Papírfelhasználás csökkentése érdekében 2022. évben bevezetésre került az elektronikus aláírás használata. A dokumentumok elektronikus úton történő küldése, tárolása tovább mérsékli a papírfelhasználást.
Hulladékgazdálkodási szempontból a Társaság elsődleges célja a keletkező hulladékok mennyiségének csökkentése. Amennyiben ez nem lehetséges, akkor a keletkezett hulladék – kiemelten a fémhulladék – újrahasznosítását részesítve előnyben.

	Nem veszélyes hulladék (kg)			Veszélyes hulladék (kg)		
	Ártalmatlanított	Újrahasznosított	**Összesen**	Ártalmatlanított	Újrahasznosított	**Összesen**
2020	516 875	3 424 326	3 941 201	1 161 137	766 229	1 927 366
	13,1%	86,9%	100%	60,3%	39,7%	100%
2021	644 082	4 715 932	5 360 014	1 426 020	421 227	1 847 247
	12,1%	87,9%	100%	77,2%	22,8%	100%
2022	653 689	3 101 129	3 754 988	1 112 080	603 672	1 715 752
	17,5%	82,5%	100%	64,8%	35,2%	100%

5. táblázat

Keletkezett hulladékok mennyiségi megoszlása az elmúlt 3 évben:

	Összesen (kg)	Újrahasznosított (kg)	Újrahasznosítási arány (%)
2020	5 868 567	4 190 555	71,4 %
2021	7 207 261	5 137 159	71,3 %
2022	5 470 740	3 704 801	67,8 %

6. táblázat

Összes keletkezett hulladék mennyisége és hasznosítási arányai

Fenti 5. és 6. táblázat adataiból nehéz messzemenő következtetést levonni, tekintettel a hulladékok nem rendszeres képződésére. Jelentős különbségeket okozhat egy épületbontás, vagy éppen egy nagyobb járműselejtezési folyamat, ami nagy mértékben megnövelheti adott évben a hasznosítható, vagy éppen a nem hasznosítható hulladékok arányát. Meg kell jegyezni, hogy a Társaságnak arra sem lehet ráhatása, hogy bizonyos hulladékfajták esetében rendelkezésre áll-e az újrahasznosítási technológia, és az elérhető-e. Mindenképpen üdvözlendő, hogy nem veszélyes hulladékok esetében stabilan 80 % feletti újrahasznosítási arányt lehet felmutatni. Ennek fenntartására továbbra is törekedni kell.

További hulladékcsökkentési lehetőségek:

- A hulladék keletkezés megelőzéséhez a beszerzéseknél, beruházások, fejlesztések tervezésekor át kell gondolni, hogy milyen hulladékkal kell számolni a jövőben, egy selejtezés

során milyen hulladék fog keletkezni. Itt már az újrahasznosítható alapanyagokat, csomagolásmentes beszállítást előnyben kell részesíteni.
- A környezetre alacsonyabb kockázatot jelentő anyagok használata (hosszabb élettartam, nagy kiszerelések, környezetbarát termékek, újrahasznosítható alapanyagok), zöld közbeszerzés alkalmazása, a felesleges raktárkészletek elkerülése.
- Technológiák felülvizsgálata a felhasznált anyagok, alkatrészek újrahasznosíthatóságának szempontjából
- A szelektív hulladékgyűjtés kiterjesztése az állomásokra, megállókra. Ismerve az utazóközönség szelektív hulladék gyűjtéshez való hozzáállását („úgyis összeöntik") a gyűjtés mellett a válogatáshoz szükséges erőforrásokról is gondoskodni szükséges.

2.4.2 Telephelyi talaj-, csatorna- és felszíni víz szennyezések felszámolása, elkerülése

Jelenleg a járműtelepek felén megoldott a burkolt felületekről a csatornába vezetett csapadékvíz olajmentesítése, azaz az elvezetett csapadékvíz csatornára jutása előtt olajfogón való keresztülvezetése. A tetőfelületekre hulló tiszta csapadékvizeken kívül minden egyéb keletkező szenny- és csapadékviznek olajfogóra való vezetése lenne kívánatos.
Telephelyeinken a talaj és felszín alatti vízszennyezések 1998-ban teljeskörűen felmérésre kerültek. A kockázatelemzéssel, a szükséges beavatkozásokkal, a monitoring rendszer kialakításával és a potenciális szennyezőforrások hatásainak kivédésével kiegészített szakvélemények alapján a következő kárelhárítási és fejlesztési intézkedések történtek:
- a feltárt talaj- és talajvízszennyezés megszüntetésére a kármentesítési munkák elvégzése
- a potenciális szennyezőforrások miatt monitoring kutak létesítése
- a potenciális szennyezőforrások, illetve technológiák környezeti kockázatának csökkentését célzó megelőző intézkedések
- az üzemanyagellátó rendszerek, fáradtolaj és motorolaj tartályok korszerűsítése
- a mosó és szennyvízkezelő berendezések telepítése, illetve korszerűsítése
- szakszerűen kialakított veszélyes hulladék üzemi gyűjtőhelyek létesítése.

A 2000-es évek óta a Társaság kiemelt figyelmet fordít a lehetséges talaj- és talajvízszennyező tevékenységek figyelemmel kísérésére és a potenciális szennyezések elkerülésére. A gondos üzemeltetés és a kiépített monitoring hálózat eredményei alapján a telephelyek jelenleg tisztának tekinthetők, földtani közeg és felszín alatti vízszennyezés (a két telephelyen még folyamatban lévő kármentesítések kivételével) nem feltételezhető.
A további szennyezések elkerülése érdekében Óbuda Autóbusz Járműtelephely példamutató gyakorlatot vezetett be a tárolótér szennyezésének, illetve a fagyálló és olajfogyasztás csökkentése érdekében. Az olaj- és fagyállócsepegés folyamatos monitorozásával, az elhasználódott szállítócsövek cseréjével és a bilincsek állapotának alapos vizsgálatával kimutathatóan csökkent az olaj és a fagyálló folyadék felhasználása a telephelyen. Ezen intézkedéseket - mint jó gyakorlatot - a többi autóbusz járműtelephelyen is szükséges bevezetni.

2.4.3 Épületenergetikai fejlesztések

Gyorsan megtérülő beruházásnak számít a telephelyi világítás esetében a LED izzókra való áttérés, amit folyamatosan minden telephelyen meg kell valósítani. A jelentősen megemelkedett energiaárak csökkentették az épületszigetelések és nyílászáró cserék megtérülési idejét is. Az elavult szigeteléstechnikai elemek cseréjét az anyagi lehetőségek figyelembevételével el kell végezni. További lehetőségeket rejt magában az elavult kazánok cseréje, a direkt elektromos fűtések kiváltása, illetve helyiség szintű fűtés szabályozások kialakítása (7. táblázat).

Intézkedés típusa	db	Megtakarítható költség [eFt/év]	Kalkulált beruházási költség [eFt]	Várható megtérülési idő [év]
Világításkorszerűsítés	19	930 517	1 045 110	1,12
HMV készítés korszerűsítése	7	54 447	63 500	1,17
Egyéb	14	55 492	140 750	2,54
Fűtéskorszerűsítés	28	624 609	2 496 142	4,00
Megújuló energiaforrás hasznosítása	14	326 457	2 161 095	6,62
Nyílászáró csere	11	1 294 536	4 144 151	3,20
Épületszigetelés	18	710 730	9 985 282	14,05
Összesen	111	3 996 789	20 036 029	5,01

7. táblázat

Energiahatékonysági intézkedések megtérülési ideje

2.4.4 Vízgazdálkodás

A BKV Zrt. 2022-ben 280 000 m^3 vizet fogyasztott. A víz és csatorna szolgáltatásért fizetendő százmilliós nagyságrendű díj eltörpül a felhasznált energia árához képest, azonban a fenntarthatóság szempontjából nagy jelentőséggel bír a víztakarékos működés kialakítása. Jelenlegi klimatikus és gazdasági változások eredményeképpen egyre jelentősebb fenyegetést jelent a megbízható ivóvízellátás biztosítása. Ezt jelzik a nyári hónapokban egyre szaporodó vízfogyasztás korlátozások, illetve a klímamodellekben megjelenő aszályos időszakok hosszabbodása egyaránt.

A vízfogyasztás felülvizsgálata során számbavételre kerültek a fő fogyasztási helyek, illetve a megtakarítási lehetőségek, ami alapján az ívóvíz felhasználás 2 féle módon csökkenthető:

- víztakarékosság
- ivóvíz helyettesítése.

Víztakarékosság

A szociális célra a telephelyeken, végállomásokon felhasznált vízzel az unalomig ismételt módon odafigyeléssel, valamint a szivárgások időben való megszüntetésével lehet takarékoskodni.

A technológiai vizet gyakorlatilag 100%-ban mosásra használják. Jelenleg a BKV Zrt-nél a gyakorlat, hogy minden buszt minden nap lemosnak. Ez környezetvédelmi szempontból az erőforrásokkal pazarlónak tekinthető. Jelenleg kísérleti jelleggel az egyik telephely bevezette a kétnaponkénti mosást, amivel jelentős vízmegtakarítást (továbbá mosószer- és energiamegtakarítást) ért el, miközben a jármű megfelel a szolgáltatáshoz; a külső tisztaságot mind az utasok, mind a megrendelő megfelelőnek találja.

Ha egy telephelyen kiugróan magas vízfogyasztást észlelnek, szivárgásvizsgálatot is elvégeznek, amely eredményeképpen megtalált, addig ismeretlen csőtörés javítása is további vízmegtakarítást eredményez.

Ivóvíz helyettesítése

Technológiai folyamatokban – ami elsősorban járműmosást jelent – két módon helyettesíthető az ivóvíz: ipari kutakból és a csapadékvíz hasznosításával.

Jelenleg 2 telephelyen használnak ipari kutat járműmosásra, de további 4 telephely rendelkezik vízjogi üzemeltetési engedéllyel ipari kutakra vonatkozólag. Ezen telephelyek esetében is érdemes megvizsgálni a kutak vizének mosásra való felhasználási lehetőségeit.

Csapadékvizek esetében minden esetben törekedni kell azok helyben tartására. A burkolt felületekről elvezetett csapadékvizek a csatornahálózatba jutva a szennyvíztisztítókat túlterhelik, gyors levezetésük vízhiányos állapotot okoz a talajban, ami súlyosbítja a csapadék nélküli időszak hatásait, a szárazságot és kedvezőtlenül hat a mikroklímára. Csapadékvíz kezelés tervezésekor törekedni kell a tiszta csapadékvizek helyben történő szikkasztására, locsolásra való felhasználására, illetve a szennyezett csapadékvizek olajfogón keresztül való csatornába bocsájtására.

Csapadékvizek járműmosásra való felhasználása jelenleg még a világon is igen ritka. Jelenleg folyamatban van a Budafoki Villamos Járműtelepen ennek a lehetőségnek a vizsgálata. Bár a megvalósítás a technológiai igények miatt beruházás igényes, ritkasága miatt jelentős marketing értékkel is rendelkezik egy ilyen rendszer kiépítése. Amennyiben a megvalósítás lehetőségének vizsgálata pozitív eredménnyel zárul, érdemes végig gondolni a beruházás megvalósítását még abban az esetben is ha a megtérülési idő viszonylag magas, mert egy ilyen innovatív technológia üzemeltetése jelezhetné a BKV Zrt. fenntarthatóság iránti elköteleződését. A mosóberendezéseknél a felhasznált mosóvíz tisztításra, kezelésre és újrahasznosításra kerül.

2.4.5 Takarékossági intézkedések

A közelmúlt nagy mértékű energiaáremelkedései rendkívüli takarékossági intézkedésekre késztették a Társaság vezetőségét. A téli fűtési szezonban elrendelt korlátozások és távmunka eredményeként jelentős, közel 2 millió m^3 gázfogyasztás megtakarítás realizálódott. 7 hónap alatt a takarékossági intézkedések mintegy 2 milliárd Ft összegű kiadás csökkenést eredményeztek. A telephelyi földgáz fogyasztás az előző évek azonos időszakához képest 43 %-kal csökkent. Ebben az időszakban a villamosenergia fogyasztást is sikerült csökkenteni.

Tekintettel arra, hogy a megnövekedett energiaárak a jövőben is velünk maradnak, a bevezetett takarékossági intézkedések fűtési időszakban való megtartásának, illetve akár a hűtési időszakban való bevezetésének lehetőségeit is meg kell vizsgálni.

2.4.6 Megújuló energia használata

Napelemek

A megújuló energia használatában kiemelkedő szerepe van a napelemek telepítésének. Jelenlegi kiépített kapacitás a következő:

- Székház 50 kW
- Kelenföld buszgarázs: 200 kW
- Cinkota buszgarázs: 100 kW
- Hungária villamos kocsiszín: 43,2 kW

2022-ben a működő székházi és kelenföldi napelemek 241 626 kWh energiát állítottak elő, ami mintegy 88 tonna CO_2 kibocsátás csökkentést is eredményezett.

A jövőben további mintegy 2000-2500 kW teljesítményű napelem rendszer kiépítése tervezett. A tervezett napelem kapacitások kiépítésével évi **800-1000 tonna CO_2 kibocsátás takarítható meg.**

Napkollektorok

Használati melegvíz előállításra napkollektorok kerültek elhelyezésre 8 telephelyen.

Geotermikus energia

A Társaság a 2-es metró Fehér úti telephelye használati melegvíz előállításának korszerűsítését geotermikus energia hasznosításával kívánja megvalósítani. A telephellyel szomszédos VJSZ telephelyen geotermikus fűtési rendszer épült ki. A termál kút szabad kapacitása lehetővé teszi, hogy a telephely használati melegvíz ellátása, vagy akár a teljes telephely hőellátása is geotermikus energia felhasználásával történjen.

A telephely fűtésének és melegvízellátásának geotermikus energiával történő megoldásával évi mintegy 250 000 m^3 gáz elégetését lehetne kiváltani, ami **535 tonna éves CO_2 kibocsátás csökkenést** jelentene.

2.5 Környezetbarát működés

2.5.1 Szemléletformálás

A fenntartható működés biztosítása érdekében fontos szerepe van a szemléletformálásnak. A szemléletformálás során tudatosabbá válik a fenntarthatóság fontossága és az, hogy milyen hatással van az életre és a környezetre az elvégzett tevékenység. A fenntartható működés biztosítása érdekében fontos, hogy az emberek megismerjék a fenntartható működés alapelveit és azokat betartsák. A fenntartható működés alapelvei közé tartozik az energiahatékonyság, a megújuló energiaforrások használata, a hulladékkezelés és az ökológiai lábnyom csökkentése.

A fenntartható zöld közlekedés fejlesztési lehetőségének alapvető feltétele a vezetői elköteleződés: a kulcsszó a tudatosság, hiszen mint már említettük, a változás a fenntarthatóság irányába nem jön magától, hanem tenni kell érte.

A Társaságnál a korábban elkülönülten működő minőség- (MIR), környezetközpontú- (KIR) és energiagazdálkodási- (EgIR) irányítási rendszerek összevonásra kerültek, melynek eredményeképpen bevezetésre került az Integrált Irányítási Rendszer (a továbbiakban: IIR). A 15 Vasúti Üzemeltetési Igazgatósághoz (VÜI) tartozó telephely, az Akácfa utcai Székház, továbbá az 5 ATÜI telephely sikeres IIR szerinti tanúsítására 2021 júniusában került sor. Ezen túlmenően Budafok Villamos Járműtelepre és az M4 Metró Járműtelepre 2020 decemberében sikeresen megtörtént az EMAS tanúsítás megszerzése, ezzel az első közlekedési vállalat lett a BKV Zrt. Magyarországon, amely ilyen tanúsítással rendelkezik. Az EMAS tanúsítással rendelkező telephelyek köre folyamatosan bővül, 2023-ban a Szépilona Villamos Járműtelep tanúsítására kerül sor.

Integrált Irányítási Rendszer (MIR, KIR, EglR) alkalmazásával beazonosíthatók és tudatosan tervezhetők a környezetterhelést csökkentő intézkedések. A hitelesített környezetvédelmi vezetési rendszer – EMAS – bevezetésével pedig még környezetközpontúbb vállalati működés alakítható ki, mely segíti a társaságokat környezeti teljesítményük folyamatos javításában.

A fenntarthatóság szempontjából a szemléletformálás/oktatás nagyon fontos a társaságokon belül és kívül egyaránt. A közösségi közlekedési szolgáltatóknak aktív szerepet kell vállalniuk az utazási szokások alakításában, a fenntartható magatartási módok elsajátításában (pl. energiatudatosság, környezettudatosság, stb.).

A vállalatokon belül az egyik legfontosabb, amit a fenntartható zöld fejlődés érdekében meg kell tenni, az az energiahatékony vezetési módszer(ek) ismétlő oktatásba történő beépítése, oktatási célú szimulációs rendszer szoftvereinek teljes vonalismereti oktatásra alkalmas állapotának kialakítása. Szimulátor alkalmazásával környezeti terhelés csökkentés érhető el, hiszen az oktató járműveket nem kell forgalomba adni, így csökken az általuk felhasznált energia és károsanyag-kibocsátás, zajhatás.

2.5.2 Mérés

Ahhoz, hogy egy vállalat környezetvédelmi teljesítményét, illetve a fenntartható működés irányába tett lépéseinek hatékonyságát meg lehessen ismerni, a kibocsátás, energiafelhasználás minél pontosabb rögzítése szükséges. Ehhez elengedhetetlen a kiterjedt, modern (smart metering) mérőhálózat létrehozása. A fenntartható működés szempontjából nagy jelentősége van a fogyasztás mérési adatok figyelemmel kísérésének, a kiugró adatok kivizsgálásának és helyesbítő intézkedések megtételének. Fel kell mérni a jövőben a hasznos információt adó tovább mérési helyek kiépítésének szükségességét.

A jelentős áramfogyasztók azonosítása és almérőkkel való felszerelése megtörtént, ezen adatok folyamatos nyomonkövetése szükséges.

A továbbiakban azonosítani kell és almérőkkel ellátni a jelentős gáz- és vízfogyasztó technológiákat. A fogyasztás megoszlásának megismeréséhez elsősorban a telephelyek fűtését és melegvíz ellátását biztosító gázkazánok, valamint a technológiai vízfogyasztás szinte egészéért felelős járműmosók fogyasztásának megismerése nem halogatható feladat.

2.5.3 Zöld beszerzés

A fenntartható beszerzési koncepció annyit jelent, hogy a beszerzési folyamat minden szakaszában - a környezeti szempontok érvényre juttatásával - azokat a megoldásokat/termékeket részesítik előnyben, melyek az egész életciklusuk során a legkisebb negatív hatást gyakorolják a környezetre, ezáltal csökkentik a Társaság ökológiai lábnyomát, ösztönzik a környezetbarát technológiák elterjedését és a környezetbarát termékek előállítását.

A fenntartható szemléletű beszerzés lehetővé teszi, hogy a költségek csökkenjenek, és ezzel egyidőben a környezet védelme is megvalósul. Egy bölcsen szervezett beszerzés által anyag és energia takarítható meg, csökkenthető a hulladékmennyiség és a környezetszennyezés, illetve fenntartható viselkedésmintáknak adható ösztönzés.

A környezetbarát beszerzési koncepció megvalósításának folyamata, kialakítása, továbblépési lehetőségei:

- a fenntarthatóság érvényre juttatása a beszerzési koncepcióban/stratégiában
- követelmény-/szempontrendszer kidolgozása: termékek/szolgáltatások (esetleg termékcsoportok specifikus) környezetvédelmi szempontjainak kidolgozása, melyek a környezetbarát termékek műszaki követelményeit tartalmazzák (energiahatékonyság, veszélyes anyagok, minőség, tartósság, ártalmatlanítás, csomagolási követelmények)
- a Társasági Beszerzési Szabályzat kiegészítése: a fenntartható beszerzési folyamat kialakítása a mindennapi beszerzési munkamenethez illeszkedően
- fenntartható beszerzés oktatása: a szervezet beszerzésért, környezetvédelemért felelős munkatársainak, illetve a beszerzési folyamat összes résztvevőjének oktatása, ahol a fenntartható beszerzési rendszer működtetéséhez szükséges tudást sajátíthatják el
- beérkező ajánlatok fenntarthatósági szempontú kiértékelési és teljesítés ellenőrzési módszereinek kidolgozása
- Társaságon belüli fenntartható beszerzési eredmények értékelési módszereinek, a termék életciklus utánkövetési módszerének kidolgozása, továbbfejlesztési lehetőségek vizsgálata
- a Környezetvédelmi Közbeszerzési Etikai Kódex vállalása egy következő lépésként, amennyiben már kialakításra kerültek a fenntartható beszerzési folyamatok – a csatlakozás lehetősége folyamatos.

2.5.4 Nyomonkövetés

A fenntartható működés nyomonkövetése érdekében szükséges létrehozni egy monitoring rendszert, aminek segítségével mérni lehet a Társaság teljesítményét. Ennek érdekében a BKV Zrt.-nél megkezdődött egy hatékonyság értékelő rendszer kidolgozása, amellyel mérhetővé válik – többek között – a vállalat fenntartható működésének fejlődése is. A mutatószámok kiválasztása során figyelni kell arra, hogy azok tartalmazzák a fenntartható működéssel kapcsolatos adatokat, mint az energiahatékonyság, hulladékkeletkezés, szennyezőanyag kibocsátás.

Az Európai Parlament 2022 novemberében elfogadta a fenntarthatósággal kapcsolatos vállalati jelentéstételről szóló irányelvet (CSRD). Ennek keretében 2026-tól az európai nagyvállalatoknak, így (várhatóan 2026-tól) a BKV Zrt.-nek is kötelezően adatot kell szolgáltatnia a fenntarthatósággal kapcsolatban.

A közzétett információknak az alábbiakra kell kiterjedniük:

- a fenntarthatósági ügyekkel kapcsolatos üzleti modell és stratégia, beleértve a terveket és azok végrehajtását
- fenntarthatósági célok, és e célok elérése felé tett előrelépés
- az irányító és felügyeleti szervek szerepe a fenntarthatóság tekintetében
- a fenntarthatósági ügyekkel kapcsolatos politikák
- a tevékenység és az ellátási lánc átvilágítási folyamatai
- fő kockázatok és függőségek
- a fentiek méréséhez releváns mutatók
- immateriális javak, beleértve az intellektuális, emberi, társadalmi és kapcsolati tőkét
- a nyilvánosságra hozott információk azonosítása érdekében végzett folyamatok.

A szolgáltatandó adatokat tartalmazó szabvány kidolgozása jelenleg folyamatban van. Ennek ismeretében a jelenleg kidolgozás alatt álló hatékonysági monitoring rendszert harmonizálni kell a CSRD keretén belül elkészítendő jelentéssel.

3. Intézkedési javaslatok

A fenntartható működés érdekében a Társaság számos intézkedést megtett és folyamatosan keresi, tudatosan alkalmazza mindazokat a szervezési intézkedéseket, amelyekkel a környezeti tényezőkre kedvező hatással tud lenni. Ezeken túl azonban a cél elérése érdekében megteendő intézkedések jórésze jelentős beruházást igényel, amelyek megvalósulása a jelenlegi gazdasági helyzetben nem reális rövid távon.

Vannak azonban olyan fejlesztések, melyek a Társaság működéséhez szükségszerűek, és jelentős energia megtakarítást, valamint szennyezőanyag kibocsátás csökkenést eredményeznek. Ilyen nagy költségigényű, a fenntartható működés irányába mozdító beruházások a modern dízelbuszok üzembehelyezése, valamint a rekuperációra képes kötöttpályás járművek arányának növelése az áramellátási hálózat alkalmassá tételével egyidőben.

A fenntartható működés vizsgálata során olyan intézkedési lehetőségek feltárása történt meg, melyek megvalósításához nem szükségesek anyagi források vagy alacsony költségvetésből kivitelezhetők. Ezen fejlesztések közül rövid távon (1-2 év) az alábbiak tekinthetők bevezethetőnek:

- a szelektív hulladékgyűjtés kiterjesztése a BKV Zrt. valamennyi telephelyére
- hulladék újrahasznosítási arány növelése, lehetőségének vizsgálata
- az autóbusz telephelyek tárolótér szennyezésének, illetve a fagyálló- és olajfogyasztás csökkentése, az elfolyások rendszeres ellenőrzése a karbantartási utasítások felülvizsgálatával

- a vízfogyasztások ellenőrzése a jelentősebb vízfogyasztások (elsősorban járműmosók) almérővel való mérésével. Ezen intézkedés bevezetésével azonosíthatók lesznek a potenciális vízpazarlások és összehasonlíthatóvá válnak a jelentős fogyasztási helyek vízfogyasztási adatai
- csapadékvíz hasznosítás megvalósításának vizsgálata. Budafok Villamos Járműtelep esetében csapadékvíz mosási tevékenységre való felhasználási lehetőségének vizsgálata
- járműmosás gyakoriságának optimalizálása
- a jelentős földgáz megtakarítást eredményező 2022. évi takarékossági intézkedések tapasztalatainak elemzésével a 2023/24. évi fűtési szezonra hasonló intézkedések kidolgozása és bevezetése.

Konklúzió

A közösségi közlekedés kiemelkedő szerepe egy fenntarthatóbb, zöldebb közlekedési rendszerben megkérdőjelezhetetlen. Amellett, hogy mindenki számára hozzáférhető módon elégíti ki az alapvető mobilitási igényeket, hatékonyabban használja az értékes és szűkös közterekt és közben kisebb környezetszennyezéssel jár, mint az egyéni motorizált közlekedés. Hozzájárulása a társadalmi és gazdasági fenntarthatósághoz egyértelmű, hiszen általa jutnak el a dolgozók a munkahelyekre, a gyerekek az iskolákba, biztosítja a hozzáférést különböző szolgáltatásokhoz, a turizmusnak is mozgatórugója.

A klímaváltozás elleni küzdelem egyik eszköze lehet a közösségi közlekedés dominanciájának növelése, hiszen jelenleg a városok legnagyobb problémája a személyautók növekvő száma, mely torlódásokhoz és egyre magasabb lég- és zajszennyezéshez vezet. Ugyan egy korszerű csuklós autóbusz mintegy tízszer annyi üzemanyagot fogyaszt, mint egy átlagos középkategóriás autó (hivatalos) fogyasztása, ám férőhelyre vetítve a busz már jóval hatékonyabb – körülbelül fele annyi a fajlagos energiafelhasználása és az általa okozott szennyezés. A közösségi közlekedésben a lokálisan zéró emisszió nem a jövő, hanem a jelen, a BKV-s utazások kétharmada elektromos meghajtású járművel történik, köszönhetően a metróknak, troliknak, villamosoknak.

A közösségi közlekedés karbonlábnyomának mérséklését legfőképpen a járművek üzemeltetéséhez szükséges energiahordozók felhasználásának csökkentésével lehet elérni. A buszállomány esetében a modern EURO 6-os járművek beszerzése a rövid távú, reális megoldás, hosszútávon pedig az elektromos buszok és egyéb alternatív meghajtású (hidrogén üzemű buszok) járművekkel is érdemes kalkulálni. A kötöttpályás állomány esetében a rekuperációs képesség növelése a hálózati fejlesztések által érhető el leginkább. A karbonlábnyom csökkentésének másik lehetősége a megújuló energia használata a vontatási energia előállításához, például napelemek segítségével.

Bár a károsanyag-kibocsátás nagyobb részt a vontatási energiához köthető, nem feledkezhetünk meg a telephelyek és kiszolgáló tevékenységek fejlesztési lehetőségeiről sem, melyek tovább csökkentik a környezeti terhelés mértékét. Jó irány a hulladékmennyiség csökkentése, olajfogók, szennyvíztisztítók alkalmazása, a tudatos vízgazdálkodás, a megújuló energiák használata és a zöld beszerzési lehetőségek vizsgálata is.

Tisztában kell lenni azzal, hogy a klímacélok eléréséhez vezető útra lépés az üzemeltetők számára jelentős beruházási feladatokat jelent. Kizárólag üzleti alapon a klímabarát technológiák ma nem tudnak elterjedni, így a beruházásokat közforrásokból támogatni szükséges.

Van azonban olyan eszköz is az üzemeltetők kezében, ami akár forrás bevonás nélkül is segíthet a fenntartható pályára állításban, ez nem más, mint a szemléletformálás, mely alapja a vezetői elkötelezettség.

Ahhoz, hogy a fenntarthatóság irányába tett törekvéseket értékelni tudjuk, mérnünk kell az eredményeket, így elengedhetetlen egy kiterjedt, modern mérőhálózat létrehozása. A kapott értékeket nyomon kell követni, amihez létre kell hozni egy monitoring rendszert. Jelenleg ez egy önként vállalt tevékenység, de az Európai Parlament által 2022 novemberében elfogadott a fenntarthatósággal kapcsolatos vállalati jelentéstételről szóló irányelv (CSRD) keretében 2026-tól az európai nagyvállalatoknak, így (várhatóan 2026-tól) a hazai vállalatoknak – köztük a BKV Zrt.-nek – is kötelezően adatot kell szolgáltatnia a fenntarthatósággal kapcsolatban. [4]

Irodalomjegyzék

[1.] Innovációs és Technológiai Minisztérium: Nemzeti Tiszta Fejlődési Stratégia 2020-2050 54e01bf45e08607b21906196f75d836de9d6cc47.pdf (kormany.hu) (2022.03.10.)

[2.] Dr. Tóth-Kaszás Nikoletta,egyetemi docens,Pannon Egyetem: A projektmenedzsment fenntarthatósági aspektusai - egyetemi jegyzet Toth_Kaszas_Nikoletta_A_projektmenedzsment_fenntarthatosagi_aspektusai.pdf (uni-pannon.hu) (2023.06.02.)

[3.] Hagymási G. – Jangel M. – Lajosné Török M. – Makra N. – Mészáros-Pintér Sz.: Magyar Közlekedési Szövetség: A fenntartható zöld közlekedés lehetőségeinek vizsgálata, Budapest, 2022. https://mkt.hu/hu/2023/03/01/a-fenntarthato-zold-kozlekedes-lehetosegei/ (2023.05.26.)

[4.] Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2022/2464 Irányelve (új Vállalati Fenntarthatósági Jelentési Irányelv - CSRD)

A villamosjárművek energiafogyasztásának csökkentési lehetősége a közúti jelzőlámpa programok optimalizálásával

Jangel Mátyás Stratégiai főosztályvezető

Budapesti Közlekedési Zrt.
Stratégiai és Beszerzési Igazgatóság
telefon: +36 20/4599 116
e-mail: jangelma@bkv.hu

Abstract

Ezen cikk bemutatja a budapesti villamosközlekedés vontatási energiafelhasználását, az energiafelhasználás szempontjából optimális menetdiagramokhoz való közelítés lehetőségét, valamint a megtakarítási potenciált.

Kulcsszavak: *vontatási energiafelhasználás, ideális menetdiagram*

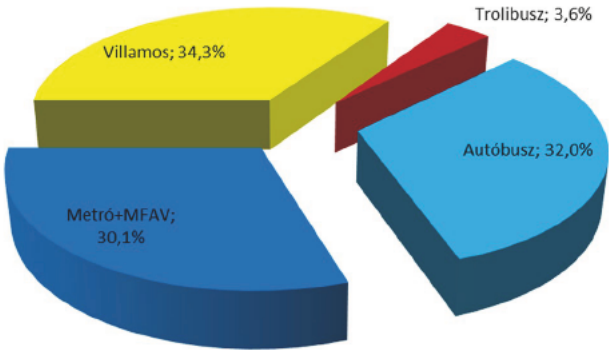
Bevezetés

Budapesten 36 nappali vonalon 149 kilométeres hálózaton közlekednek villamosok. Munkanapokon 320 szerelvény összesen 467 kocsival áll forgalomba, hogy naponta átlagosan 1 millió utast szállítson. A lokálisan zéró emissziós közlekedési forma népszerű a fővárosban. A 14,03 km/órás keringési- és a csúcsidőben 20 km/óra közeli utazási sebesség csak egyes vonalakon tud utazási időben versenyezni az egyéni gépjárműforgalommal. Az ágazat vontatási energiafogyasztása évente 95,7 GWh, amely jóval 10 milliárd forint feletti energiaköltséget jelent. Mind a környezeti, mind a gazdasági fenntarthatóság érdekében szükséges a vontatási energiafelhasználás csökkentésének lehetőségét vizsgálni. Ennek egyik aspektusa a villamosjárművek energiafelhasználás szempontjából ideális menetdiagramhoz való közelítése a két megállóhely közötti forgalmi okú megállások, sebességcsökkentések majd visszagyorsítások számának csökkentésével.

1. A budapesti villamos ágazat bemutatása

1.1 A villamos ágazat szerepe Budapest közösségi közlekedésében

A BKV Zrt. járművei közel 1,1 milliárd utazást bonyolítanak le egy évben, amiből a villamos ágazat 34,3%-kal részesül (1. ábra). A fővárosi villamosok utasszállítási teljesítménye a pandémiás hatások megszűnése miatt jelentősen megemelkedett 2022-re, azonban még így is 11%-kal elmarad a 2019. évitől (1. táblázat) [1].



1. ábra

Az egyes ágazatok részesedése a BKV Zrt. 2022. évi férőhelykilométer teljesítményéből

Megnevezés	2021. év tény	2022. év tény	Index
Utaskilométer (millió utaskm)	767	1.102	132,0%
Férőhelykilométer (ezer fhkm)	4.438.819	4.442.575	100,1%
Kocsikilométer (ezer kkm)	28.035	27.780	99,1%
Vonatkilométer (ezer vkm)	19.659	19.719	100,3%

1. táblázat

A BKV Zrt. villamos ágazat 2022. évi teljesítménye

A legnagyobb forgalmat a nagykörúti 4-es és 6-os viszonylat bonyolítja le, naponta mintegy 420 ezer utast szállítva. A legtöbbet az 1-es viszonylatcsalád járművei futnak, egy nap: 9473 (vonat) km-t, őket követi a 4-es és a 6-os villamos 6804 km-rel. Kiemelkedő még a budai fonódó hálózat, a 2-es család és a 47-49-es vonalak teljesítménye. A hálózaton megvalósuló napi 6170 indulás és 91 ezer felett teljesített kocsikilométer tekintélyes energiafelhasználással jár együtt. [1]

1.2 Járműállomány

2022. év végén a villamos állomány 615 darabból állt, ebből 14 darab a fogaskerekű jármű. A járműflotta technológiailag igen heterogén halmazt alkot, megtalálhatók benne a 60-as évek technológiája szerint készült villamosok éppen úgy, mint a legmodernebb, szaggatóval szerelt, visszatáplálásra alkalmas járművek (2. táblázat). Az ágazat az elmúlt 20 év során 113 darab új, 118 darab használt villamost szerzett be. A megvásárolt járművek esetében az egyik kiválasztási szempont volt, hogy a villamosok képesek legyenek az energiahatékony, visszatáplálásra alkalmas üzemre.

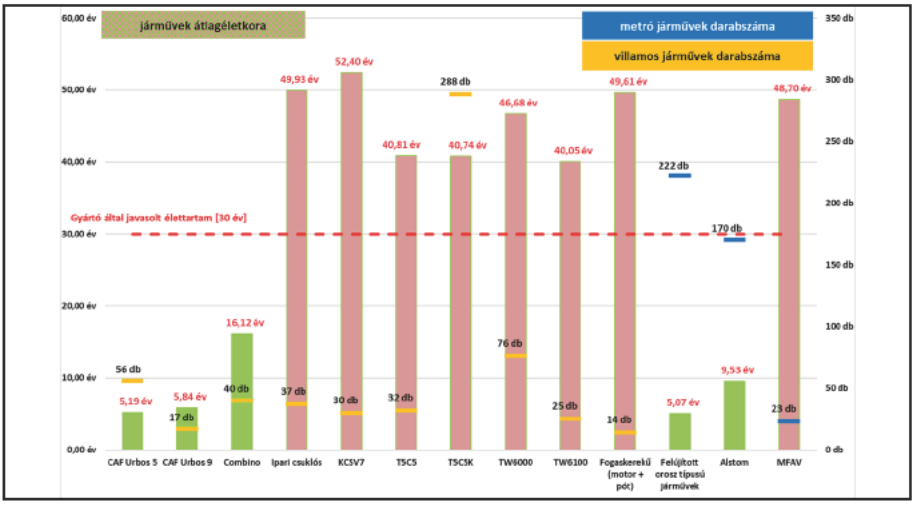
Ezen felül a BKV 288 darab cseh Tátra T5C5 villamost és 30 darab Ganz ICS járművet korszerűsített, amely lehetővé tette, hogy a fékezés során keletkező energia a járműből visszatáplálásra kerüljön a felsővezetékbe. Mára a járművek 93%-a képes a fékezés során keletkező energiát visszatáplálni vagy hasznosítani.

Típus	Db	Átlagéletkor (év)	Rekuperációra alkalmas
Combino	40	16	Igen
Fogas motorkocsi	7	50	Igen
Fogas pótkocsi	7	50	Igen
Ganz-csuklós	37	50	Nem
KCSV7	30	52	Igen
T5C5	32	41	Nem
T5C5K	288	41	Igen
TW6000	76	47	Igen
TW6100	25	42	Igen
CAF Urbos 3/5	56	5	Igen
CAF Urbos 3/9	17	6	Igen
Összesen	615	37	-

2. táblázat

Villamos járműpark összetétele 2022-ben

A **villamos személyszállító járművek átlagos életkora** (2022. december 31-ei állapot szerint) **36,97 év**, mely érték 6,97 évvel már meghaladta a tervezett élettartamot. Az állomány járműtípusait és azok életkorát tekintve igen összetett, ugyanis a KCSV típusú villamosjárművek átlagos életkora túllépte 2022-ben az 52 évet, és az átlagosan 50 éves ICS típusú villamosok között van olyan jármű, mely életkora több mint 55 év (2. ábra).



2. ábra

A BKV Zrt. vasúti járműveinek átlagos életkora (év) 2022. december

A tervezett élettartamon túli üzemeltetés az üzemeltetési kockázatok emelkedésével jár, többlet ráfordítást igényel, elavult technikai színvonalat, rossz energiahatékonyságot, alacsony utaskiszolgálási színvonalat (kényelem, zaj, légkondicionálás hiánya stb.) eredményez.
A **villamos személyszállító járművek** jelentős részének (kb. az állomány 2/3-ának) átlagos állapota műszaki és energiahatékonysági szempontból elmarad a kor követelményeitől. A Társaság – beruházási ágon fennálló – alulfinanszírozottságából adódóan a műszakilag indokolt javítások, járműcserék, felújítások nem mindegyike teljesíthető teljes műszaki tartalommal vagy a határidő engedélyezett mértékű kitolásával. A járművek esztétikai állapota szempontjából szintén meghatározó az elmaradt főjavítások hatása. A villamosjárművek jelentős hányada a futásteljesítményük alapján elérte a ciklusrend szerinti nagyjavítási igény szintjét, de forráshiány miatt – kényszerűségből – nem az eredeti ciklusrend szerinti nagyjavítás, hanem annál alacsonyabb, a gyártói ajánlásokhoz képest csak csökkentett műszaki tartalmú javítások kerültek elvégzésre és így „futnak" tovább (T5C5, illetve Ganz-csuklós típusú járművek). **Ezek a javítások tartalmaztak/tartalmaznak minden, a biztonság szempontjából fontos elemet**, elmaradás csak az esztétikai megjelenés területén, illetve a biztonságos üzemeltetést nem veszélyeztető alkatrészek cseréjében, felújításában jelentkezhetett/jelentkezhet. Az elmaradó beruházások hatására napjainkra jelentősen megnövekedett a nem várt, rendkívüli járműhibák, illetve zavarok száma, melyek egyre több esetben hatnak kedvezőtlenül a menetkimaradások alakulására is. További kihívást jelent az üzemeltető számára, hogy bizonyos vonalak vonalvezetése miatt a jelenleg legkeskenyebbnek számító Ganz-csuklós villamosjárművek tovább üzemeltetése egyelőre pontosan meg nem határozható időtartamig szükséges.

1.3 A villamos infrastruktúra főbb jellemzői

A budapesti villamosközlekedés energiával való kiszolgálását az áramátalakítók végzik. Ezek a transzformátorállomások az ELMŰ-től érkező 11kV 50Hz váltakozó feszültségből 600V egyenfeszültséget állítanak elő. A jelenlegi vontatási hálózatra a MSZ: EN 50163:2013 Vasúti alkalmazások szabvány vonatkozik, amely előírja, hogy a megengedett tartós feszültség 400V és 720V között értéknek kell lennie. A kisfeszültségű vontatási hálózat sajátossága, hogy az energia szállítása során nagy vesztesség keletkezik, ezért a felhasználási területhez közel kell elhelyezni az áramátalakítókat, így Budapest területén több tucat ilyen létesítmény található.
A 39 db áramátalakítókhoz 134 db betáplálási szakasz tartozik, amelyek hossza átlagosan 1,5-2 km. A visszatáplált energia a huroktörvény miatt elsődlegesen az érintett tápszakaszon kerül felhasználásra. Amennyiben az adott tápszakaszon nincs olyan jármű, amely fel tudja venni a felszabaduló energiát, akkor az áramátalakítóhoz tartozó többi tápszakaszon kerül az felhasználásra. Az egyes tápszakaszok között megkülönböztetjük a sugaras és a párhuzamos kapcsolásúakat. A párhuzamos kapcsolású tápszakaszok előnye a sugaras kapcsolásúakkal szemben, hogy a két végén betáplált szakaszon kisebb feszültségesés keletkezik, valamint a kisebb áramok miatt a hálózati veszteség négyzetesen csökken. Az átlagostól hosszabb szakaszméret miatt több jármű halad, ezáltal a fékezési energiát közvetlenül a szakaszban haladó másik jármű fel is veheti. További előnye a kisebb hurokellenállás miatt az alacsonyabb hálózati veszteség. A két áramátalakítós betáplálás növelt üzembiztonságot is eredményez. Jelenleg az áramátalakítókban található berendezések nem képesek a 11kV-os hálózatba visszatáplálni a járművek által rekuperált villamosáramot. [2]

2. A villamosvasúti üzem energiafelhasználása

A környezet védelmének és az energiaforrásokkal való takarékosságnak a villamosközlekedésben is jelentős a szerepe. Mivel a közösségi közlekedési eszközök, ezen belül a közúti vasúti járművek a Társaság energiafogyasztásában előkelő helyet foglalnak el, rendkívül fontos, hogy ágazati szinten sikerüljön minél kisebb energiafogyasztást elérni. A cél elérésében a minél jobban tervezhető, az ideális menetdiagramhoz leginkább hasonlítható üzemeltetési körülményeket szükséges biztosítani. A legkönnyebben megtakarítható az az energia, amely felhasználására nincs is szükség; vagyis, ha biztosítható, hogy a járműveket két megálló között ne kelljen lassítani/megállítani, majd újra elindítani. Ugyanakkor a helyesen képzett járművezetők megfelelően takarékos – ugyanakkor a menetrend betartását nem hátráltató – vezetési stílust alkalmazva tevőlegesen is hozzájárulhatnak az energiamegtakarítási célkitűzések eléréséhez. Az ilyen módon keletkező megtakarítás jelenleg még nehezen becsülhető. Az adatgyűjtés és feldolgozás során a valós jármű figyelembevételével elvégzett kalibrálást követően az majd a későbbiekben kalkulálható egzakt módon. Előzetes becslésünk szerint a gyakorlatban – a képzés elvégzésével, forgalomtechnikai fejlesztésekkel, a nemzetközi szakirodalmi adatokhoz hasonlóan – mintegy 8–15%-os vontatási energiamegtakarítás valószínűsíthető.

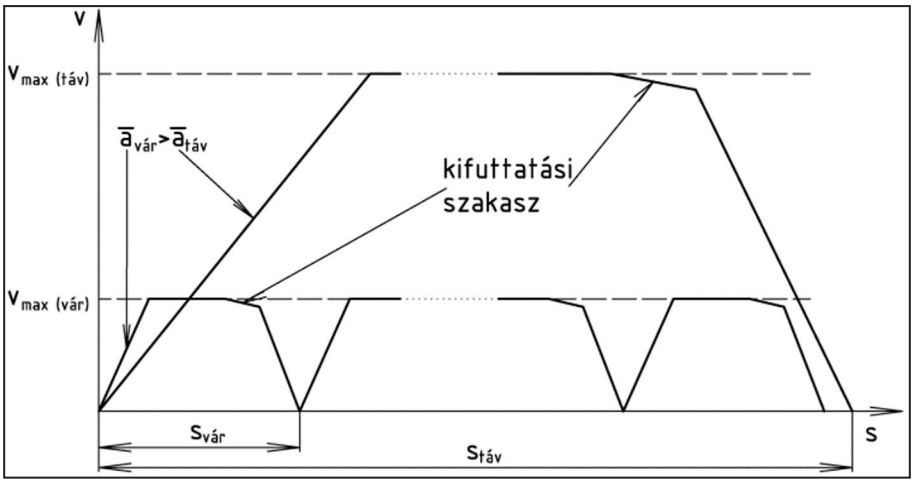
2.1 Ideális menetdiagram

A vasúti vontatás során két megállóhely között egy gyorsítási, szükség esetén sebességtartási, majd kifuttatási, s végül fékezési szakaszokat lehet megkülönböztetni a sebesség-út diagramon. Városi villamosvasutak esetében – a rövidebb megállótávolságokra tekintettel leginkább a gyorsítási-kifuttatási-fékezési szakaszok a jellemzőek. A rövid megállótávolságok miatt, amelyek fékezési, utascsere miatti időveszteséget okoznak, valamint a közúti közlekedés jellegéből adódóan elsőbbségadási kötelezettségek, s zavaró hatások is érvényesülnek; az utasok számára vonzó utazási idő biztosítása egy intenzívebb gyorsításokból, és rövidebb kifuttatási szakaszokból álló vontatást követel meg. Ez azt is jelenti, hogy energiatakarékossági megfontolásokból csak korlátozottan növelhető a menetidő; az optimális menetdiagramok meghatározása során az energiafelhasználás mellett a menetidőre és a forgalmat szabályozó jelzőlámpa rendszerek periódus idejére, fázistervére, hangoltságára is figyelemmel kell lenni.

2.2 Az ideális menetdiagram közelítésének lehetősége

A villamosvasúti üzemben a sűrű megállás igénye a menetdiagramban a távolsági közlekedéshez képest jelentős változást képvisel (3. ábra). A járműnek sűrűn kell nagy teljesítménnyel gyorsítania a tapadás vagy az álló utasok által korlátozott vonóerőnek megfelelően. A villanymotor gyorsításkor általában nem az optimális teljesítmény-tartományban üzemel, ezért a jelentős veszteség a gép felmelegedését okozza. Analóg módon fékezéskor az energia disszipálása is gyakran és nagy teljesítménnyel szükséges. Alapvetően az üzemi fékezés körülményei határozzák meg a kialakításokat, ugyanakkor a vészfékezés során felszabaduló energia elvezetését is megbízhatóan kell megoldani.

A városi vasutakon a távolsági közlekedéshez képest a végsebesség alacsonyabb, viszont a gyorsítás intenzívebb. A járműtömegek és a fajlagos teljesítmények is eltérnek a távolsági közlekedéstől. A villamosvasutaknál a menetkész járműtömegre vonatkoztatva a fajlagos gyorsulás 10 és 20 kW/t között szokásos, amely főleg a nagy sebességű, távolsági vonatok teljesítményéhez hasonló. A vonóerőt ugyanakkor a tapadási arány is lényegesen befolyásolja, amely a helyi közlekedésben ritkán alacsonyabb 60%-nál, míg a távolsági közlekedésben sok esetben 20% alatti értéket vesz fel. Éppen ezért a vonóerőt a városi közlekedésben intenzívebben lehet kihasználni,



3. ábra

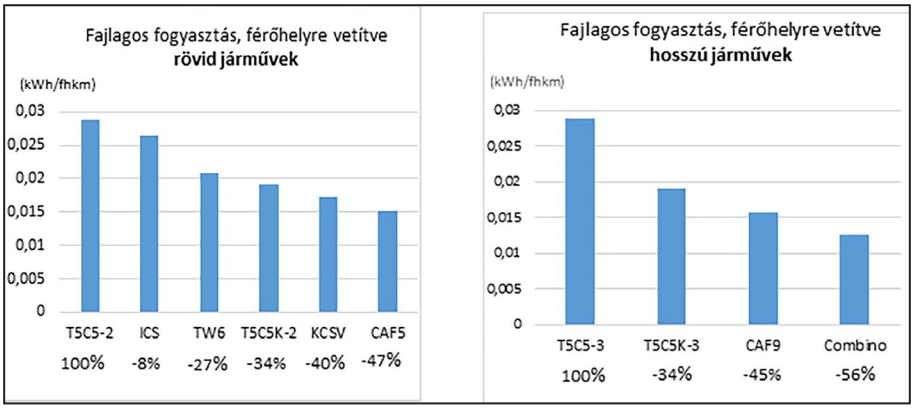
Távolsági és városi vasúti üzem menetdiagramjai [3]

ami nagyobb átlagos gyorsulást eredményez. Ugyanakkor a melegedés miatt a villamos gépeket inkább túl kell méretezni tekintettel azok kedvezőtlen elhelyezési lehetőségeire, különösen az alacsonypadlós járművek esetében. [3]

2.3 A villamosjárművek (vontatási) energiafelhasználására ható tényezők

Az elméleti megfontolások igazolására és a gyakorlatban jelentkező befolyásoló tényezők hatásának számszerűsítése érdekében méréseket végeztek a fővárosi villamosokkal. A vizsgálati eredményeket utasszállítás szempontjából – azonos statisztikai férőhelyet jelentő csoportokra osztva – rövid és hosszú járművekre bontva végezték el.

A fajlagos energiafelhasználás tekintetében a meghajtás módja lényeges különbségeket eredményez; a hagyományos járművek mutatják a legkedvezőtlenebb értékeket, a korszerűsített járművek a középső tartományban helyezkednek el, míg a korszerű, alacsonypadlós járművek mutatják a legkedvezőbb fajlagos fogyasztási értékeket (4. ábra).



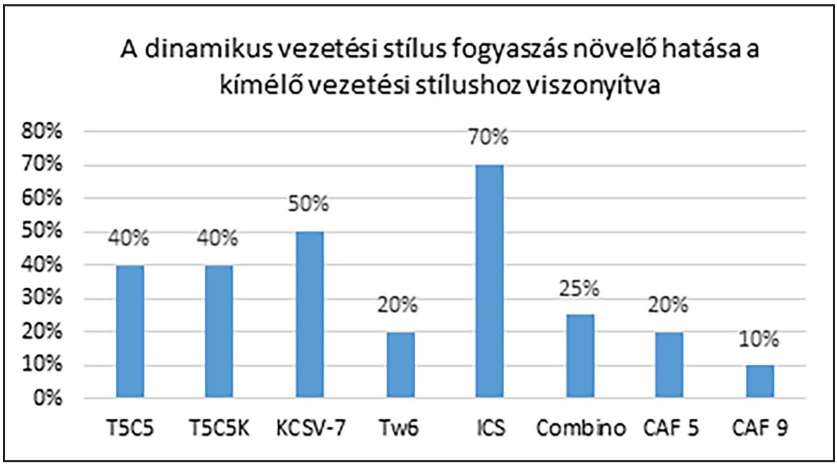
4. ábra

Fővárosi villamosok fajlagos energiafelhasználása [2]

2.3.1 *Járművezetők vezetéstechnikájának (dinamikus és kímélő vezetés) vizsgálata a jármű fogyasztására.*

A jármű vezetése során szélsőértékeket modellező vezetési stílusokat (dinamikus és kímélő) alkalmaztak a maximális, illetve minimális fogyasztás közötti különbség feltárására, amit elősegített az, hogy a mérések során az utascserét nem szimulálták. A valóságban ezek a szélső értékek tartósan soha nem érhetők el, a járművezetők a két szélső érték közötti stílusban vezetnek, amit a közúti lámpaprogram, a menetrend, valamint az utascsere is befolyásol.

A hagyományos, valamint a korszerűsített járművek esetében a dinamikus vezetési stílus jelentős fogyasztásnövekedést eredményez. A korszerű vezérléssel működő járművek (CAF; Combino) esetében a dinamikus vezetési stílus korlátok közé szorított, ezért csekély fogyasztásnövekedést okoz (5. ábra).



5. ábra

Az intenzív vezetési stílus hatása a fajlagos energiafogyasztásra [2]

2.3.2 *Jármű fűtésrendszerének (szabályozottság és beépített fűtésteljesítmény) hatása a jármű fogyasztására (6. ábra).*

A különböző járművek fűtésrendszereinek összehasonlítása egzakt módon nem lehetséges az eltérő beépített fűtésteljesítmények és szabályozási módok miatt. További korlátot jelentett, hogy a fűtésvizsgálat során nem volt lehetőség a fűtési érték 1 °C-os léptetésére, ezáltal a fogyasztáskülönbség meghatározására. A mérési lehetőségek és a villamosok fűtésrendszere ezt nem tették lehetővé.

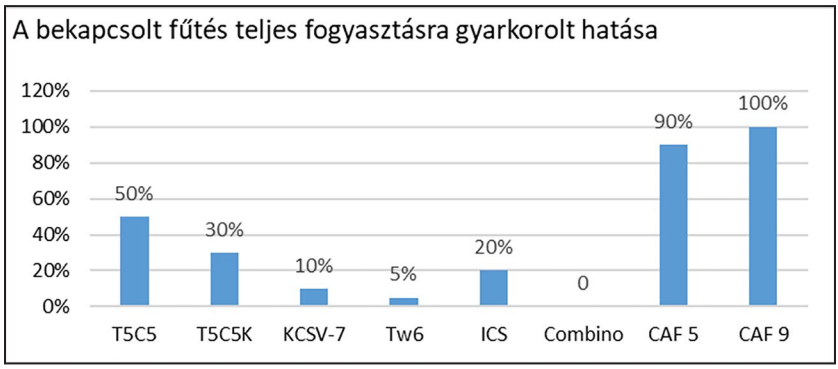
A hagyományos ICS-nak csekély a beépített fűtésteljesítménye, ezért a ki/bekapcsolás nem okoz jelentős fogyasztásnövekedést. A korszerűsített KCSV7 ki/bekapcsolható, esetében még kevesebb a fogyasztásnövekedés.

A hagyományos T5C5 típusú járművek esetében jelentős fogyasztásnövekedést okoz a ki/bekapcsolható fűtés. A korszerűsített T5C5K esetében kevésbé jelentős a fogyasztásnövekedés.

A TW6000 és TW6001 típusú jármű fűtése termosztát által szabályozott, csekély a fogyasztásnövekedés.

A Combino fűtése automatikusan szabályozott, a járművezető által nem kapcsolható ki, ezért a fogyasztáseltérés nem mérhető.

A CAF járművek fűtése automatikusan szabályozott. E típusnál nagy eltérést okoz a fűtés működtetése a nagy beépített fűtésteljesítmény miatt. [2]



6. ábra

A járműfűtés hatása a fajlagos energiafogyasztásra (Combino villamoson a hatás nem mérhető) [2]

3. Forgalomtechnikai beavatkozások a vontatási energiaveszteség csökkentésére

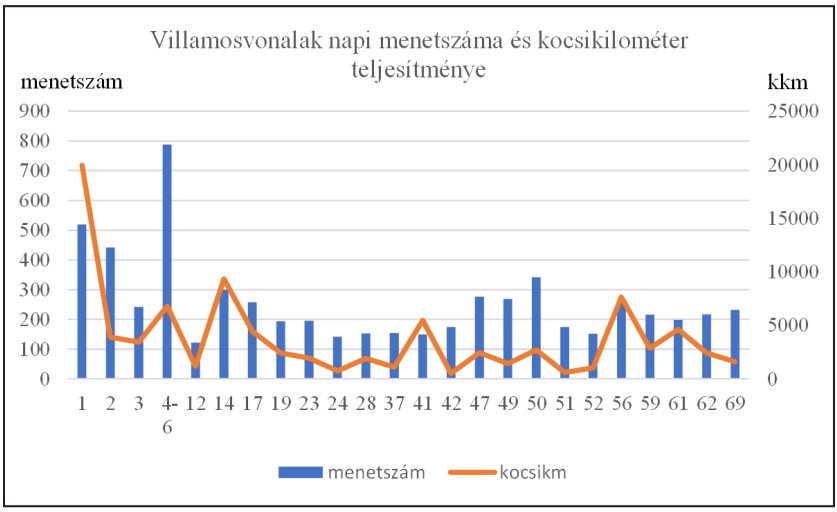
A fentiek alapján megállapíthatjuk, hogy a villamosjárművek energiafogyasztásának lehetséges csökkentése során törekedni kell arra, hogy két megállóhely között **egy** gyorsítási, a távolságtól, az ív- és lejtviszonyoktól függően egy sebességtartási, majd kifuttatási és fékezési **szakasz következzen**; a fékezést- újragyorsítást lehetőség szerint kerülni kell. A budai fonódó hálózaton egyaránt közlekedő ICS és CAF villamos esetében a vezetési stílusból és a járműtulajdonságokból eredően akár fajlagosan háromszoros fogyasztás is adódhat; de az azonosan intenzív vezetés mellett is több, mint kétszeres fogyasztást jelent a korszerűtlenebb járműtípus alkalmazása.
A forgalomtechnikai vizsgálatot elvégezni és a szükséges beavatkozásokat elsősorban ott szükséges/érdemes feltárni, ahol

- nagyobb fajlagos fogyasztású járművek is közlekednek
- jellemző a megállóhelyközökben a jelzőlámpás forgalomirányítás
- intenzív a járatok sűrűsége.

A fenti megfontolások alapján pilot keretében a vizsgálatba bevonandó vonalak (betét/fonódó járatokkal együtt) és szakaszok (7. ábra):

- 1-es vonal
- 2-es vonal Vigadó tér – Közvágóhíd közötti szakasza
- nagykörúti vonalak
- 17-es vonal Móricz Zsigmond körtér – Margit híd, budai hídfő közötti szakasz
- 19-es vonal
- 28-as vonal Élessarok – Liget tér közötti szakasz
- 47-es vonal
- 61-es vonal Széll Kálmán tér – Budagyöngye közötti szakasz (a vágányzár befejezését követően)
- A Nagyenyed utca – Széll Kálmán tér közötti szakaszon a 17/61; 56; 59-es viszonylatok tekintetében.

A vizsgálat során feltárhatóak azok a csomópontok, amelyeknél a járművekkel lassítani/megállni szükséges, ami energetikai szempontból veszteséget okoz. Az érintett menetszám, valamint a felhasznált teljesítmény alapján meghatározható a napi/éves energiaveszteség, amely esetleges megszüntetése szembeállítható a forgalomtechnikai beavatkozás költségeivel.



7. ábra

Villamosvonalak munkanapi menetszáma és kocsikilométer teljesítménye

A vizsgálat során természetesen figyelemmel kell lenni arra, hogy a jelzőlámpa programok az esetek többségében nem egy vagy két csomópont közlekedését szabályozzák. A körutak programjai hatással vannak a keresztező sugárutak programjaira is, így egy-egy módosítás lokális előny mellett komoly hálózati hátrányt is okozhat.

Konklúzió

A budapesti villamoshálózaton közlekedő járművek átlagos energiafogyasztása 4,86 kWh kilométerenként. A fogyasztás az egyes járművek műszaki adottságain, illetve a pályajellemzőkön túlmenően a vezetési stílussal, illetve a két megálló közötti lassítások, megállások számával befolyásolható. Ha a menetidő által támasztott kötöttségeket is figyelembe vesszük, az ideális menetdiagramhoz való minél jobb közelítéssel lehet a vontatási energiafelhasználást is az optimálishoz közelíteni. Benchmark adatok szerint ilyen módon akár 8-10%-os fogyasztáscsökkenés is elérhető. Ennek érdekében a kedvezőtlen fogyasztású járművekkel kiszolgált, illetve a jelentősebb forgalmi teljesítményű vonalakra szükséges elvégezni azon vizsgálatokat, amelyek azt célozzák, lehetséges-e a jelzőlámpa programok módosításával két megállóhely közötti sebességcsökkentést, megállást elkerülni, s ez által az energiafelhasználást érdemben csökkenteni.

Irodalomjegyzék

[1.] BKV Zrt. 2022. évi forgalmi beszámoló

[2.] BKV Zrt vezetői tájékoztatás - Közúti vasúti járművek villamosenergia-fogyasztás mérése (2023.)

[3.] 2012-2017, Kisteleki Mihály, Dr. Csiba József, Sábitz László, Szigeti Dániel, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar VASÚTI JÁRMŰVEK ÜZEME ÉS DIAGNOSZTIKÁJA Egyetemi tananyag ISBN 978-963-279-641-3

Közúti vasúti járművek villamosenergia fogyasztás mérése

Varga József

Budapesti Közlekedési Zrt. Villamos Üzemigazgatóság
telefon: +36 20 499 8361
e-mail: vargaj1@bkv.hu

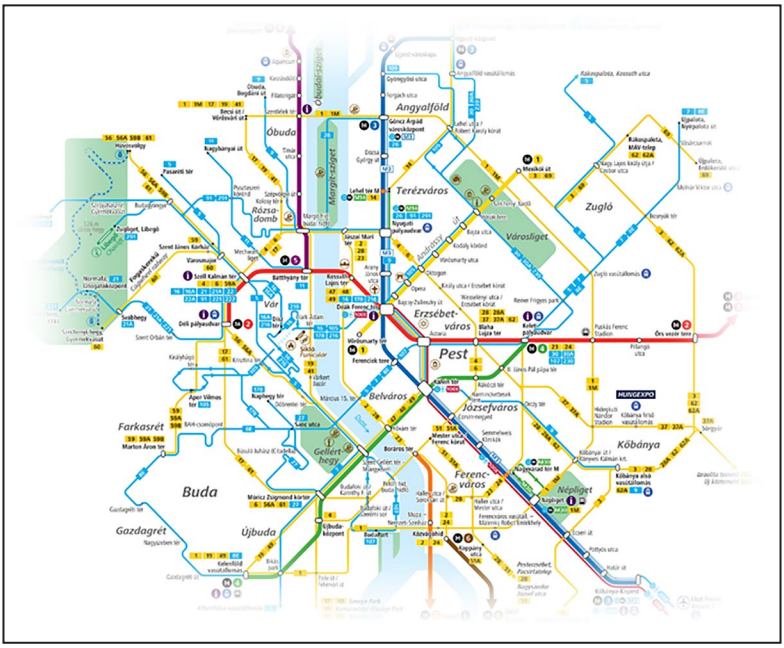
Abstract

A cikk bemutatja a közúti vasúti járművek villamosenergia fogyasztásmérése területén elért eredményeket és kitér a továbblépési lehetőségekre. A takarékosabb energiafelhasználáshoz első lépésként a fogyasztást befolyásoló tényezőket kell beazonosítani, majd jól előkészített méréseket kell végezni. A mérési eredményeket felhasználva takarékosabb üzemeltetést valósíthatunk meg.

Kulcsszavak: *takarékosabb, fogyasztás, befolyásolót ényezők, mérések*

Bevezetés

A BKV Zrt. nem csak Budapest közlekedésében megkerülhetetlen tényező, de energia felhasználóként is meghatározó szerepet tölt be (1. táblázat).



Fogyasztási hely	1038 db
Utazások száma	1090 millió db
Fajlagos fogyasztás	0,034 kWh/fhkm
Teljes éves energiafelhasználás	608,37 GWh
(Vontatási célú)	(472,1 GWh)
Autóbusz üzletág	313,11 GWh (28,47 millió liter gázolaj + CNG + elektromos energia)
Vasúti üzletág	158,99 GWh

1. táblázat

BKV Zrt. energiafelhasználással kapcsolatos adatai (2022) [2]

A nagymértékben megnövekedett energiaköltségek miatt a BKV Zrt., valamint a tulajdonos Főváros számára egyre inkább égető kérdéssé vált, hogy a különböző típusú közúti vasúti járművek (villamosok) különböző üzemi viszonyok közötti fajlagos villamosenergia fogyasztása milyen módon alakul, ennek ismeretében a járműfogyasztások racionalizáláshoz, a költségek csökkentéséhez milyen intézkedésekre lenne szükség. A BKK részéről is felmerült kérdés, hogy mekkora a különbség a régi, korszerűtlen és az új, korszerű járművek fogyasztási értékei között. A járműbeszerzések, valamint az ezzel járó beruházások, infrastruktúra fejlesztések esetében, a döntések alátámasztására mindezek felhasználható adatok lehetnek.
Az energiaköltségek csökkentésének első lépése a fogyasztások minél pontosabb ismerete.
A BKV jelenleg is rendelkezik fajlagos energia értékekkel járműtípusokra vonatkozóan, melyek korábbi mérések, illetve adatszolgáltatások alapján kerültek rögzítésre.
Időközben a járművek a korábbi mérések óta több esetben korszerűsítésen estek át (T5C5, ICS), továbbá a korszerű járművek esetében a fogyasztási adatok nem tartalmazzák a jármű teljes rendszerét, jellemzően csak az erősáramú berendezésekre irányulnak (CAF, Combino).
A fogyasztási adatok felülvizsgálata, valamint azok aktualizálása érdekében a BKV Zrt. 2021-ben egy hosszútávú méréssorozatot indított el. A kiválasztott mérőrendszer egy központi mérőből és adatrögzítőből (DCMTE típusú, 600 V egyenáramú fogyasztásmérő valamint mérősöntökből állt. A mérések nem azonos infrastruktúra körülmények között, illetve nem szabályozott vezetéstechnika mellett történtek, ezért a mérési eredmények nem voltak alkalmasak a járművek saját, meghatározó fogyasztási jellemzőinek meghatározására, valamint az egyes járműtípusok összehasonlítására. Fenti eredmények elérésének érdekében a mérési feltételeket, valamint a méréseket át kellett alakítani. Az addigi mérések, valamint az üzemeltetési tapasztalatok azt mutatták, hogy az előző mérések esetében használt mérőberendezés alkalmas a tervezett méréssorozatra. A kiválasztásnál az is szempont volt, hogy más eszköz beszerzése és felhasználása ilyen rövid időn belül nem volt lehetséges.

1. A mérés célja

A bevezetésben rögzítettek alapján megfogalmazódott az az igény, hogy minél szélesebb körű adatgyűjtéssel az egyes járműtípusok valós és egymáshoz képesti fogyasztása feltérképezésre kerüljön. A mért adatok ismeretében lehetőség nyílik a fogyasztási értékek pontosítására, illetve

hosszútávon lehetőség adódik az energiahatékonyság növelésére irányuló intézkedések kidolgozására.
Az energiahatékonyság növelésére irányuló lehetséges intézkedések:

- az energiaveszteség csökkentése
- a visszatáplált energia hatásfokának növelése
- járművezetők ösztönzési rendszerének vizsgálata.

A lehetséges intézkedésekből levezetett mérési célok a következőkben kerülnek összefoglalásra:

Mérési célok

- a járműtípusok fogyasztásának összehasonlítása
- az egyes járműtípusok dinamikus és kímélő vezetési stílushoz tartozó fogyasztásának összehasonlítása
- az egyes járműtípusok fűtési és fűtés nélküli üzemének összehasonlítása
- a járművek áramellátásai hálózatra gyakorolt hatásának vizsgálata.

2. A mérés előzetes elvárásai, az eredmények felhasználhatósága

A Projekt feladatai között szerepelt a mérési módszer kialakítása, illetve annak meghatározása, hogy milyen műszaki paraméterek legyenek mérve, milyen módon és milyen feltételek mellett. Elvárás volt, hogy a Projekt lehetőség szerint a jelenleg rendelkezésre álló eszközállományt és lehetőségeket használja ki. Tervezetten **éjszakai** (üzemszüneti) és **nappali** (alapmenetrendi) méréssorozat elvégzése lett célul kitűzve. Az éjszakai és a nappali mérésekből ismertté válik a járművek típusonként mért, teljes fogyasztása/visszatáplálása a fűtésre fordított energia hányadának kimutatásával. Az adatok az egyes típusok üzemi fogyasztási paramétereinek összehasonlító elemzésére, továbbá az új járművek beszerzésekor elvárt fogyasztási követelmények meghatározására lesznek alkalmasak. Az éjszakai és nappali mérések adatainak összehasonlításával az optimális visszatáplálás és a tényleges, üzemi körülmények közötti visszatáplálási értékek egymáshoz mért viszonya határozható meg, átlagos utasterhelés (T2) szimulálásával, műterheléssel. Az adatok segítségével fajlagos fogyasztási értékek számolhatók azonos körülmények, illetve a különböző típusú villamosok között. Ezeket egymáshoz hasonlítva járműhatékonyságot (fogyasztásalapú) állapíthatók meg, számszerűsíthetők lesznek a típusokat érintő korszerűsítések is. A mérési adatokból a járművekre jellemző fajlagos hatékonysági mutatókat képezhetünk. Meghatározhatóvá válik, hogy azonos körülmények között mennyivel nő vagy csökken a jármű fogyasztása a fűtés ki-bekapcsolásakor (kWh; %). Meghatározhatóvá válik, hogy azonos körülmények között mennyivel nő vagy csökken a jármű fogyasztása dinamikus vagy kímélő vezetési stílus alkalmazásakor (kWh; %). Az adatokat összevetve a villamosok a jövőben) saját viszonylatukon futtatott adataival, hosszabb távon meghatározhatjuk az adott infrastruktúra-környezet általános műszaki állapotát és az ebből adódó energiaellátó rendszer fejlesztési lehetőségeit.

3. A mérési helyszín bemutatása

Az adatok meghatározása érdekében 2022. október 18-i kezdettel méréssorozatot hajtottunk végre az 1-es villamos vonalán. Adatgyűjtés szempontjából ez a villamos vonal volt alkalmas arra, hogy azo-nos feltételek között az összes, jelenleg a BKV Zrt. üzemeltetésében közlekedtetett járműtípus villamosenergia fogyasztása mérhető és összehasonlítható legyen. A vonal minden járműtípus közlekedtetésére (hosszúságtól függetlenül) alkalmas, párhuzamos táplálású, így a visszatáplált energia nagyobb valószínűséggel hasznosul, nagyforgalmú, sok lámpás

kereszteződéssel, ami lehetőséget ad sokféle közlekedési szituáció mellett a mérések valós körülmények közötti elvégzésére. A mérések során, mérésenként egy db, mérőberendezésekkel és T2 műterheléssel (4 fő/m^2 normál utasterhelés-nek megfelelő) felszerelt villamost közlekedtettünk a vonalon éjszaka, üzemszüneti időszakban, va-lamint nappal, üzemi körülmények között. Mind az éjszakai, mind a nappali mérések során mértük a jármű fogyasztását/visszatáplálását dinamikus, illetve kímélő vezetési stílus mellett, bekapcsolt, il-letve kikapcsolt utastéri fűtéssel. Fontos szempont volt, hogy az elvégzendő méréssorozat viszonylag rövid átfutási idővel lehessen megvalósítani.

3.1. Éjszakai mérések

A külső forgalmi körülményektől mentes, fajlagos értékek meghatározása érdekében éjszakai (üzemszüneti) méréseket végeztünk a vonal kiválasztott két tápszakaszán: a 45- 20-as, valamint a 44-20-as tápszakaszokon (Kőbányai út – Thököly út közötti rész), 0:52 és 3:40 között. A mérések során az eredetileg párhuzamos táplálású szakaszokat sugaras táplálásúvá alakítottuk Szörény áramátalakító-ból történő táplálás mellett. A szakaszokból táplált váltófűtéseket a jelzős szakterülettel a mérések idejére kikapcsoltattuk. Az érintett szakszolgálatokkal egyeztettünk az esetlegesen a mérés idejére tervezett éjszakai karbantartások átütemezéséről. A mérés során Hungária kocsiszínben műterheléssel maximálisan biztosítottuk a visszatáplált energia felvételét. Ennek biztosítására a kocsiszínnel előzetesen megállapodtunk a mérés során a kocsiszínben tartandó járművekről. Kocsiszíni feladat volt a műterhelések fel- illetve lepakolása a járművekre/járművekről. Szörény áramátalakítóban párhuzamosan mértük a kitáplált energiát későbbi adatelemzés és összehasonlítás, valamint a hálózati veszteség kimutatásának céljából.
Az éjszakai, üzemszüneti mérések során a különböző típusú járművekkel, az erre a célra kijelölt szakaszon, azonos feltételek között mutatható be a járművek energiafogyasztásának, illetve visszatáplálási energiájának alakulása a fűtőberendezések be- ill. kikapcsolt állapotától függően.
Az azonos feltételek között végzett mérésekkel olyan egymással összehasonlítható, optimális fogyasztási paraméterek állapíthatók meg, amelyek ugyan nem lesznek azonosak a mindennapi for-galmi viszonyok között mérhető adatokkal, de a BKV szakemberei számára fontos támpontot nyújt-hat a különböző típusú járművek villamos hálózaton történő közlekedtetésében.

3.2. Nappali mérések

Az üzemi körülmények közötti méréseket nappal, 6:00 – 23:00 óra között végeztük a vonalon (forga-lomtechnikai okokból Bécsi út/Vörösvári út végállomást nem érintve) megtett folyamatos menetek-kel (alapmenetrendi mérés). A nappali mérésre kijelölt vonalszakasz infrastruktúra hálózat szempont-jából a legkedvezőbbek közé tartozik, áramellátási szempontból megfelelő keresztmetszetek állnak rendelkezésre.
A hosszabb idejű, természetes forgalmi viszonyok közötti mérések alkalmasak a jármű tényleges, üzemi fogyasztási értékeinek a meghatározására/megközelítésére.
A mérés helyszínére vonatkozó információk a következőkben kerülnek összefoglalásra:

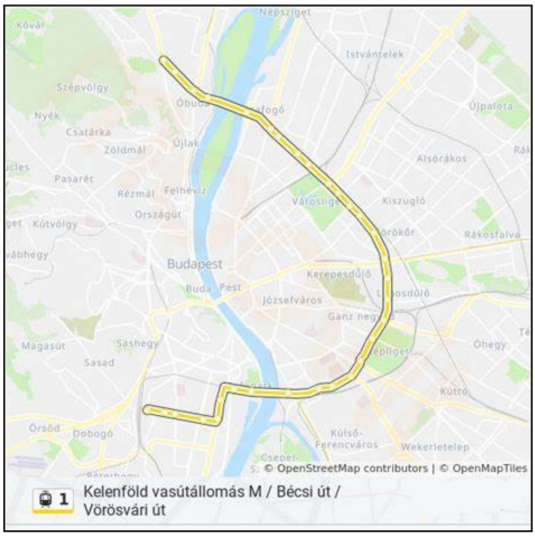
Mérés helyszíne az 1-es villamos vonalon [3]

Éjszakai mérés helyszíne (45-20-as, valamint a 44-20-as tápszakaszokon Kőbányai út – Thököly út közötti rész) és kiválasztásának okai:

- olyan tápszakaszra volt szükség, amelynek áramátalakítója kocsiszínhez kapcsolódik (műterhelés miatt)
- a lehető legjobb vezeték keresztmetszeti adottságokkal rendelkezik
- bármely járműtípus korlátozások nélkül közlekedni tudjon rajta.

A nappali mérés helyszíne (1-es villamos vonal, 1. ábra) és kiválasztásának okai:

- olyan vonal, amelyen sűrű a forgalom a jobb visszatáplálási hatékonyság érdekében
- bármely típus korlátozások nélkül közlekedni tudjon rajta
- egy adott üzemmódba a jármű megszakítás nélkül a lehető legnagyobb távon tudja megtenni.



1. ábra

A mérés helyszíne az 1-es villamos vonalon [3]

4. Felhasznált mérőberendezések bemutatása

4.1 Sitras PRO – egyenfeszültségű védelmi és vezérlő berendezés egyenáramú vontatási tápellátáshoz – 2. ábra



2.ábra

Sitras PRO

A Sitras PRO kombinált egyenáramú védelmi és vezérlőkészüléket helyközi és távolsági vasúti forgalom egyenáramú villamosenergia táplálásánál alkalmazzák. A készülék védi az egyenáramú kapcsolóberendezéseket és a felsővezetéki berendezéseket a kritikus üzemállapotoktól, amely

még a maximális zárlati áramérték elérése előtt, az áramérték növekedése közben felismeri a zárlatokat. A készülék egyenáramú hálózaton áramot [A] (oda-vissza irány) és feszültséget mér [V], a mért értékekből teljesítményt [kW] (kitáplált/visszatáplált), illetve villamos energiát [kWh] (kitáplált/visszatáplált) számol és regisztrál. A BKV-nál a villamos áramátalakítókban a 600 V-os leágazásokban szakaszvédelmi készülékként használják. Alapfunkciói közé tartoznak: – túláramvédelem (I_{max}) – áramugrás elleni védelem (ΔI) – áram-idő védelem, túlfeszültség-védelem (U_{max}), feslővezeték feszültség felügyelete. Az alapfunkciók mellett opcionális funkciók is rendelkezésre állnak: áramnövekedés elleni védelem (I_{max} felügyelet – di/dt), termikus túlterhelés védelem (meg nem engedett üzemei hőmérséklet elleni védelem), teljesítmény, munkaérték számítás (leágazás kitáplált és visszatáplált teljesítmény, energia).

4.2 DCMTE típusú készülék

A készülék 600V DC névleges feszültségű hálózatokon három, galvanikusan egymástól független csatornán alkalmas sínfeszültséghez (föld közeli potenciál) képest áram [A] és feszültség [V] mérésére és regisztrálására. Ezek szorzatából pillanatnyi teljesítményt [kW], valamint göngyölt villamos munkát [kWh] számol és regisztrál. A polaritáshelyesen mért értékek miatt a mérőrendszer képes megkülönböztetni a pozitív és negatív áramirányokat, melyek a rögzített adatoknál fogyasztásként [Ep], illetve visszatáplálásként [En] kerül értelmezésre. A műszer előre programozott regisztrálási periódusidőn belül tárolja a mért paraméterek átlag, minimum és maximum értékét. A periódusidő 1-15 perc között 1 perces lépéssel állítható. A beépített FLASH memória akár 40 napnyi mérés eredményét képes tárolni. Műszaki paramétereinek és robusztus kivitelének köszönhetően a DCMTE nehéz körülmények között is alkalmazható, például közlekedési eszközökben (villamos, trolibusz, metró), vontatásban, alállomásokon segédüzemnél, kommunikációs hálózatokon, egyenáramú biztonsági (szünetmentes) hálózatokon. A három analóg bemeneti áramkör a sín, és az árammérésre használt sönt feszültségét, valamint az átfolyó áramértéket méri. A bemenő jelek szintillesztés után egy analóg/digitális átalakító (ADC) bemeneteire kerülnek, mely csatornánként FS = 1250 Hz frekvenciával (0,8 ms) végzi a mintavételezést. Ez nem állítható paraméter – 3.ábra



3. ábra

DCMTE típusú készülék

A felhasznált mérőberendezések tulajdonságai az alábbiakban kerül összefoglalásra (4.ábra).

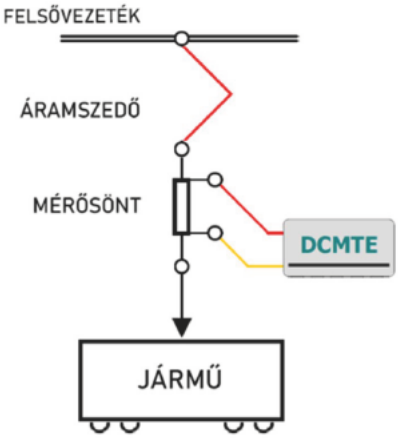
Felhasznált mérőberendezések [3]

DCMTE mérőberendezés:

- analóg mérőműszer
- egyszerűbb, olcsóbb
- egyszerű járművekre ideális
- segédüzem, fékellenállás külön mérése csak itt lehetséges
- korlátozott, zavartűrése alacsony
- kiértékelése nem hatékony
- göngyölt adatok tárolása, 1-15 perces intervallumban rögzítve
- telepítése kábelezést, bonyolult.

SITRAS mérőberendezés:

- áramellátási rendszer védelmét szolgálja
- az áramátalakítóban található
- a jármű mellett a tápszakaszon minden más fogyasztót mér
- lehetséges az adatok távelérése.



4. ábra

Mérés elvi ábrája

5. A mért járművek bemutatása

Az egyes járműtípusok főbb műszaki paramétereit az 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat

Az egyes járműtípusok főbb műszaki paraméterei

Megnevezés	Hossz [m]	Üres tömeg [kg]	Szállítható összes utasszám	Hajtásrendszer	Beépített motorteljesítmény	Beépített fűtési teljesítmény	Beépített klíma teljesítmény	Mennyiség [db]
ICS	26	36.600	198	kontaktoros, ellenállásos, soros egyenáramú motorral	4x66kW	6x0,5kW kézi ki/be kapcsolású	0kW	37
KCSV	26	36.000	192	szaggatós, soros egyenáramú, visszatápláló	4x66kW	6x0,5kW kézi ki/be kapcsolású	0kW	30
T5C5	15	18.500	100	kontaktoros, ellenállásos, soros egyenáramú	4x45kW	10x0,6kW termosztásos, kézi ki/be kapcsolású	0kW	30
T5C5K	15	19.400	100	szaggatós, soros egyenáramú, visszatápláló	4x45kW	16x0,6kW automatikus szabályozású	0kW	290
TW6	28	38.900	150	szaggatós, soros egyenáramú, visszatápláló	2x217kW	5x3kW termosztásos, kézi ki/be kapcsolású	0 kW *	101

Megnevezés	Hossz [m]	Üres tömeg [kg]	Szállítható összes utasszám	Hajtásrendszer	Beépített motorteljesítmény	Beépített fűtési teljesítmény	Beépített klíma teljesítmény	Mennyiség [db]
CAF5	34	37.800	200	szaggatós, aszinkron, visszatápláló	8x70kW aszinkron	2x16,5 kW+ 19,2 kW automatikus	2x16,5kW	56
CAF9	56	62.600	345	szaggatós, aszinkron, visszatápláló	12x70kW aszinkron	4x16,5kW+ 34,4kW automatikus	4x16,5kW	17
COMBINO	54	69.700	352	szaggatós, aszinkron, visszatápláló	8x100kW aszinkron	3x22kW automatikus vezérléssel	3x20kW	40
							Összesen:	601

6. Mérések előkészítése, végrehajtása

Előzetes mérési tervet készítettünk, amelyben meghatározásra került az egyes járműtípusok mérési dátuma (éjszakai, nappali), a mérést megelőző tevékenységek, felszerelendő műszerek száma, kocsiszín (ahonnan a jármű a méréshez kiáll), menetek száma, vezetési stílus/fűtés állapota, bejárt szakasz, mérés befejezésének ideje, kocsiszíni beállás ideje, mérés utáni tevékenységek.

A mérések idejének meghatározásakor figyelembe vettük a nagykörúti vágányzárak (karbantartások) idejét, illetve az esetlegesen a mérési időszakba nyúló késő éjszakai kocsiszíni meneteket is, ahol szükség esetén beavatkoztunk. Továbbá értesítettük a BKV Fődiszpécser csoportját és a VJSZ Kft.-t is, hogy az adott időpontban az adott szakaszon ne végezzenek, illetve ne engedélyezzenek rajtunk kívül mások számára próbafutásokat.

Az átlagos utasterhelés szimulálása érdekében terhelési tervet készítettünk T2 műteherre: A mérésben részt vevő járművek ún. T2 – normál utasterhelés [4 fő/m^2] – műteherrel kerültek megterhelésre.

A terhelési terv összefoglalását a 3. számú táblázat mutatja.

3. táblázat

Terhelési terv

Járműtípus / Adatok	ICS	KCSV7	T5C5	T5C5K	TW6000	Combino	CAF 3/5	CAF 3/9
Önsúly (T0) [t]	36,6	36,1	18,5 (55,5)*	19,4 (58,2)*	38,9	70,9	39,9	64,9
T2 műterhelés [t]	49,0	48,1	24,5 (73,5)*	25,8 (77,4)*	50,3	96,7	54,8	90,6

Jármű-típus / Adatok	ICS	KCSV7	T5C5	T5C5K	TW6000	Combino	CAF 3/5	CAF 3/9
Férőhely 4 fő/m² [ülő + álló]	167	161	85 (255)*	85 (249)*	150	352	200	345

* Tekintettel arra, hogy a mérés célja az üzemi körülmények legjobb szimulálása volt, a Tátra villamosok esetében minden mérést hármas egységként csatolva végeztünk el. Ezek a zárójelbe tett értékek.

Az éjszakai mérések során, annak mérhetőségének biztosítása érdekében, meg kellett teremteni a visszatáplált energia felvételének lehetőségét. Ezt Hungária kocsiszínben, műterheléssel (megfelelő számú járművek bekapcsolásával) biztosítottuk.
A járművekre a DCMTE típusú készülék úgy került felszerelésre, hogy alkalmas legyen mérni és egymástól megkülönböztetni a főáramköri (vontatási és visszatáplálásra kerülő), valamint a segédüzemi fogyasztók által felvett energiát. Alapelvek szerint a háromcsatornás mérőberendezés első csatornája méri a jármű teljes fogyasztását és visszatáplálását. Ahol a műszaki lehetőségek megengedi, ott a jármű főáramkörét (hajtását) méri. A második és harmadik csatornán segédüzemi berendezések fogyasztásai kerültek mérésre a jármű műszaki adottságainak megfelelően. Az egyes csatornák által mért áramkörök összegzését a 4. számú táblázat mutatja.

4. táblázat

Az egyes csatornák által mért áramkörök összegzése

Jármű-típus / Csatornák	ICS	KCSV7	T5C5	T5C5K	TW6[3]	Combino	CAF 3/5[2]	CAF 3/9[1,2]
1. csat.	főáramkör (hajtás)	főáramkör (hajtás)	főáramkör (hajtás)	főáramkör (hajtás)	főáramkör (hajtás)	teljes jármű	teljes jármű	teljes jármű
2. csat.	utastéri fűtés és segéd-üzem	utastéri fűtés és segéd-üzem	utastéri fűtés és segéd-üzem	utastéri fűtés	utastéri fűtés			
3. csat.				segéd-üzemi átalakító	segédüzemi átalakító			

1.: A villamos két áramszedője két jól elkülönülő elektromos rendszer, amely biztonsági okokból nem köthető össze a megfelelő védelmi berendezések nélkül, ezért itt két DCMTE rögzítőkészülék került felszerelésre.

2.: A CAF járműveken az áramszedőről 3db azonos keresztmetszetű kábelen keresztül kap a jármű 600V feszültséget. A mérősönt terhelhetősége kisebb a kábelekénél, ezért az esetleges túlterhelést elkerülendő a berendezés úgy lett beépítve, hogy annak mindhárom csatornája felhasználásra került egy-egy vezeték számára. A rögzített adatok ennek megfelelően lettek értékelve.

3.: A típuson a mérőberendezés úgy lett kialakítva, hogy alkalmas a harmadik csatornán a segédüzemi átalakító ág mérésére, ám annak olyan alacsony az áramfelvétele, hogy a jelenleg alkalmazott mérősönttel ezt nem lehet értékelhető módon megmérni. 1000A-es sönt helyett célszerű lenne a 200A-es söntöt beépíteni és a rendszert ennek megfelelően konfigurálni.

Az éjszakai és nappali mérésekről naplót készítettünk. Az éjszakai mérés általános menetnaplóját a 5. számú táblázat mutatja.

Menet	Kezdő időpont [óó:pp:mp]	Befejező időpont [óó:pp:mp]	Időtartam [óó:pp:mp]	Irány	Vezetési stílus	Fűtés
-		00:00:00		Hungária ksz.	Kocsiszíni menet	-
1	01:00:00	01:08:00	08:00	Hidegkúti Nándor Stadion – Zugló	Dinamikus	BE
2	01:08:00	01:17:00	09:00	Zugló - Hidegkúti Nándor Stadion	Kímélő	BE
3	01:17:00	01:25:00	08:00	Hidegkúti Nándor Stadion – Zugló	Dinamikus	-
4	01:25:00	01:35:00	10:00	Zugló - Hidegkúti Nándor Stadion	Kímélő	-
5	01:35:00	01:44:00	09:00	Hidegkúti Nándor Stadion – Zugló	Dinamikus	BE
6	01:44:00	01:54:00	10:00	Zugló - Hidegkúti Nándor Stadion	Kímélő	BE
7	01:54:00	02:02:00	08:00	Hidegkúti Nándor Stadion – Zugló	Dinamikus	-
8	02:02:00	02:11:00	09:00	Zugló - Hidegkúti Nándor Stadion	Kímélő	-
9	02:11:00	02:18:00	07:00	Hidegkúti Nándor Stadion – Zugló	Dinamikus	BE
10	02:18:00	02:27:00	09:00	Zugló - Hidegkúti Nándor Stadion	Kímélő	BE
11	02:27:00	02:34:00	07:00	Hidegkúti Nándor Stadion – Zugló	Dinamikus	-
12	02:34:00	02:44:00	10:00	Zugló - Hidegkúti Nándor Stadion	Kímélő	-
-	03:12:00	-	-	Hungária ksz.	Kocsiszíni menet	-

5. táblázat

Az éjszakai mérések általános menetnaplója

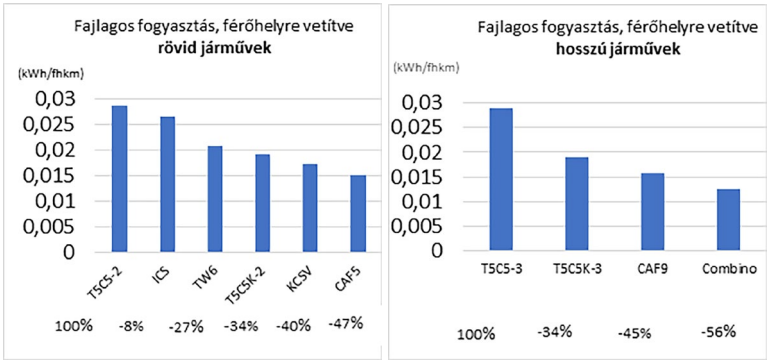
7. Mérési eredmények összehasonlítása

7.1 Nappali mérés nettó fogyasztásaiból képzett fajlagos mutatók összehasonlítása

Az 1. pontban a mérés egyik céljaként meghatároztuk a járműtípusok fogyasztásának az összehasonlítását. Az összehasonlíthatóság érdekében a fogyasztási adatot a megtett kilométer és a férőhely hányadosához viszonyítottuk (kWh/fhkm). Röviden, a férőhelykilométerre vetített fogyasztást vizsgáltuk.

A vizsgálatot utasszállítás szempontjából rövid és hosszú járművekre bontva végeztük el. Mind a két csoportra igaz a következő megállapítás: a hagyományos járművek mutatják a legkedvezőtlenebb értékeket, a korszerűsített járművek a középső tartományban helyezkednek el, míg a korszerű, alacsonypadlós járművek mutatják a legkedvezőbb fajlagos fogyasztási értékeket.

A mérési eredményeket a 5. számú ábra foglalja össze, amelyben a 100% a legnagyobb férőhelykilométerre vetített fogyasztású jármű fogyasztását jelenti.



5. ábra

Mérési eredmények összehasonlítása (a járművek teljes nappali mérése során felhasznált nettó villamosenergiájából képzett fajlagos mutatók alapján)

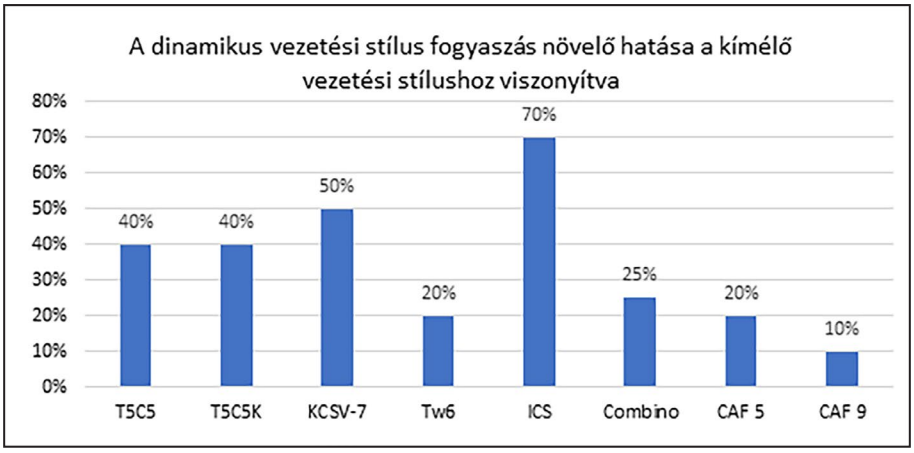
7.2 Járművezetők vezetéstechnikájának (dinamikus-kímélő) vizsgálata a járműfogyasztásra

A jármű vezetése során szélsőértékeket modellező vezetési stílusokat (dinamikus és kímélő) alkalmaztunk a maximális, illetve minimális fogyasztás közötti különbség feltárására, amit elősegített az, hogy méréseink során az utascserét nem szimuláltuk. A valóságban ezek a szélső értékek tartósan soha nem érhetők el, a járművezetők a két szélső érték közötti stílusban vezetnek, amit a közúti lámpaprogram, a menetrend, valamint az utascsere is befolyásol.

A hagyományos, valamint a korszerűsített járművek esetében a dinamikus vezetési stílus jelentős fogyasztásnövekedést eredményez. A korszerű vezérléssel működő járművek (CAF; Combino) esetében a dinamikus vezetési stílus korlátok közé szorított, ezért csekély fogyasztásnövekedést eredményez.

A mérési eredményeket a 6. számú ábra foglalja össze.

Mérési eredmények összehasonlítása



6. ábra

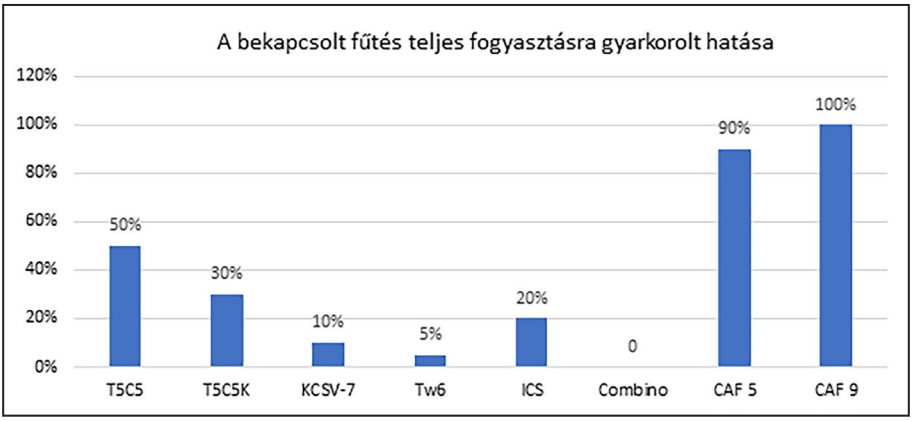
A dinamikus vezetési stílus fogyasztás növelő hatása a kímélő vezetési stílushoz viszonyítva

7.3 A jármű fűtésrendszerének (szabályozottság és beépített fűtésteljesítmény) hatása a jármű fogyasztásra

A különböző járművek fűtésrendszereinek összehasonlítása egzakt módon nem lehetséges az eltérő beépített fűtésteljesítmények és szabályozási módok miatt. További korlátot jelentett, hogy a fűtésvizsgálat során nem volt lehetőség a fűtési érték 1°C-os léptetésére, ezáltal fogyasztáskülönbség meghatározására. Mérési lehetőségeink és a villamosok fűtésrendszere ezt nem tette lehetővé. Méréseink során mértük a jármű teljes felvett energiáját bekapcsolt, illetve kikapcsolt fűtés mellett. A fűtési többletenergia felvételt a jármű fűtés nélküli teljes felvett energiájához viszonyítottuk.

A mérési eredményeket a 7. számú ábra foglalja össze.

Mérési eredmények összehasonlítása

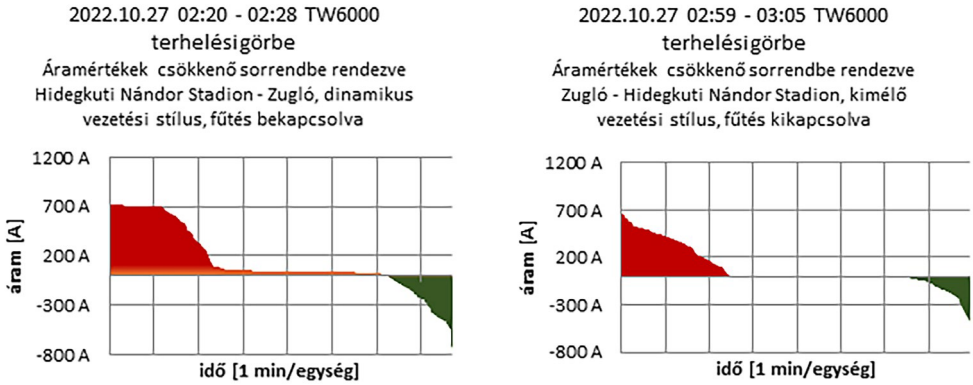


7. ábra

A bekapcsolt fűtés teljes fogyasztásra gyakorolt hatása

7.4 Áramterhelés hatásának szemléltetése az áramellátási hálózatra a vezetési stílus és a fűtés hatásainak függvényében

Maximális áramérték szempontjából azt tapasztaltuk, hogy a TW6 típusú járműnél a legkisebb az eltérés a dinamikus-kímélő stílus összehasonlításakor. Ezért ennél a típusnál jól megfigyelhető, hogy csupán a vezetési mód és a fűtés milyen szummázott terhelést jelent a hálózatunkra úgy, hogy nincsenek kiugróan eltérő maximális áramértékek. A 8. számú ábra alapján – integrálás elvégzése nélkül is – látható, hogy nem egészen dupla terhelés éri a hálózatunkat, amit a pirossal színezett területek szemléltetnek.



8. ábra

Áramterhelés hatása az áramellátási hálózatra

Összegzés

A mérések előkészítése és végrehajtása során arra törekedtünk, hogy a mérések jól dokumentáltak, utólag is visszaellenőrizhetők legyenek. A mérési dokumentumban részletesen rögzítettük a célokat, feltételeket, a rendelkezésre álló eszközök tulajdonságait, korlátait. A mérési helyszín kiválasztásában az összehasonlíthatóság feltételét is teljesítettük.

Megállapításainkat egyszeri méréssorozat alapján tettük meg őszi/tél eleji időszakban. Méréseinket egy-egy átlagos állapotú, forgalomból kivett járművel végeztük el. A jármű vezetése során szélsőértékeket szimuláló vezetési stílusokat alkalmaztunk a maximális, illetve minimális fogyasztás közötti különbség feltárására. Az alkalmazott mérőrendszerek tulajdonságai (optimális mérési tartomány, járműre illeszthetőség), adatgyűjtő- és továbbító képessége korlátozott. Manuálisan kellett pontosításokat és számításokat végezni, amely így az összehasonlításokat lehetővé tette.

Előzetes elvárásaink szerint a korszerű járműveknek jobb fogyasztási tulajdonsággal kell rendelkezniük. Ezt az elvárást a méréseink visszaigazolták.

Továbblépést a mérési korlátok csökkentése jelenthet, amikor nagy számú mérés segítségével statisztikai alapú vizsgálatok útján nyerünk információt az általunk üzemeltetett járművekről. Szintén a továbblépés irányába mutat, hogy a méréseket nyári időszakban megismételve a korábban nem mért klímafogyasztásokat is meghatározzuk. Ezeket a méréseket elvégezve, kielemezve további intézkedéseket tehetünk a vontatási energia fogyasztásának csökkentésére.

Irodalomjegyzék

[1] Közúti vasúti járművek villamosenergia fogyasztásmérése (2023.02.28.)

[2] Dr. Takács Péter „Energiagazdálkodás a BKV Zrt.-nél” című prezentációja (2023.05.24.)

[3] Vajda Szabolcs Béla „Villamos járművek energiahatékonyságának mérései” című prezentációja (2023.03.21.)

A CAF villamosok klímaegységeinek túlmelegedési problémái, megoldási lehetőségek

Rácz Tamás

Budapesti Közlekedési Zártkörűen Működő Részvénytársaság
telefon: +36 20 4998489
e-mail: raczt@bkv.hu

Abstract

A cikk a Budapestre gyártott CAF Urbos 3-as típuscsalád utastéri klímaegységeinek azon üzemeltetési problémájával és a megoldások keresésével foglalkozik, amely az egyre gyakoribb nyári hőhullámok idején rendszeresen jelentkezik. A cikk ismerteti az elmúlt évek tapasztalatait, a megtett intézkedéseket és azok eredményeit, s végül levonja a szükséges következtetéseket. Remélhetőleg a 2023-as nyári szezon mérési eredményei segítik majd a megfelelő megoldás kiválasztását a gyártó passzív hozzáállása ellenére is. A környezeti klíma probléma további súlyosbodása esetén azonban előfordulhat, hogy az eddigieknél lényegesen költségesebb megoldásokat is számításba kell majd venni.

Kulcsszavak: *Budapest, villamos, CAF Urbos 3, klímaberendezés, nyári hőhullám*

Bevezetés

A tömegközlekedési járművek esetén napjainkban már alapvető követelmény a klímaegységek megléte, azok működőképességének biztosítása. A modern, nagy üvegfelülettel – de kevés nyitható ablakkal – rendelkező járművek a megfelelően működő légkondicionáló berendezések nélkül forgalomba nem adhatók. Meghibásodásuk nem egyszerűen az utas- illetve a járművezetői komfortot rontja, hanem a jármű belső terében olyan hőmérsékleti viszonyokat eredményez, mely csak rövid távon elviselhető az emberi szervezet számára. E miatt a klímaberendezések üzemeltetési hőmérsékleti határának kiterjesztése, ezen berendezések megbízható működése az extrém forró napokon is rendkívül fontos a járművek rendelkezésre állásának biztosításához.
A Budapesten üzemelő CAF Urbos járművek esetén az elmúlt évek során, sajnálatos módon több alkalommal is előfordult tömeges meghibásodás a hőségriadók idején. A hiba az utastéri klímaegységeknél jelentkezett, és jellemzően teljes működőképtelenséget okozott ezeknél a berendezéseknél. A korábban ismertetett okok miatt ez a járművek forgalomból való kivonásával járt. Ez természetszerűleg kényelmetlenséget és problémát jelentett az utazóközönségnek, jelentős többletmunkát a BKV (Budapesti Közlekedési Zrt.) munkatársainak, valamint plusz költséget a BKV-nak.
A hibák közös jellemzője volt, hogy a hibaelhárítás tényleges javítást, alkatrész cserét nem igényelt. A kocsikat fedett (árnyékos) helyen, jellemzően a kocsiszíni csarnokban „pihentetve" a berendezések egy idő után ismét működőképessé váltak, a járművek a forgalomba visszatérhettek.

A vizsgálatok megállapították, hogy a meghibásodásokat az okozta, hogy a hűtőkörökben lévő hűtőközeg nyomása elérte a lekapcsolási határértéket, és a berendezések a maradandó károk megelőzésének érdekében letiltották a további működésüket.
Mielőtt rátérnék ennek a folyamatnak a részletesebb ismertetésére tekintsük át vázlatosan, hogy hogyan is épül fel egy CAF jármű légkezelő rendszere.

1. A budapesti CAF járművek szellőztető, hűtő és fűtő rendszerének ismertetése

A jármű tervezésekor a gyártó cég a ma általános modul rendszerű építési elvet alkalmazta. Ez nem csak magának a járműnek a felépítésében figyelhető meg, hanem az egyes fő berendezések egy egységként cserélhető konténerekbe történő elhelyezéséből is. Az Urbos család két különböző konténert használ a klimatizálás megvalósítására. A kisebb konténer a vezetőfülkéknél használatos, termetesebb társa az utasteret szolgálja ki.
Minden vezetőfülkéhez külön klíma konténer tartozik, azaz mind az 5, mind a 9 modulos járművön két ilyen egység lett elhelyezve. Az 5 modulos járművek esetén 2 db, míg a 9 modulos járművek esetén 4 db utastéri klímakonténer található a járművek tetején.
A berendezések működését a járművezető a jármű központi informatikai rendszerén keresztül, a HMI (Human Machine Interface, ember-gép kapcsolattartó platform) felületén kiadott parancsokkal vezérelheti. Külön tudja kezelni a vezetőfülke egységeinek működést, és külön az utasterét. A vezetőfülke rendszerét akár teljes mértékben le is kapcsolhatja, míg az utastér esetében csak a hőmérséklet szabályozását kapcsolhatja ki – a levegő befúvás az utastérben alapértelmezetten kötelező.

1.1 Vezetőfülke klíma konténer

Egykörös, R410A hűtőközeggel töltött hűtőkört, egy 2,5 kW-os fűtőegységet, és az ezen körök megfelelő működéséhez szükséges építő elemeket tartalmazza. Az elpárologtató ventilátor fordulatszáma 5 fokozatban szabályozható. A szabályozást végző vezérlő egység szintén a konténerben került elhelyezésre, mely az egység szabályozását az EN-14813-as szabvány szerint végzi (1. ábra).

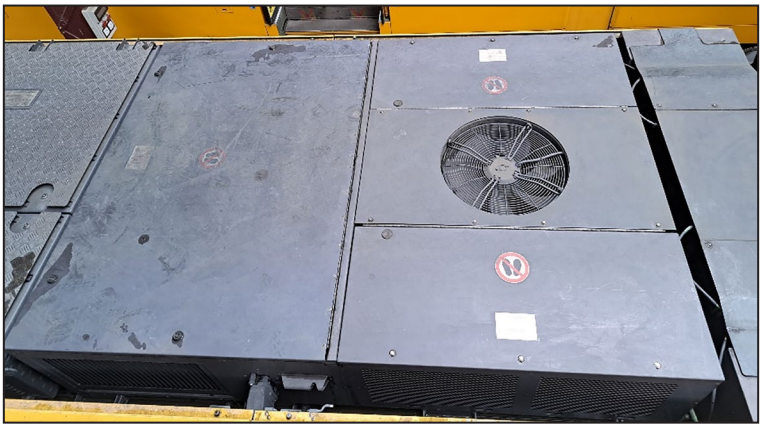


1. ábra
CAF Urbos 3 vezetőfülke konténer [saját fénykép]

A konténert kiegészíti egy, a vezetőfülkében elhelyezett, külön kapcsolható 1 kW-os fűtőegység.

1.2 Utastéri klíma konténer

Mind méreteiben, mind felépítésében eltér a vezetőfülkét kiszolgáló konténertől (2. ábra). Ez érthető is, hiszen jóval nagyobb légteret kell kiszolgálnia. A hűtési teljesítményt itt már két, jórészt egymástól független kialakítású, és külön kapcsolható hűtőkör biztosítja. A hűtőkörök itt is R410A típusú hűtőközeggel vannak feltöltve. Közös a körök kondenzátorainak hűtését szolgáló ventilátor, valamint az utastérbe való levegő befúvásért felelős elpárologtató ventilátor is. Mindkét ventilátor 3 fázisú, fordulatszámuk nem szabályozható. A szabályozást végző vezérlő egység szintén a konténerben került elhelyezésre, mely munkáját az EN-14750-es szabvány szerint végzi.



2. ábra

CAF Urbos 3 utastéri klíma konténer [saját fénykép]

Az utastér fűtéséhez a rendszer nem csak a tetőn elhelyezett konténerben lévő fűtőtesteket tudja használni, hanem az utastérben, több helyen, a járófelület szintjén elhelyezett konvektor egységeket is. A konvektorok – ellentétben a vezetőfülke hasonló egységével – közvetlen nem vezérelhetők. Működésüket a klíma konténer vezérlője felügyeli.

2. A meghibásodások megjelenése, megtett intézkedések

A nyári hőhullámok időszakában a CAF járművek utastéri klímaegységei már a korábbi években, a garanciális időszak alatt is produkáltak tömeges meghibásodásokat (pl. 2017.09.04-én 15 CAF járműnek kellett kiállnia a forgalomból a klímaberendezések meghibásodása miatt). Sajnos hiába jelezte ezeket a problémákat a BKV a rendszeres, háromoldalú, CAF – BKK – BKV (Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles – Budapesti Közlekedési Központ Zrt. – Budapesti Közlekedési Zrt.) egyeztetések során, a gyártó érdemben nem foglalkozott a témával, megoldást nem kínált.

2021.06.23-án, 06.24-én, majd 07.08-án a Budapesten közlekedő CAF járműveken ismét nagy számban jelentkeztek problémák az utastéri klímaberendezések tekintetében. Az Országos Meteorológiai Szolgálat jelentése szerint ezekben a napokban a 2002-es év óta fennálló hőmérsékleti rekordok dőltek meg Budapesten, azaz a Budapesti CAF járművek ilyen meleggel még nem találkoztak.

A korábbi esetekhez képest nagy különbség volt, hogy az ekkor Budapesten üzemelő flotta közel kétharmada már nem volt garanciális, így a probléma kivizsgálását és a megoldás keresését a

járműpark jelentős részén a BKV szakemberei kezdték meg. Így végre lehetőségünk volt a hibajelenségek közvetlen vizsgálatára, a probléma okának mélyebb felderítésére, megismerésére.
Hamar megállapítást nyert, hogy minden esetben az utastéri egységeknél jelentkezett a hiba. A hűtőkörök tiltották le a saját működésüket, mivel elérték az engedélyezett nyomásérték maximumát, a 42 bar-os értéket. (Normál működés esetén ezt az értéket 35 bar-ban adta meg a gyártó. 45 bar esetén a rendszer egyes elemei már visszafordíthatatlanul károsodnának.)
A hűtőközeg nyomása, és a hűtőközeg hőmérséklete között közvetlen kapcsolat van. Minél forróbb a hűtőközeg, annál magasabb a nyomása. A túlnyomás kialakulásának közvetlen kiváltó oka az, ha a hűtőközeg nem tud megfelelően visszahűlni, azaz a belső térből „kivont" hőmennyiséget nem tudja a kondenzátor segítségével leadni a kültér felé.

2.1 2021 – a gyors hibaelhárítás éve

Mivel 2021.06.24-én több mint 50 klíma hiba lett regisztrálva (a teljes CAF flotta 56 db 5 modulos, és 17 db 9 modulos járműből állt, azaz összesen 73 járműről van szó), sürgős és azonnali megoldásra volt szükség.
Ehhez első lépésben meg kellett határozni a hibák kiváltó okát. Ezt nehezítette, hogy a berendezések semmilyen üzemi adatot nem tárolnak és közölnek magukról. A hiba behatárolását mindössze egy kis eseménymemóriával rendelkező, egyszerű szöveges hibalog segíti. A rendszer nem tárol magáról sem hőmérsékleti, sem nyomás értékeket. Így nem állt rendelkezésre információ sem a külső, sem a belső hőmérsékletekről, a ventilátorok vezérléséről, a nyomásértékek alakulásáról. Így csak annyit lehetett tudni, hogy túlnyomás hiba miatt tiltottak le a rendszerek.
Meg kellett vizsgálni, hogy mi okozhat ilyen jellegű problémát? Erre még viszonylag egyszerű volt a válasz: elégtelen a hűtés a kondenzátorok hőcserélőin.
A következő megválaszolandó kérdés az volt, hogy mi okozhatja ezt? Itt már sokkal több lehetőség adódott. Milyen okok állhatnak a háttérben?

Műszaki hiba:

- kondenzátor ventilátor hiba,
- nyomásérzékelő hiba (téves értékadat),
- hőcserélő hiba, elsősorban ideértve az elkoszolódott hőcserélőt.

Tervezési hiba:

- túlmelegedő konténer,
- alulméretezett hőcserélő,
- elégtelen légáramlás a hőcserélőn,
- tömítetlenség a konténerben,
- korlátozott levegőellátás,
- elégtelen ventilátor teljesítmény,
- szoftveres probléma.

A ventilátor hibát és a nyomásérzékelők hibáját gyorsan ki lehetett zárni. Ezek megfelelően működtek, azaz a kiváltó okot máshol kellett keresni. Kézenfekvő intézkedés volt a hőcserélők tisztításának elrendelése, hiszen minél tisztább a hőcserélő felülete, a hőleadás annál hatékonyabb. Az első napokban ez volt az egyetlen olyan intézkedés, melyet a BKV önállóan, gyártói közreműködés nélkül, azonnal megtehetett. Az azonnali – ismételt – tisztítás elrendelése meg is történt, ugyanakkor a BKV jelezte a gyártó felé, hogy nem ezt tartja a hosszú távon is elfogadható megoldásnak. A járművek számára a gyártói karbantartási utasítás évente egy alkalommal írja elő a klímarendszerek alaposabb tisztítását. Ezt a BKV minden tavasszal, a klímaszezon indulása előtt meg is teszi. Nem volt ez alól kivétel 2021 tavasza sem.

Szintén a szennyeződéstől lecsökkent hatékonyságú hőcserélők elméletének helyességét kérdőjelezi meg például a 2256-os pályaszámú CAF esete. Ez a jármű szintén kiállt a forgalomból 2021.06.24-én klíma hiba miatt. Mi a különleges ebben? Az teszi érdekesé, hogy 2021.06.08-án állt először forgalomba, azaz mindösszesen 16 nap után már jelentkezett a probléma.
A járműpark tisztításán, és a hiba jelentkezése esetén a pihentetésen túl elkezdtük a hosszabb távú – immár elsősorban a gyártó közreműködése nélkül megtehető – megoldások keresését.
A konténerek melegedésének csökkentése érdekében még ezen a nyáron fehér fólia került fel az egyik (alapból szürke színű) konténerre. Ettől azt reméltük, hogy a konténer – és ezzel együtt a kondenzátor – kevésbé fog felmelegedni a napsütés erejétől.
Egy másik, a kényszer szülte kísérlet is elindult: a túlnyomás problémáját a rendszerbe töltött hűtőközeg mennyiségének csökkentésével próbáltuk kezelni néhány egység esetében. Bár elsőre ez talán értelmetlen dolognak tűnik, később látni fogjuk, hogy ez egyáltalán nem elvetendő megoldás. Mindenesetre ebben a havária helyzetben ez volt az a műszaki lehetőség, ami gyorsan kivitelezhető volt.
Bár a nyár – és az év – további része ilyen kiugróan magas meghibásodási arányokat már nem produkált, a BKV és a klímaberendezések javítását végző külső cég (Omnex Kft.) intenzíven keresni kezdte a hosszabb távon is kielégítő megoldásokat.

2.2 A meghibásodások lehetséges okai és a megoldási lehetőségek

Könnyű belátni, hogy egy olyan probléma megoldása üzemeltetői oldalról, melyre a gyártó hosszú évek alatt sem talált megoldást, szinte lehetetlen feladatnak látszik. A rendszer ezen hibája ráadásul nem csak a budapesti járműveket érinti. Egy korábban Belgrádban járt szakmai csoportnak elmondták az ottani üzemeltetők, hogy a CAF járművek klímaberendezéseivel ott is gondok vannak. Más megoldás híján a belgrádi kollégák is azt a megoldást alkalmazták, hogy a nyári időszakban havonta tisztítják ezeket a berendezéseket, hogy a rendelkezésre állásukat megpróbálják biztosítani. Ez az információ is azt a véleményt erősítette, hogy a megoldást megtalálni nem lesz egyszerű. Ez azonban nem csökkentette az elszántságunkat, hiszen egyértelmű volt, hogy a problémára valamilyen megoldást kell találni.
Nézzük ismét a korábban már felsorolt, lehetséges kiváltó okokat, de most már kissé részletesebben elemezzük őket a 3. ábra alapján:

- Túlmelegedő konténer
  Mivel a klíma konténer a jármű tetején van elhelyezve, a napsütés közvetlenül éri. A rendkívül meleg napokon nemcsak a jármű belső teréből kell a rendszernek jóval nagyobb hőmennyiséget a kültérnek átadni, hanem magát a rendszert, a konténert is sokkal jobban felhevíti a napsütés. A napsütés hatásának csökkentésére két mód kínálkozott. Vagy egy árnyékoló tetőt kell a konténer fölé helyezni, vagy a konténer szürke felületét kell fehérre festeni – hiszen nem véletlenül ezt a színt alkalmazzák a gyártók a legtöbb klímaberendezés külső egységein. A gyorsabb kivitelezhetőség miatt a fehér fóliával való bevonás mellett döntött a BKV a 2022-es évre, tesztelési célból, korlátozott számú konténer bevonásával.
- Alulméretezett hőcserélő
  Bár egyöntetű a vélemény, hogy a hőcserélőknek nagyobb teljesítményűeknek kellene lennie a biztosabb üzemeltethetőség érdekében, ezt a megoldási lehetőséget egyelőre el kellett vetnünk. A konténerek fizikai mérete a hőcserélők alapterületének (szélesség/magasság) növelését nem teszi lehetővé. A hőleadó felület növelését csak a hőcserélők vastagságának növelésével lehetne elérni, ez azonban közel sem olyan hatékony megoldás, mint a külső levegővel közvetlen érintkező felület növelése. Ebben az esetben ugyanis a plusz hőleadó

felületet csak a hőcserélő külső felületén már felforrósodott levegő érné, azaz csökkenne a hőlépcső, és így a hűtőképesség hatásfoka. Szintén ellene szól a magas bekerülési költség, valamint a tesztelés problémája (problémás az egyedi hőcserélő kisszériás gyártása, és nincs rá garancia, hogy műszakilag megegyezik az esetlegesen nagyobb szériában később megrendelendő sorozattal).

- Elégtelen légáramlás a hőcserélőn
  Ezt okozhatja az elkoszolódó hőcserélő is, de magának a konténernek az elhelyezése is. A kondenzátor szívó nyílása a konténer oldalán helyezkedik el. A nyílásokhoz igen közel már a jármű tető lemeze található, ami a gyanú szerint csökkenti a levegőáramlást, ezzel együtt a hűtőteljesítményt. Tovább rontja a helyzetet, hogy a konténer közvetlenül a csukló mellé került beépítésre. A csuklóknál lévő elektromos kötődobozok szintén szélárnyékot képeznek.

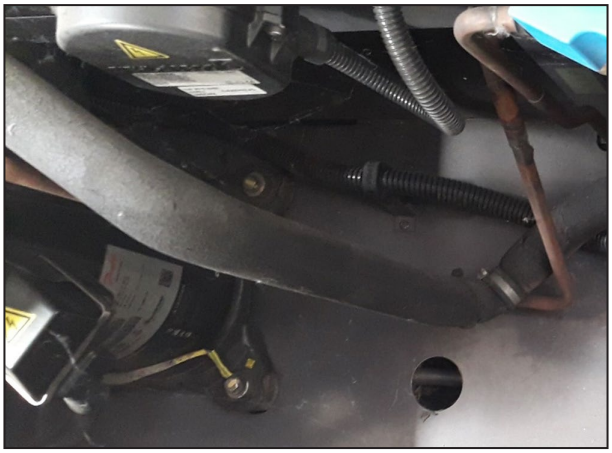


3. ábra

Utastéri konténer elhelyezkedése [saját fénykép]

Bár felmerült a lehetőség légterelő idomok beépítésére, vagy a jármű oldalsó tetőlemezének megnyitására, ezek a lehetőségek is el lettek vetve a bonyolultabb kivitelezhetőség, valamint a jármű külső megjelenésének megváltoztatása miatt. A szükséges hozzájárulások megszerzése ezek miatt nehezebb lett volna.

- Tömítetlenség a konténerben
  A kondenzátor ventilátorok hatékonyságát rontja, ha az általuk a kompresszor téren átszívott levegő nem kizárólag a hőcserélőkön keresztül jut a konténer házba, hanem egyéb, nem kívánt réseken, nyílásokon át (4. ábra). Az így beszívott levegő mennyiség nem vesz részt a hűtőközeg hűtésében, hiszen nem halad át magán a hőcserélőn. A 2021-es meghibásodások természetesen jelezve lettek a klímaberendezések gyártója, a spanyol illetőségű Hispacold felé is. A gyártói ajánlás mindössze ilyen fals levegő bejutási pontokat tárt fel, és ezeket jelölte meg a hiba okaként. Sajnálatos, hogy a jelzésen kívül a hiba elhárítására intézkedést nem tett, még a garanciális kocsik esetében sem. (A garanciából már kikerült járművek esetén a BKV saját hatáskörben lezárta ezeket a nyílásokat, a 2022-es nyári szezont már így kezdték meg a járművek.)



4. ábra
Lezáratlan nyílás a kompresszor térben [saját fénykép]

- Korlátozott levegőellátás, elégtelen ventilátor teljesítmény
  A budapesti járművek utastéri klímakonténerei egy kondenzátor ventilátorral rendelkeznek. A Hispacold oktatási anyagában azonban olyan változat látható, ahol két ventilátor szolgálja a hűtést. A két ventilátoros kialakítás tetten érhető a klímák web alapú karbantartói felületén is. Jogosan merült fel a kérdés, hogy budapesti kialakítást nem a költségek csökkentése indokolta-e a műszaki indokok kárára.
  A problémák megoldására tett lépések között volt az is, hogy a gyártótól kértünk adatokat a kétventilátoros kivitelről. Sajnálatos módon ebben sem kaptunk segítséget. Se a adatokat a két megoldás közötti műszaki, üzemeltetési adatokra, se ajánlatot az átépítésre. Magunkra maradtunk. E miatt még ez év őszén kísérletet folytattunk le a megnövelt levegőszállítás hatásainak vizsgálatára (5. ábra). A kísérlet igazolta a várakozásokat: a ventilátorok által szállított levegő mennyiségének komoly hatása van a hűtőközeg hőmérsékletére, és ezzel a rendszerben uralkodó nyomásra.



5. ábra
Kísérleti összeállítás a levegőmennyiség hatásainak vizsgálatához [saját fénykép]

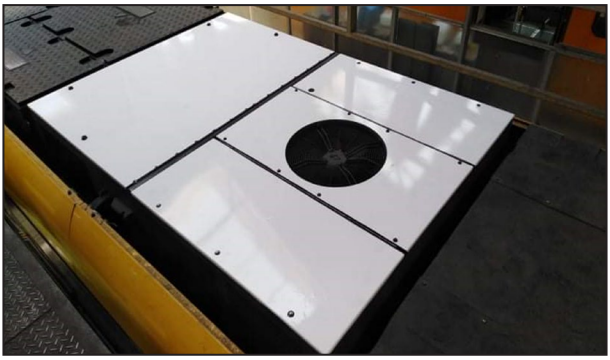
- Szoftveres probléma
  A járművek klímaberendezéseinek vezérlését végző szoftveres logikával kapcsolatban a BKV számtalan javaslatot tett már az elmúlt évek során. Ezek közül többnek is szerepe lehetne az ismertetett túlmelegedési (túlterhelési) probléma megoldásában, de legalább a bekövetkezés gyakoriságának mérséklésében. Néhány szoftveres kérdésben ugyan volt előrelépés, de sajnálatos módon azokban, amelyekkel a rendszer terhelését csökkenteni lehetne nem történt változás. A 2021-es nyári meghibásodások idején derült fény egy olyan programozási hibára, mely ugyan az esetek bekövetkezését nem gátolná meg, a rendszer visszahűlését, azaz a járművek forgalomba való visszaállíthatóságát azonban tovább rontja. A rendszer normál működési módja esetén a kondenzátor ventilátor csak akkor működik, amikor valamelyik hűtőkör dolgozik, azaz valamelyik kompresszor üzemel. Ez egy teljesen logikus döntés, hiszen, ha nincs a rendszerben aktív kompresszor, akkor a kondenzátoroknál nem keletkezik eltávolítandó hőmennyiség, így a ventilátor üzeme sem indokolt. Sajnálatos módon azonban a túlnyomásos hiba miatt leálló – azaz túlmelegedett kondenzátort tartalmazó – rendszer esetén nem tesz kivételt a vezérlő logika. Miután mindkét kondenzátorkört leállította a hiba miatt (és ez a jellemző eset), leállítja a hűtést biztosító ventilátort is. Így az egységben gyakorlatilag konzerválódik a meleg. Bár a rendszer nem termel újabb hőmennyiséget, a nap közvetlen sugárzásának kitett, de a kénysszerszellőzéstől megfosztott egységek nem tudnak visszahűlni. Jól érzékelteti ezt, hogy a kocsiszínbe ilyen hibával beérkező egységek – hiába áll a rendszer akár fél órája, mire a jármű beérkezik a kocsiszínbe – az újraindítás után 1-2 perccel ismét leállnak túlnyomás miatt. Az elmúlt két év során a gyártótól nem érkezett sem visszajelzés, sem megoldási javaslat ezzel kapcsolatban.

A fenti, lehetséges kiváltó okok, valamint azok megoldásának lehetséges módjai, műszaki és gazdasági vonzatainak végig gondolása után a BKV úgy döntött, hogy 2022-ben a konténerek intenzívebb szellőztetése (két ventilátoros kialakítás), a sugárzó hő hatásának mérséklése (konténer fóliázása), valamint a hűtőközeg csökkentésének hatásait fogja vizsgálni.

2.3 2022 – a tesztelések éve. Eredmények és következtetések

A 2022-es nyári szezonra a BKV tesztjárműveket jelölt ki, és készített elő annak érdekében, hogy az alkalmazni kívánt módszerek hatásosságát megvizsgálja, és ennek eredménye alapján döntsön egy-egy módosítás szélesebb körű bevezetéséről vagy elvetéséről. Ennek érdekében az alábbi átalakítások készültek el:

- dupla ventilátoros konténerek kialakítása egy 5 modulos és egy 9 modulos járművön (összesen 6 konténer),
- a hűtőközeg mennyiségének csökkentése két 5 modulos, valamint egy 9 modulos járművön (8 konténer),
- fehér fólia alkalmazása a klíma konténerek tetején egy 5 modulos, valamint egy 9 modulos jármű esetén (6 konténer) – 6. ábra.



6. ábra

Fóliázott konténer [saját fénykép]

Ezen felül egy 5 modulos járműnél a hőcserélő elé egy külső, nagy légáteresztésű szűrőbetét került felszerelésre annak tesztelésére, hogy ez a plusz légellenállás rontja-e a berendezés üzemképességét.

Miért akartuk az egyébként is légszállítási gondokkal küzdő rendszert még egy ilyen plusz elemmel terhelni?

Mint azt korábban már említettem, a hőcserélők tisztasága alapvető a rendszer megfelelő működése szempontjából. A konténerek havonta történő tisztítása azonban hosszú távon nem vállalható megoldás. Egy konténer alapos tisztítása 1-1,5 órát vesz igénybe. A munka elvégzéséhez a járművet, a képzett munkaerőt, valamint tetőpódiumot is biztosítani kell. Ezek mindegyike komoly gondot okoz a rendelkezésre álló szűk kapacitások miatt. Gondoljunk csak bele! A jelenlegi budapesti flottán összesen 180 ilyen konténer van!

A szűrő alkalmazásával a konténerenkénti tisztítási idő kb. 5-10 percre csökkenthető. Problémát okozhat viszont a fokozatosan elszennyeződő szűrő miatti egyre csökkenő légáteresztő képesség. Itt is szembesültünk azzal a kettősséggel, ami a teljes jobbítási szándékot végig kísérte. Egy adott beavatkozásnak lehetnek előnyei (bizonyos helyzetekben, üzemállapotokban, egy adott időben), de ha változnak a körülmények rosszabb helyzetbe kerülhet az egység, mint az eredeti állapotban. Arra, hogy az adott változtatás esetében a mérleg nyelve inkább a pozitívumok vagy esetleg a negatívumok irányába mozdul-e el csak a tesztelés, a gyakorlatban való próba adhatott választ.

Az átalakítások 2022 nyár elejére elkészültek, így a megoldások statisztikai megfigyelése (jelentkezik-e a hiba, és ha igen mekkora előfordulással) elkezdődhetett. Az igazi áttörést azonban az eredményezte, amikor a klímarendszerek működési adatait elkezdtük folyamatosan monitorozni. 2022 júliusának végére megteremtettük azt a műszaki hátteret, melynek segítségével képesek voltunk a klímaegységek működési adatait (hőmérsékletek, nyomásértékek, parancsok) napi 24 órán keresztül rögzíteni, majd azokat kiértékelni. Az így begyűjtött adatok rendkívül hasznosak voltak a rendszer jobb megértéséhez.

Ismét bebizonyosodott, hogy egy elképzelés, megoldás bevezetése előtt elengedhetetlen annak tesztelése, a gyakorlatban való kipróbálása. A mérési eredmények ugyanis nem egészen azt mutatták, amire előzetesen számítottunk (1. táblázat)!

Dátum	2022.07.21	2022.07.22	2022.07.23	2022.07.24
Napi max. hőmérséklet (web)	**36 °C**	**38 °C**	**38 °C**	**32 °C**
2203 - hűtőközeg csökkentett				
S1-1 max. nyomás	38 bar	40 bar	41 bar	35 bar
S1-2 max. nyomás	39 bar	39 bar	39 bar	34 bar
S2-1 max. nyomás	38 bar	39 bar	39 bar	34 bar
S2-2 max. nyomás	37 bar	39 bar	40 bar	35 bar
2205 - fóliás				
S1-1 max. nyomás	43 bar	43 bar	43 bar	37 bar
S1-2 max. nyomás	41 bar	42 bar	42 bar	36 bar
S2-1 max. nyomás	39 bar	40 bar	40 bar	34 bar
S2-2 max. nyomás	43 bar	42 bar	43 bar	37 bar
2206 - dupla ventis				
S1-1 max. nyomás	40 bar	40 bar	40 bar	34 bar
S1-2 max. nyomás	41 bar	40 bar	41 bar	35 bar
S2-1 max. nyomás	42 bar	41 bar	42 bar	37 bar
S2-2 max. nyomás	43 bar	43 bar	43 bar	37 bar
2219 - referencia kocsi				
S1-1 max. nyomás	40 bar	41 bar	38 bar	36 bar
S1-2 max. nyomás	40 bar	40 bar	38 bar	36 bar
S2-1 max. nyomás	38 bar	38 bar	36 bar	33 bar
S2-2 max. nyomás	38 bar	38 bar	37 bar	35 bar

1. táblázat
Napi maximum értékek

A fenti táblázat néhány megfigyelt napra vonatkozóan tartalmazza az adott napon jelzett legmagasabb budapesti hőmérsékletet (külső forrásból származó, nem a járműveken mért adatok!), illetve a megfigyelt járművek hűtőköreinek adott napon rögzített legmagasabb nyomásértékeit. Fontos kiemelni, hogy a nyomásértékek nem egy időpillanatból származnak, hanem az adott hűtőkör aznapi legmagasabb értéke!
A dupla ventilátorral ellátott konténerek nem hozták a tőlük elvárt, kedvezőbb nyomás értékeket. Sőt, a mérési eredményekben magasabb üzemi nyomásértékeket produkáltak, mint az a referencia kocsi, amin semmilyen beavatkozás nem történt. Hogyan lehetséges ez?

Mint az életben általában, itt is több tényező játszhat szerepet:

- A 2206-os kocsi S1-es és S2-es konténerének átalakítása során két különböző megoldás lett alkalmazva. Ezt leginkább az élet kényszerítette ránk. Az eredetileg kiválasztott ventilátorokat nem lehetett a szükséges darabszámban beszerezni. E miatt az S1-es konténerben más alváltozata volt az adott ventilátor családnak alkalmazva, mint az S2-es konténerben. Maga a ventilátor ugyanaz, de az egyik változat gyárilag tartalmazta a lapátok körüli palástot (levegő csatorna), míg a másik nem. Ezt egyedileg kellett kialakítani. Bár teljesítményre, elméleti légszállítási adatokra nézve egyformák voltak, mégis jól megfigyelhető a két konténer közötti különbség. Az S1-es konténer nyomás adatai rendre 1-2 bar-ral alacsonyabbak, mint az S2-es konténernél rögzítettek. Ez ugyan nem tűnik túl nagy különbségnek, de ha megnézzük a táblázat adatait jól látható, hogy ezek a rendszerek borotvaélen táncolnak. Ténylegesen 1-2 bar nyomásérték különbség dönt arról, hogy az adott egység működőképes marad-e, vagy letilt.
- Bár a kiválasztott ventilátorok elméleti légszállítása nagyjából 50%-kal nagyobb, mint az eredeti ventilátoré, ez csak részben tud érvényesülni. A hőcserélő által okozott fojtás miatt ez az elméleti többlet a gyakorlatban lényegesen kevesebb. Így a hőcserélő hűtése nem javult a várakozásoknak megfelelően. Ez azonban önmagában nem indokolná a referencia kocsihoz képest rosszabb értéket. Kudarcként is megélhetnénk ezt az eredményt, azonban, ha jól értelmezzük pont azt kapjuk, amit egy kísérlettől várhatunk: az eredmény elemzése és megfelelő értékelése megmutatja a célhoz vezető utat, módszert. Hogy ez mit jelent ebben az esetben arra a következő pontban kaphatunk magyarázatot.
- A két ventilátoros konténerek hűtőköre az átalakítások során megbontásra került, mivel nem csak a ventilátorok kerültek beépítésre, hanem a vezérlést kikerülve – mivel gyártói támogatást nem kaptunk, így a programot nem tudtuk módosítani – a ventilátorok fordulatszám szabályozását is igyekeztünk megvalósítani. Mivel a maximális légszállítást megemeltük, az volt logikus, hogy ameddig a rendszernek nincs szüksége erre a forszírozott teljesítményre, a ventilátorok csak alacsonyabb fordulatszámon üzemeljenek. Az nem volt megvalósítható, hogy felváltva működjenek ilyenkor, hiszen a nem dolgozó ventilátoron keresztül szívta volna be a másik, üzemelő ventilátor a levegőt (itt lett volna kisebb légellenállás), így a kondenzátor hűtés nélkül maradt volna. A megoldást a ventilátorok csillag-delta üzemeinek megvalósítása jelentette. Az átkapcsolás nyomásérzékelés alapján történik meg. Ehhez egy újabb nyomásérzékelőt kellett beépíteni a hűtőkörökbe.
  A hűtőkörök ezért megbontásra kerültek, majd az eredeti, 3,5 kg-os töltettel lettek feltöltve. A csökkentett hűtőközeg mennyiség ezeknél a konténereknél nem került alkalmazásra. Márpedig a korábbi tapasztalatok is abba az irányba mutattak, hogy a frissebb töltéssel rendelkező járművek (pl. a 2021-ben még garanciális kocsik) rosszabbul reagálnak a nagy meleggel járó kihívásokra, mint azok a kocsik, melyeknek a hűtőkörei hosszabb ideje üzemelnek utántöltés, javítás nélkül.

A múlt év során több régebbi jármű esetében is elvégeztettük a hűtőkörökben aktuálisan meglévő hűtőközeg mennyiségének lefejtését és megmérését. Az értékek rendre a 2,8 – 3,2 kg tartományba estek. Mivel ezek a járművek hiba nélkül üzemeltek ezekkel a mennyiségekkel, ez megerősített bennünket abban, hogy jól határoztuk meg a csökkentett hűtőközeg mennyiségét, a 3 kg-ot.

Az 1-es táblázatban látható, hogy mind az ellenőrzötten 3 kg-os mennyiséggel feltöltött jármű, mind a referencia kocsiként használt jármű – mely vélhetően, az előbb említett mérési eredmé-

nyek alapján szintén ehhez hasonló töltettel rendelkezett – hozta a legalacsonyabb nyomásértékeket.
A fehér fólia alkalmazása sem a monitorozott eredmények, sem a hibastatisztika alapján nem hozott mérhető eredményt, előrelépést.

2.4 2023 – Folytatódó kísérletsorozat, új megoldási lehetőségekkel

Az elmúlt évben szerzett tapasztalatok alapján a 2023-as nyári szezonban, némileg módosítva a kísérleteket, tovább keressük a megoldási lehetőségeket.
A csökkentett mennyiségű hűtőközeggel futtatott járművek számát megnöveltük, hogy statisztikailag jobban értékelhető legyen ez a megoldási lehetőség.
Mivel azt feltételeztük, hogy a dupla ventilátoros járművek a vártnál rosszabb eredményét a nagyobb (a gyári eredeti töltéssel megegyező mennyiségű) hűtőközeg okozta, ezeknél a kocsiknál is lejjebb vettük a töltet mennyiségét. Ezen kívül a konténerek külső védelmében tesztelünk egy újabb megoldást. Mivel a fehér fóliával való bevonás nem hozta meg a kívánt eredményt, de a konténerek hűvösebben tartásában továbbra is hiszünk, néhány konténert külső, árnyékoló tetővel, valamint a hőcserélők könnyebb tisztántartásának érdekében külső szűrőkkel láttunk el.



7. ábra

Külső árnyékoló és szűrő [saját fénykép]

Az árnyékoló tető rozsdamentes anyagból készült, fényes felülettel (7. ábra). Az eredeti konténer teteje és az árnyékoló lemez között légrés van. Reményeink szerint ezzel a kialakítással elérjük azt, hogy a közvetlen napsütés csak az árnyékoló lemezt fogja felhevíteni. A légrés segítségével a menetszél gyakorlatilag kifújja a két felület közül a meleg levegőt, így a konténer belseje hűvösebb marad. Ez a kialakítás több módosítás után alakult ki. Az eredeti elképzelés szerint a teljes konténer tetejét védtük volna. Ez azonban több problémát is felvetett:

- Minél nagyobb a lemezfelület, a konténer tetejének annál nagyobb terhet kellett volna elviselnie. A meglévő szerkezet nem túl robosztus kialakítású, így igyekeztünk ezt a plusz terhelést a minimális értéken tartani.
- Az elvégzendő karbantartási, javítási feladatok során a konténereket rendszeresen ki kell nyitni. A belső térben is találhatók szűrőbetétek, melyeket havonta cserélni szükséges.

Olyan kialakításra törekedtünk, mely a karbantartási feladatok során nem generál plusz feladatot. Az egész tervezési folyamat során fontos volt, hogy olyan megoldásokat találjunk, melyek nem csak a berendezések megbízhatóságát növelik, hanem lehetőség szerint az üzemeltetési feladatokat, ráfordításokat sem bővítik ki.

Fentiek miatt lemondtunk a konténerek teljes védelméről, és kimondottan arra a területre összpontosítottunk, ahol a kondenzátor található.

A külső szűrőhöz terveztünk és gyártattunk egy olyan keretet és házat, mely lehetővé teszi a szűrőbetét egyszerű, gyors cseréjét. Maga a szűrőbetét többször felhasználható, mosható kivitel. Ez is a gazdaságosabb megoldást, valamint a környezetbarát kialakítást szolgálja.

Konklúzió

Mint látható olyan összetett problémával állunk szemben, melyre üzemeltetői oldalról nehéz megfelelő választ adni. Egy adott, már kész termék korlátai között, behatárolt költségkerettel, fejlesztési és kutatási bázis híján kell megoldást találnunk.

A CAF Urbos járművek már most is komoly súlyt képviselnek Budapest tömegközlekedésében, és arányuk a jelenleg ismert információk alapján tovább fog nőni. Bár ennek tükrében még érthetetlenebb a gyártó passzivitása, nekünk, mint a jármű üzemeltetőinek még fontosabb, hogy erre a problémára is megoldást találjunk. Bízunk benne, hogy a 2023-as nyári szezon mérési eredményeinek kiértékelése kellő támpontot ad részünkre a megfelelő megoldások kiválasztásához.

A járműtípus remélhetőleg még hosszú éveken át fogja szolgálni a budapestieket. Az egyre gyakoribb és intenzívebb hőhullámok esetén is biztosítanunk kell a járművek rendelkezésre állását, az utazóközönség megfelelő kiszolgálását. Ez nem valósítható meg a klímaberendezések stabil, megbízható működése nélkül. Amennyiben a globális felmelegedés továbbra is folytatódik – és sajnálatos módon ennek van realitása – ezekre a berendezésekre egyre nagyobb megterhelés vár. Az eddig megismert módszerek külön-külön szinte biztosan nem tudják garantálni az elvárt működést. Csak abban bízhatunk, hogy ezek megfelelő kombinációja néhány – talán jónéhány – évre biztosítani képes ezen klímaegységek stabil üzemét.

Segítené az eredményesebb, tartósabb megoldás kialakítását, ha a jármű és a berendezés gyártói aktívan kivennék a részüket a helyzet megoldásában.

Ugyanakkor nem zárható ki, hogy a környezeti klíma probléma további súlyosbodása esetén ezeknél drasztikusabb, lényegesen költségesebb megoldásokat is számításba kell majd venni.

A 2022 decemberében bekövetkezett Combino villamosok összeütközésének balesetvizsgálati tapasztalatai, a járműveket érintő javítási lehetőségek és egy „új” villamos születése

Bohunka Gábor[1]
Martinovics Attila[2]

[1] Budapesti Közlekedési Zártkörűen Működő Részvénytársaság
Villamos Üzemigazgatóság I. Vontatási Szakszolgálat
e-mail: bohunkag@bkv.hu

[2] Budapesti Közlekedési Zártkörűen Működő Részvénytársaság
Villamos Vasútbiztonsági Csoport
e-mail: martinovicsa@bkv.hu



1. ábra

A baleset bekövetkezése az Angyal utca sarkán lévő térfigyelő kamera felvételén

Abstract

Ezen cikk a 2014 és 2026 pályaszámú Combino villamosok 2022. december 19-én bekövetkezett ütközéses balesetének vizsgálatát, a műszaki mentést és a javítási/helyreállítási lehetőségeket mutatja be.

Kulcsszavak: *Boráros tér, Combino, utolérés, ütközés, kisiklás, villamos műszaki mentés*

Bevezetés

Egy baleset minden esetben nem kívánt esemény, azonban egy vasútüzemeltető szempontjából különösen az. Amennyiben a baleset nagy anyagi kárral, rosszabb esetben személyi sérüléssel, esetleg halálesettel jár együtt, ez még hangsúlyosabban igaz.. A közúti vasúti, azaz villamos járművek esetében viszonylag sok baleset annak tudható be, hogy a közúton, közúti körülmények között, sűrű követésben, menetrend alapján, sokszor más járművekkel és gyalogosokkal közösen használt pályán kell közlekedni. A mérsékelt sebességből adódik viszont, hogy az események nagy része szerencsére nem jár személyi sérüléssel és nagy anyagi kárral. Amennyiben mégis ez történik, akkor a nagyvárosi környezetnek köszönhetően ezen események általában közfeltűnést keltenek, s nagy nyilvánosságot kapnak. Jelen cikk éppen egy ilyen esemény apropóján született.

1. A baleset leírása

2022. december 19-én 20 óra 42 perckor Budapesten, a Boráros téri középperonos villamosmegállóban a 2026 pályaszámú villamos nagy sebességgel utolérte és nekiütközött a 2014 pályaszámú villamosnak. A mögöttes jármű vezetője, valamint az elöl haladó jármű egyik utasa súlyos, további 4 utasa könnyű sérülést szenvedett, továbbá mindkét 54 méter hosszú Siemens Combino Supra NF12B/1 típusú villamosban jelentős anyagi kár keletkezett és a villamosok kisiklottak. A villamosforgalom egészen a másnapi üzemkezdetig szünetelt az érintett szakaszon.

2. A helyszínelés

A helyszínen megjelent a Rendőrség, a Katasztrófavédelem és a Közlekedésbiztonsági Szervezet, valamint a BKV Zrt. részéről a Baleseti helyszínelő, a Vasútbiztonsági Csoport és a mentést végző Zavarelhárítási Szakszolgálat. A helyszínre 16 perccel az esemény bekövetkezte után érkezve megdöbbentő látvány fogadta jelen cikk íróját: a mögöttes villamos vezetőfülkéje felugrott és szinte eltűnt az előttes villamos hátuljában. A villamosok utasterébe lépve alig lehetett eldönteni, hogy melyik alkatrész melyik villamosból származik. A sérültek addigra már elhagyták a járműveket, van, aki saját lábon, van, aki utastársai segítségével. A járművezető saját erejéből mászott ki a fülkéből. Az orvosi ellátás folyamatban volt, mindenhol mentő- és rendőrautók álltak. Az egész látvány egy katasztrófafilm jelenetéhez hasonlított (2. ábra).



2. ábra
A baleseti helyszín kiérkezésünk idején

2.1 Az elsődleges helyszíni elemzés

A helyszínre érve tájékozódtunk a sérültek felől, majd meghallgattuk az előttes jármű vezetőjét és a mögöttes jármű egyik utasát, aki a vezetőfülke mögött utazott és történetesen éppen egy éjszakai szolgálatba igyekvő villamosvezető volt. A meghallgatások alapján nagy vonalakban megállapításra került az esemény lefolyása:

- a mögöttes villamos nagy sebességgel, fékezés nélkül rohant bele az előttes villamosba;
- mindkét villamos mozgásban volt, ugyanis az előttes villamos már megkezdte a kihaladást a megállóból;
- a mögöttes villamoson utazó tanú úgy látta, hogy a kolléga valamilyen oknál fogva a pultra borult, gyorsan közeledtek a megállóban álló másik villamos felé, és már nem volt esély a villamos megállítására.

2.2 A menetregisztráló

A járművek menetregisztrálóiból – szerencsére mindkét menetregisztráló működőképes és kiolvasható maradt – az elsődleges elemzés alapján megállapításra került, hogy:

- a mögöttes jármű sebessége 48 km/h volt a becsapódáskor;
- az előttes jármű megkezdte a kihaladást és már 16 km/h sebességet ért el, amikor hátulról belecsapódott a követő villamos;
- a mögöttes villamos menetregisztrálója a becsapódás előtt 73 méterrel menetre kapcsolást regisztrált.

2.3 A kamerafelvételek

Mindkét járműből megkíséreltük a kamerafelvételek mentését, azonban ezek egy része az ütközés során megsérült, a kameraképek egymáshoz való szinkronizálása nehézkes volt a helyszínen, illetve értelemszerűen a frontkamerák az ütközés során gyakorlatilag megsemmisültek, de a maradványfelvételek is a fent már említetteket igazolták:

- a mögöttes villamos nagy sebességgel, látható sebességcsökkenés nélkül belerohan az előttes villamosba;
- a mögöttes villamos vezetője az utolsó képkockákon a vezérlőpultra előre borult helyzetben látható;
- a vezetőfülke mögött utazó tanú hirtelen visszaül az első ülésbe és lábát kitámasztva „várja” az ütközést;
- a fülkében elhelyezett kamera jelenleg nem szolgál érdemi információval, a kamera adatvédelmi okokból jelenleg nem rögzíti a járművezetőt és az általa végzett járműkezelést.

A nyomok rögzítése és az adatok kimentése után a hatóságok engedélyével megkezdődhetett a műszaki mentés. A baleset teljeskörű vizsgálata már irodai körülmények között folytatódott.

3. A balesetvizsgálat

A balesetek szakmai vizsgálatának alapja a menetregisztráló által rögzített adatok. Járműveink egyre nagyobb része már kamerarendszerrel is fel van szerelve, így a kamerafelvételek a menetregisztrátum adataival összevetve már jelentős vizsgálati információt jelentenek. A rosszullétre visszavezethető eseményeknél a vizsgálat része a villamos éberségi berendezésének próbája és működésének elemzése is. A Társaság saját lehetőségein túlmenően olyan térfigyelőkamera-felvételek is beszerzésre kerültek, amelyek további részletekkel szolgáltak a vizsgálat teljes körű lefolytatásához.

A menetregisztráló adatai az adott megállóközről készített sematikus térképszelvénnyel is összevetésre került, amely segít láttatni a villamos közlekedését a valós környezethez képest. A menetregisztráló grafikonján láthatók a különböző analóg és digitális jelváltozások, a térképszelvényen pedig az adott szakaszt „elhelyezzük" a környezetben: amelyen minden olyan infrastruktúra elem látható, amely a villamosok közlekedését érintheti (utcák, útkereszteződések, gyalogos átjárók, KRESZ és BKV jelzők, jelzések stb.). Jelen esetben látható a hídon való 40 km/h sebesség folyamatos betartása, a híd felénél, az emelkedő végén a menetről való kikapcsolás és az ebből fakadó enyhe lassulás, majd az ütközés előtt 73 méterrel (alig másfél járműhosszal), 36 km/h sebességnél egy teljesen indokolatlan menetre kapcsolás, amely az ütközésig tart. Feltételezhető, hogy a rosszullét és a pultra borulás itt következett be, amely során a járművezető akaratlanul is előre billentette a menetkapcsolót. Működő fülkekamera esetén a fenti megállapításokat pontosan megerősíthette volna egy, a járművezető tevékenységét közvetlenül láttató kamerafelvétel.

A mögöttes (2026) villamos menetregisztrátumából megállapított tényeket az 1. táblázat és 115. oldal tetején lévő ábra foglalja össze:

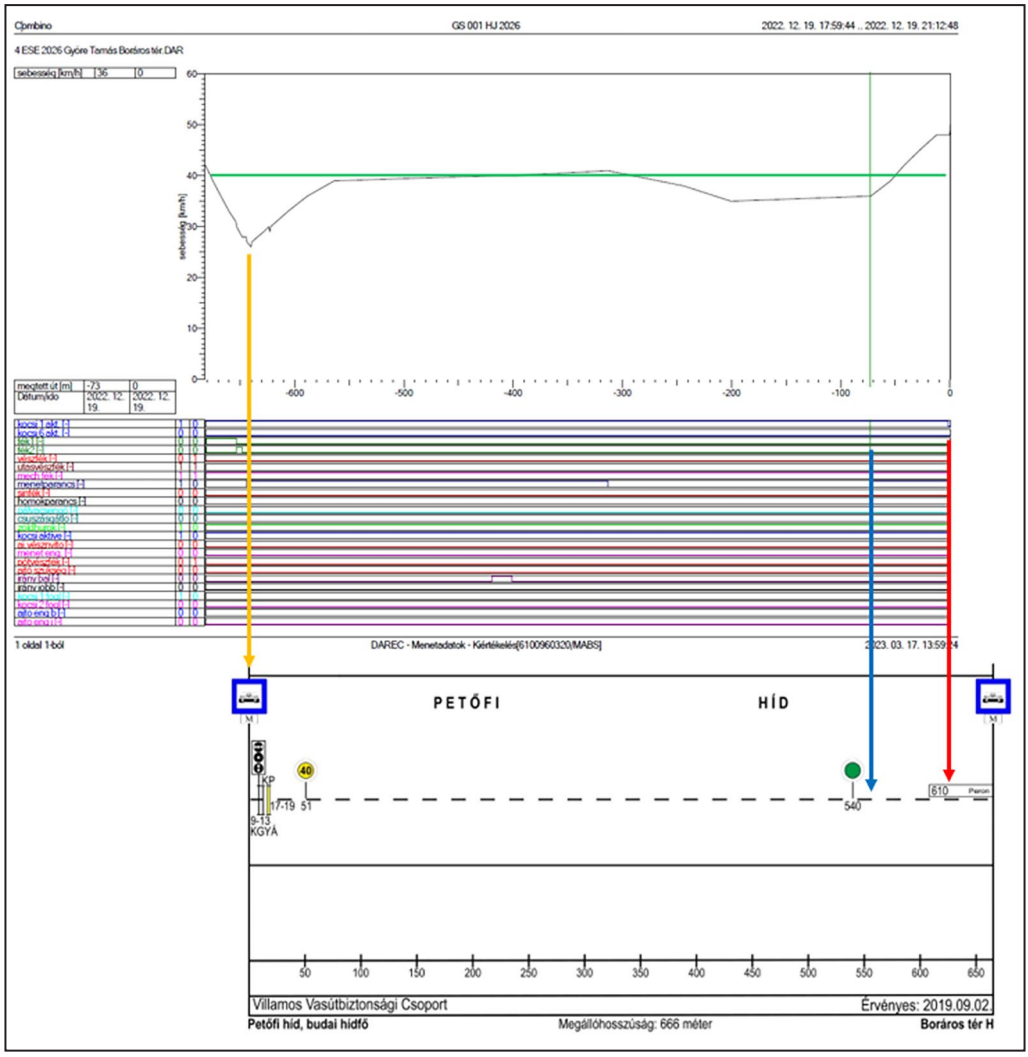
Időadat	Útadat (m)	Sebesség (km/h)	Cselekmény
20:40:54	-995	0	A villamos elindul a Bogdánfy utca kereszteződésétől (holdfény-jelző).
20:41:49	-640	26	A villamos behalad a baleset előtti (Petőfi híd, budai hídfő) megállóhelyre, ahol le- és felszálló utasok hiányában nem áll meg.
20:42:19	-313	41	A villamos újból gyorsít, a Petőfi hídon eléri a pályára engedélyezett legnagyobb sebességet, a menetparancs megszűnik, a villamos a hídra való haladás miatt veszíteni kezd sebességéből.
20:42:42	-73	36	A menetregisztráló menetparancsot rögzít, a villamos gyorsítani kezd.
20:42:48	0	48	Az ütközés pillanata.
20:42:49	0	0	A megállás pillanata. Ez a rögzített út- és időadat nem tekinthető már pontosnak a hatalmas erejű ütközés következtében fellépő nem üzemszerű jelváltozások, illetve a villamos első kerekeinek a sínkoronától való elemelkedése okán.

1. táblázat

A mögöttes villamos mozgása a menetregisztráló készülék adatai alapján

Az éberségi berendezés célja, hogy valamilyen módon, bizonyos időközönként vagy távolság megtétele után meggyőződjön a járművezető cselekvőképességéről. Amennyiben az ekkor kiadott figyelmeztető jelzésre nem érkezik válasz a járművezetőtől, akkor a jármű kényszerfékezéssel megáll. A korai megoldások megelégedtek egy statikus gomb vagy pedál folyamatos nyomva tartásával, az újabb eszközöknél már valamilyen dinamikus jelváltozást kell eszközölni.

A Vasútbiztonsági csoport munkatársai egy azonos típusú járművel működéspróbát hajtottak végre, amely során elemezték, hogy különböző sebességértékeknél az éberségi berendezés mennyi idő múlva jelez a járművezető felé, illetve ezután a berendezés kezelésének elmaradása esetén mennyi idővel később lép működésbe a kényszerfékezés.



A Combino típusú villamoson az éberségi berendezés figyelmeztető jelzését háromféle módon lehet nyugtázni: a karfán lévő nyomógombbal, a menetszabályzó függőleges lenyomásával, illetve a menetszabályzó megfelelő mértékű elmozdításával (15 százaléknál nagyobb mértékű gyorsítás- vagy lassításváltozás).

A próbafutás során megállapítottuk, hogy a műszaki leírással egyezően, 30-40 km/h sebességtartományban a következő kezelést kikényszerítő jelzés 6 másodperc múlva, a kényszerfékezés további 3 másodperc múlva lép működésbe. Az ütközés előtt 73 méterrel történő, rosszullétből adódó menetre kapcsolás tehát az éberségi berendezést kezelte, innen 9 másodperc múlva kellett volna a kényszerfékezésnek működésbe lépnie. Sajnálatos módon azonban az ütközés már 6 másodperccel a kezelés után bekövetkezett.

4. A baleset oka, megállapítás

A balesetvizsgálat a kamerafelvételek, a menetregisztrátumok, a tanúk elmondása és a működéspróba alapján megállapította, hogy:

- az ütközés a 2026-os pályaszámú járművezető ájulásos rosszulléte miatt következett be (3. ábra);
- a villamoson nem volt műszaki hibára utaló jel és a járművezető sem jelzett ilyet;
- az éberségi berendezés a műszaki leírásnak megfelelően működött.



3. ábra

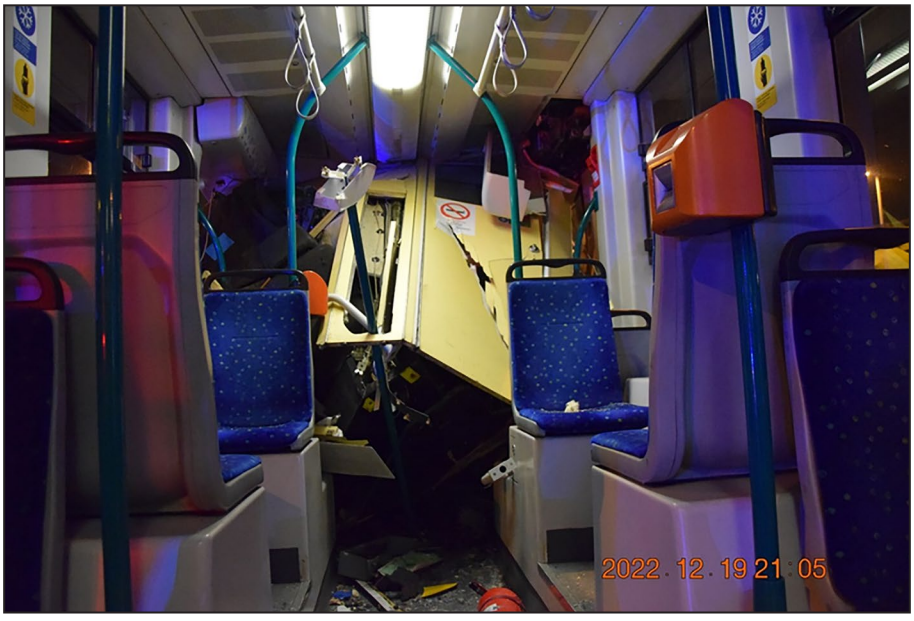
Az összeütközés előtti pillanat az előttes villamos hátsó frontkamerájának felvételéből (a villamos vezetője pultra borult helyzetben)

A balesetvizsgálat megállapította továbbá, hogy ha az ütközés álló villamossal történt volna (pl. az előttes villamos nem kezdi meg a kihaladást a megállóból, vagy a követő villamos csak 5 másodperccel hamarabb érkezik), akkor az ütközés 48 km/h, azaz 13,3 m/s értékét nem „csökkentette" volna a már 16 km/h, azaz 4,4 m/s sebességgel távolodó villamos. Az ütközés során felszabaduló energia a becsapódási sebesség négyzetével arányos, így a jelen balesethez képest 2,2-szer nagyobb energia szabadult volna fel, ami még nagyobb anyagi kárt és valószínűsíthetően halálos kimenetelű sérüléseket is okozott volna.



4. ábra

A mögöttes jármű vezetőfülkéje



5. ábra

Az előttes jármű hátsó vezetőfülkéje

5. A műszaki mentés



6. ábra
Az ütközés utáni állapot

Az esemény következében a két jármű ütközéssel érintett vezetőállásai közül a 2014-es járműé teljesen megsemmisült (5. ábra), a 2026-os járműé jelentősen rongálódott (4. ábra), a két jármű gyakorlatilag eggyé vált (6. ábra). Az ütközés során a 2026-os jármű felfutott a 2014-es jármű vezetőállására, ennek következében a 2014-es jármű első modulja a földbe nyomódott, míg a 2026-os jármű első modulja jelentősen felemelkedett. Ez a rendellenes állapot jelentős károsodásokat okozott mindkét jármű esetében az első és második modulok közötti csuklókapcsolatokban (7. ábra).



7. ábra
A csuklókapcsolatok

Az esemény során összesen 2 forgóváz és további 2 tengely siklott ki. A kisiklás következtében több helyen sérült a jármű oldalburkolata is. A mentés során jelentős nehézséget okozott az, hogy az esemény magasperon mellett történt így a peron felöli oldalon lényegesen nehezebb volt a mentéshez szükséges eszközökkel a feladatok végrehajtása.
Első lépésben a járművek szétválasztása volt a feladat, amit úgy oldottak meg a kollégák, hogy a 2026-os jármű felemelkedett első részének alátámasztása után mindkét járműre egy-egy másik Combino jármű került csatolásra és ezek segítségével húzták szét egymástól a sérült járműveket. A sikeres széthúzás után a kisiklott forgóvázak visszahelyezése következett, itt okozott nehézséget a peron közelsége.
A járművek felépítéséből adódóan külön gondot jelentett a felső csuklókapcsolatok sérülése. Mindkét jármű esetében az első két modul között a tetőn lévő csuklókapcsolatok eldeformálódtak, eltörtek. Ennél a típusnál ezek a kapcsolatok adják a modulok függőleges irányú stabilitását, ennek hiányában a modul a forgóvázakon jelentős mértékben meg tud billenni. A forgóvázak a 9 méter hosszú modulok közepén helyezkednek el, emiatt megtámasztás nélkül gyakorlatilag úgy viselkednének, mint egy libikóka. A járművön található rövid csuklók biztosítják azt, hogy az egymás utáni modulok megtámasszák egymást. Ebben a balesetben ezek a kapcsolatok sérültek, illetve ezen funkciók megszűntek. Mivel ilyen jellegű baleset a Combino-k 16 éves üzemeltetése során még nem következett be, ezért nem állt rendelkezésre tapasztalat egy ilyen sérülés kezelésére. A 2014-es jármű esetében egy hevederes rögzítés került alkalmazásra a két modult vízszintes helyzetbe történő visszabillentése céljából. A 2026-os jármű esetében ez a módszer nem volt alkalmazható, ezért ott a deformálódott elemek emeléssel történő visszabillentésére történt kísérlet. Ennél a járműnél ez sajnos nem járt teljes sikerrel, így a szállítás során erre külön fokozott figyelmet kellett fordítani.
A csuklókapcsolatok rendezése után – már hajnalban – tudtuk megkezdeni a járművek elszállítását vontatással, illetve tolással. A művelet lassan és körültekintően történt, mivel a 2026-os jármű esetében a csuklókapcsolat sérülése miatt a jármű csuklórésze sok esetben leért az útburkolatra.
A mentés bonyolultságát és nagyságát mutatja az is, hogy a bekövetkezés után hét és fél órával később érkeztek a járművek a honos kocsiszínbe.

6. A kárfelmérés és az új jármű születése

6.1 A károk előzetes felmérése, az új jármű összerakásának gondolata

A következő napok legfőbb feladata a járművekben keletkezett károk felmérése volt. Elsődlegesen a sérült végekben kezdődött meg a megsemmisült berendezések roncsainak kibontása, továbbá a csuklókapcsolatok olyan mértékű javítása, hogy a kocsiszínen belül a járművek szükséges mozgatása biztonságos lehessen.
A Combino járművek üzemeltetése fokozottan nehéz feladat, mivel a 40 járműből naponta 36 jármű kerül kiadásra. Ez 90%-os elvárt rendelkezésre állást jelent. Mivel a baleset következtében 2 jármű kiesett (5%), ez jelentős terhet rótt a Társaság számára, figyelembe véve azt, hogy a járművek 16 éves nagyjavítása is javában zajlik. Emiatt vetődött fel már a kárfelmérések elején, hogy mi lenne, ha a két jármű épen maradt elemeiből egy használható járművet raknánk össze. Mivel a Combino járművek felépítése modulrendszerű, emiatt az azonos modulok cserészabatosak egymással. Szerencse a szerencsétlenségben, hogy a járművek „A” és „B” végekkel ütköztek így az épen maradt részek is „A” és „B” végek.

Természetesen ezt a gondolatot előzetesen megemlítésre került a Hatóság felé, mivel ilyen jellegű beavatkozásra még nem került sor. Jelentős munkáról beszélhetünk, ezért ennek megkezdése előtt fontos volt tisztázni azt, hogy a Hatóság nem zárkózik-e el egy ilyen jellegű beavatkozástól. Mivel pozitív visszajelzést kaptunk, a továbbiakban ennek megfelelően folytatni lehetett a munkát.

6.2 Az „új" jármű születése

A továbbiakban a munkálatok fő folyamata aköré koncentrálódott, hogy a lehetőségeknek megfelelően megállapításra kerüljön, a két jármű mely moduljaiban nem keletkezett károsodás. Az előzetes szemrevételezések során megállapítható volt, hogy mindkét jármű esetében az ütközéssel érintett végek felől nézve az első két modul komoly vázsérüléseket szenvedett, ellenben a többi modul esetében szemrevételezéssel ilyen jellegű sérüléseket nem lehetett megállapítani. Kerestük annak lehetőségét, hogy a szemrevételezéses vizsgálatokon felül mérésekkel is lehessen igazolni a többi modul sértetlenségét. Ennek érdekében a gyártó által átadott, a gyártás során történt méretellenőrzések jegyzőkönyveit lehetett felhasználni a méréseknél. A gyártás során a nyers szekrényvázakat ugyanis a hegesztések után ellenőrizték és a mért méreteket jegyzőkönyvben rögzítették.
Mivel a gyártás során ellenőrzött méretek mérése még a nem összeszerelt vázelemeken történt, emiatt ki kellett válogatni azokat a méreteket, amiket a kocsiszínben és összeszerelt váz esetében is le lehetett ellenőrizni. Az így kiválasztott méreteket minden vélt épen maradt modul esetében lemérésre és a mérések eredményei összevetésre kerültek a gyártás során mért értékekkel. Ez alapján igazolódott az a felvetés, hogy a járművek két-két modulján kívül a többi modul esetében nem jelentkezett a kocsiszekrényeket érintő sérülés. A forgóvázak tekintetében szintén hasonló gondolatmenettel elvégzésre kerültek az ellenőrzések és itt sem volt megállapítható olyan eltérést, amely a baleset következménye lenne.
A méretek ellenőrzésén felül ultrahangos repedésvizsgálatra is sor került minden csuklókapcsolat esetében. Továbbá a kocsiszekrényeken a hegesztési kapcsolatok több helyen mágnesezhető poros repedésvizsgálattal kerültek ellenőrzésre, amelyek szintén nem mutattak balesetre visszavezethető hibát.
A fenti vizsgálatokkal igazolni lehetett, hogy a balesetben érintett járművek esetében az ütközéssel érintett végek első két modulján kívül a többi modulnál nem keletkezett jelentős sérülés. Ennek megfelelően az „új" jármű összeállításának nem volt elvi akadálya.
A 2014-es pályaszámú jármű WGT 1-2-3-4-es moduljai és a 2026-os pályaszámú jármű WGT 5-6-os moduljai lettek kijelölve az összeépítésre. Ennek alapján megkezdődött a járművek szétbontása és a terveknek megfelelő összeépítés. A mechanikus elemek összeszerelése után a járműrészek kábelezésének összekapcsolásai is megtörtént.
Az elektromos összekapcsolás után a jármű elektromos élesztésére került sor, amelyhez kapcsolódóan a gyártó által a szállításkor elvégzett és tesztjegyzőkönyvekben rögzített eljárások alapján lebonyolódtak a szükséges tesztek.
A sikeres teszteket követően először kis sebességű mozgáspróbákra került sor, amelynek során minden berendezés működésének ellenőrzése és lepróbálása megtörtént. A sikeres mozgáspróbák és ellenőrzések után a Hatóság járműszemlét tartott, amelynek során a statikus vizsgálaton túlmenően a dinamikus mozgáspróbák is elvégzésre kerültek, továbbá a jármű fékmérése is megtörtént. A sikeres járműszemle eredményeképpen a hatóság jóváhagyta a jármű készre szerelését és előírta a 200 km próbafutás teljesítését. A próbafutást teljes utasterhelésnek megfelelő módon kellett elvégezni, amely műterhelések felhasználásával került teljesítésre. A sikeres

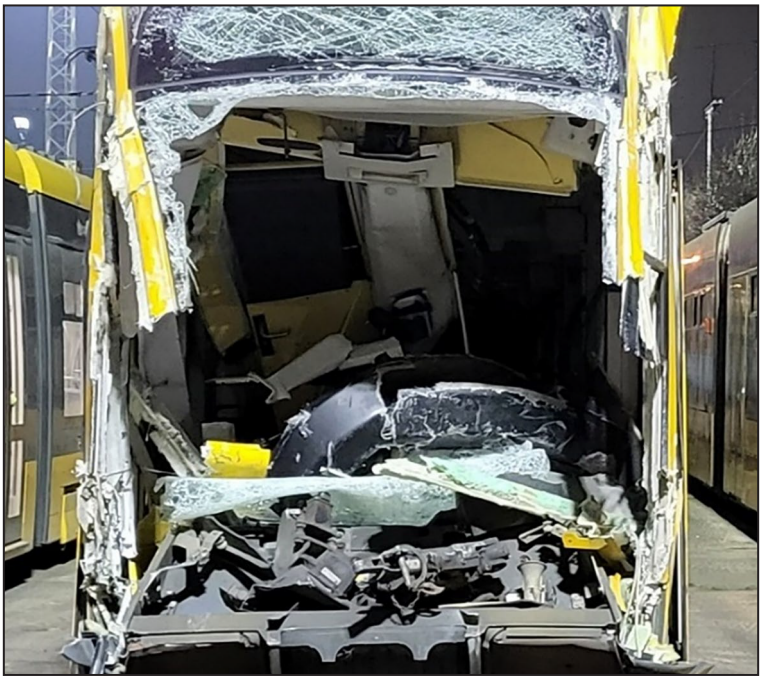
próbafutást követően a jármű dokumentációját összeállítottuk, majd a végleges dokumentáció benyújtásra került a Hatóság felé. A Hatóság 2023. március 29-én kiadta az üzembehelyezési engedélyt. A hatóság az „új” járműnek nem az egyik balesetben érintett jármű pályaszámát adta, hanem új pályaszámmal adta ki az engedélyt, így lett az összeállított jármű pályaszáma a 2041.

7. Javítási lehetőségek

Mint üzemeltető – látva a járművek által elszenvedett sérüléseket és pusztítást – elkeserítő, hogy ilyen rövid idő alatt ekkora rombolás történhet. A vezetőállások rongálódásán felül már az elsődleges szemrevételezések során is láthatóvá vált, hogy az első két modul esetében jelentős deformációt szenvedtek a járművek vázszerkezetei is. Ez nemcsak az érintett végektől számított első modulokra igaz, hanem mindkét jármű esetében a második modulra is. A második modulok esetében főként a csuklókapcsolatok közelében az alvázon és a tetőszerkezeten keletkeztek sérülések. A járművek sérült elemeinek vizsgálata az előzőekben leírtakhoz hasonlóan szintén elvégezésre került.

7.1 A 2014-es jármű

A 2014-es járműbe rohant bele a 2026-os jármű. Az ütközés során a 2014-es jármű már mozgásban volt, így nem álló, befékezett járműbe történt az ütközés. Természetesen, ha álló járműnél történik az ütközés a keletkezett kár mértéke még ennél is nagyobb lett volna.
Az ütközés során ez a jármű szenvedte el a nagyobb rongálódásokat. Az üvegszál erősítésű fejmodult tartó konzolos váznyúlvány teljesen felhajlott, ahogy a másik jármű beleszaladt. Ennek hatására a vezetőállás gyakorlatilag megsemmisült (8. ábra).



8. ábra
A 2014-es jármű vezetőállása

Az ütközéskor a „B” végmodulra a másik jármű „A” végmodulja rászaladt, így azt az úttest felé leszorította. Ennek hatására a „B” végtől számított első csuklókapcsolat felfelé mozdult el. Az elmozdulás olyan mértékű volt, hogy a tetőkapcsolati elemek szétszakadtak. Az alsó csuklókapcsolatnál a vázszerkezet kapcsolódóelemei eldeformálódtak (9. ábra).



9. ábra

A 2014-es jármű csuklókapcsolata

7.2 A 2026-os jármű

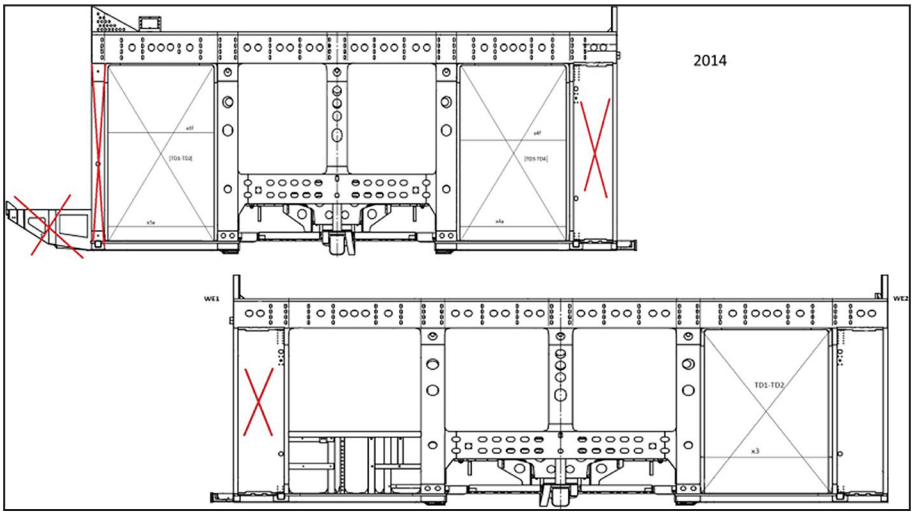
A jármű vezetőállása jelentős sérüléseket szenvedett, de nem olyan mértékben, mint a 2014-es járműé. Valószínűleg ennek köszönhető, hogy a járművezető kollégánk nem szenvedett súlyosabb sérüléseket. Mivel ennek a járműnek az eleje futott fel a másik járműre ezért a végétől számított első csuklókapcsolat a vágány irányába mozdult el. A jármű vége olyan mértékben felemelkedett, hogy az ütközés után az első forgóváz kerekei 50-60 cm-re eltávolodtak a vágánytól. Ennek hatására a jármű első csuklókapcsolatánál a tetőszerkezet elemei eldeformálódtak, a tető vázszerkezete elhajlott (10. ábra).



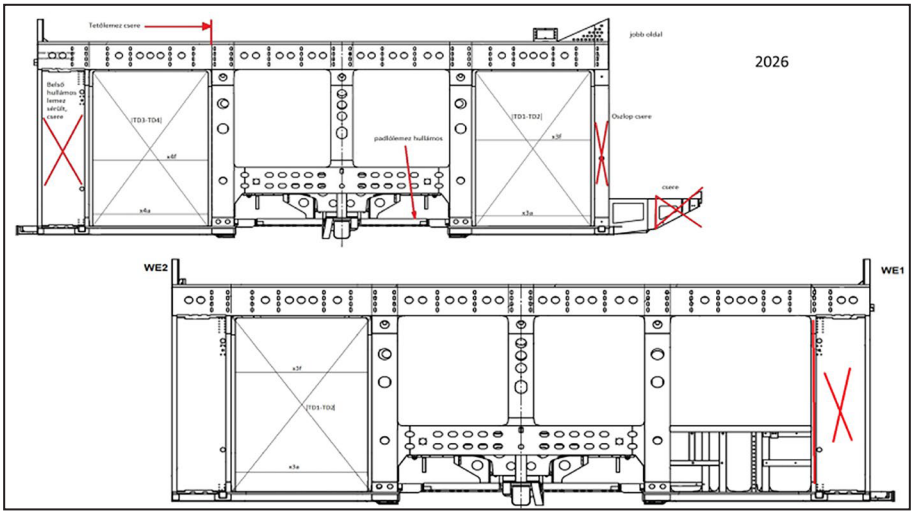
10. ábra

A 2026-os jármű eleje a levegőben (bal oldal), csuklókapcsolata (jobb oldal)

Mindkét jármű érintett moduljai esetében a felmérésre került, hogy mely szerkezeti elemek sérültek, hol szenvedett a vázszerkezet maradó deformációt. Az alábbi 11. és 12. ábrán piros vonalak jelölik a deformált elemeket.



11. ábra
A 2014-es jármű sérült részei



12. ábra
A 2026-os jármű sérült részei

Jól látható, hogy a kocsiszekrények esetében az ütközés zónájában az első és második modul közötti csuklókapcsolatok környezetében jelentős deformációk jelentkeztek. A sérülés mértéke olyan, ami meghaladja egy üzemeltető lehetőségeit a javítás végrehajtásában, emiatt mindenképpen egy külső partner bevonását tervezzük. A javításhoz elengedhetetlen bizonyos gyártási és tervezési ismeretek megléte, emiatt mindenképpen szükséges a gyártó megkeresése és a hibajavítás kidolgozásába történő bevonása.

Konklúzió

Mint vasútüzemeltető cég, a fő feladatunk a zavartalan közlekedés lebonyolítása. Ennek egyik eleme a balesetek számának és súlyosságának csökkentése, amelyhez a balesetek részletes és objektív kivizsgálása, majd a tanulságok visszacsatolása jelentősen hozzájárul. Ugyanakkor, ha egy baleset mégis megtörténik, akkor törekednünk kell olyan gazdaságos megoldások keresésére, amelyek elősegítik a járműveink minél nagyobb rendelkezésre állását.

A balesetet kiváltó okok kivizsgálása egyrészt törvényi kötelességünk, másrészt gazdasági társaságként jól felfogott érdekünk is. Sajnos a járművezetők hirtelen fellépő rosszullétére a rendszeres, kötelező orvosi vizsgálatok ellenére felkészülni nem tudunk, az éberségi berendezés működését, a lehetséges módosításokat tovább vizsgáljuk (például a menetszabályzó menetre kapcsolása ne eredményezze az éberségi berendezés kezelését), illetve a járműpark folyamatos megújításával az ilyen berendezéssel rendelkező járművek száma egyre nő.

Külön projektek keretében több járműtípuson, különböző műszaki tartalommal, a gyártóval közösen kísérleti vezetéstámogató megoldásokat is tesztelünk, amelyek sikere esetén a hasonló utoléréses balesetek még járművezetői rosszullét esetén is elkerülhetővé válhatnak. A Combino járművek ilyen mértékű sérülésével ugyanakkor rengeteg információt szereztünk a járművek szétszerelése során annak felépítéséről. A műszaki mentés után szintén értékeltük a tapasztaltakat és több új megoldást azonosítottunk, amelyeket már be is építettünk a mentési technológiába.

T5C5K2 típusú villamos szoftverfejlesztése

Szabó Balázs[1] és Nagy Evelin[2]

[1] BKV Zrt. Vasúti Üzemeltetési Igazgatóság, Villamos Üzemigazgatóság, Villamos Járműműszaki Főmérnökség, II. Vontatási Szakszolgálat, Angyalföld Járműfenntartó Üzem
telefon: +36 70/390 9488
e-mail: szabob2@bkv.hu

[2] BKV Zrt. Vasúti Üzemeltetési Igazgatóság, Villamos Üzemigazgatóság, Villamos Járműműszaki Főmérnökség, II. Vontatási Szakszolgálat
telefon: +36 20/885 0000 /255 05
e-mail: nagyeve@bkv.hu

Abstract

A Tatra T5C5 típusú járművek koruknál és elhasználódott állapotuknál fogva, már a 2000-es évek eleje óta problémát jelentenek az üzemeltetők számára, ennélfogva szükségessé vált egy előremutató fejlesztés a teljes villamos típus tekintetében. 2003-tól megkezdődött a típus korszerűsítési folyamata, ezáltal megjelent a közlekedésben a T5C5K típus. 2014-től kezdődően a korszerűsítési folyamat tovább folytatódott a Sedulitas Pro Kft. közreműködésével. A hajtásrendszer módosított szoftverének elkészítését végző Sedulitas-Pro Kft-vel történő együttműködés azonban igen kedvezőtlenné vált. A leszállított rendszerek utógondozása, az üzemeltető mérnöki támogatása és a felmerült módosítási igények kezelése 2017-től gyakorlatilag teljes mértékben megszűnt, a cég a témában elhatárolódott, így elengedhetetlenné vált a jelenlegi szoftver hiányosságainak, fejlesztési igényeinek kielégítése okán, más lehetőségeket keresni. 2020-ban sikerült az üzemeltetőnek tovább lépnie, a Ganz-Skoda Electric Zrt. mérnöki támogatásával megkezdődött a járműtípus szoftverfrissítése. A jelenleg frissítésre kerülő járművezérlő szoftver célja, a korábban felmerült hiányosságok és problémák javítása, valamint járművezetői és műszaki igényeknek megfelelő fejlesztések megvalósítása. A fejlesztésnek köszönhetően elháríthatók a korábban felemerült hibák, valamint egy korszerűbb, mai igényeknek megfelelő járműpark közlekedtetése valósulhat meg.

Kulcsszavak: *Tatra T5C5K2, korszerűsítés, szoftverfejlesztés, megoldott hibák, új fejlesztések*

Bevezetés [1]

A Tátra T5C5 típus (amely a T5C5K2 típus korábbi, eredeti változata) Budapest villamosközlekedésének egyik meghatározó résztvevője az 1980-as évektől kezdődően. A csehszlovák gyártmányú jármű első prototípusai 1979-ben jelentek meg Budapest utcáin (1. ábra). A prototípus jármű 4000-es pályaszámmal rendelkezik, valamint a típus valamennyi további példánya a 4000-es pályaszámú családba tartozik. A típus két részletben került legyártásra és szállításra a fővárosba. Az első 172 darabos széria 1980-ban jelent meg Budapest utcáin, majd ezt követően a további 150 jármű 1984-ben állt forgalomba. A T5C5 típusú járművek a 80-as években igen korszerűnek számítottak. Szakmai szempontból nézve a jármű esetében az egyik legnagyobb újdonságok

közé tartozott annak hajtásrendszere, amely mai szemmel nézve analóg elven működő számítógépnek tekinthető. Az analóg szabályozó rendszer képes volt a jármű menetdinamikai tulajdonságainak relatíve finomhangolt szabályozásra, ezáltal az utazási komfort jelentős mértékben javult az akkoriban alkalmazott korábbi típusú járművekhez képest.



1. ábra
T5C5 prototípus jármű, még 8011-es pályaszámmal [2]

Az 1980-as években a különféle szaggatós hajtásrendszerek még nem bizonyultak kiforrott működésűnek, így a jármű fokozatszabályozását annak tetején elhelyezett, úgynevezett tetőellenállások közbeiktatásával és azok kapcsolásával végezték (2. ábra).



2. ábra
Tetőellenállások a villamos tetején

A T5C5 típusú jármű úgynevezett regulátor egysége látta el a hajtásvezérlési funkciót. Ezenkívül a T5C5 típusú villamos már gyári állapotában is tartalmazott teljesen mechanikus, diagrampapírra rögzítő menetírót, mely körülbelül 20 éven belül lecserélésre került a svájci Hasler cég elektronikus működésű termékére. A menetregisztráló külön egység volt, nem képezte részét a hajtásvezérlőnek, esemény vezérelt, illetve menet közben pedig útalapú regisztrálást biztosí-

tott. Az adatok egy memóriamodulban kerültek tárolásra, melynek eltávolításával az a járműtől független helyszínen is, megfelelő hardverrel és számítógéppel, kiértékelhető volt.
Ezen járművek esetében ajtók működtetése egyszerű volt, az magasabb szintű függéseket, kényelmi, biztonsági funkciókat nem tartalmazott, kizárólag központi működtetésre alkalmas, oldalanként egyszerre nyíltak-csukódtak az ajtók. Az ajtószárnyakat, hajtó motor a mechanikus végálláskapcsolókkal érzékelt két végállás között szabályozás nélkül mozgatta. Az ajtók csak mechanikus nyomatékhatárolással rendelkeztek, működésük független volt a hajtásvezérlőtől, az ajtóműködtetés a jármű mozgásával nem állt reteszelt kapcsolatban. Dedikált ajtó vésznyitási lehetőség nem volt, megfelelő erőnléttel, a kuplungszerkezet ellenében, a zárt állapotú ajtó feltéphető volt.
A járművek korából adódó állapota, már a 2000-es évek elején elkezdett problémát jelenteni az üzemeltetők számára. A vezérlőpanelek állapota jelentősen leromlott, számos esetben volt szükséges javításuk, valamint a kor előrehaladtával újabb igények léptek fel az utazóközönség és a járművet üzemeltetők által.
A korábbiakban leírtak okán, egy hosszú, és több lépcsős korszerűsítési folyamat vette kezdetét, amely a járműtípus egészét magában foglalta, főképpen annak különféle elektromos berendezéseire terjed ki.

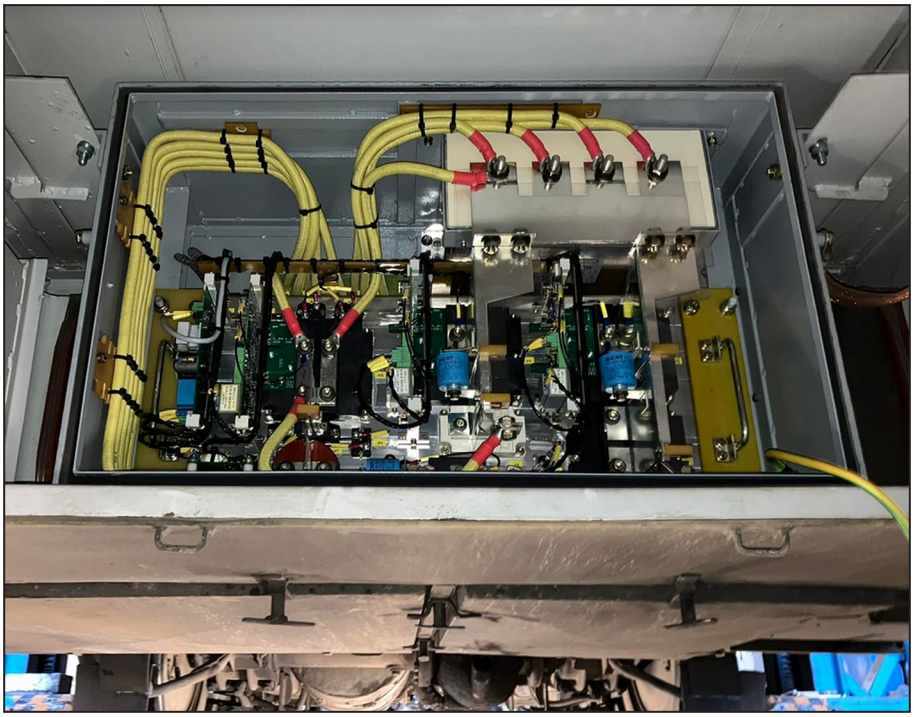
1. Előzmények [1]

1.1 Korszerűsítés első fázisa

2003-tól megkezdődött a típus korszerűsítési folyamatának első fázisa, ezáltal megjelent a közlekedésben a T5C5K típus. A korszerűsítés egyik legfontosabb része volt a járművek IGBT (Insulated-Gate Bipolar Transistor, szigetelt kapujú bipoláris tranzisztor) tranzisztoros szaggatóval történő felszerelése (3. és 4. ábra).



3. ábra
IGES 650/550 típusú szaggató berendezés [saját fénykép]



4. ábra

IGES650/550 típusú szaggatóberendezés belseje [saját fénykép]

A korszerű szaggató berendezésnek köszönhetően a menetfokozatokban korábban alkalmazott menetellenállások már nem voltak szükségesek, valamint míg korábban a jármű fékezéskor a vontatómotorok generátoros üzemben történő működtetésével keletkezett energiát a fékellenállásokon fűtötte el, addig az újabb, szaggatóval felszerelt járművek már visszatáplálásra is képesek voltak amennyiben a hálózati körülmények ezt lehetővé tették. A korszerű szaggató alkalmazásának köszönhetően nagyságrendileg 30%-kal energiahatékonyabbnak bizonyultak ezek a járművek.

A jármű egy közös rack-szekrénybe összevont, integrált hajtás- és járművezérlővel rendelkezett, amely a Ganz Transelektro Közlekedési Rt. moduláris mikroszámítógép rendszerére épült. A hajtásvezérlő egy, a vezetőfülkében elhelyezett, a járművezető felé egyszerű információk megjelenítésére alkalmas külön kijelző egységet kapott, amely a vezérlő berendezéssel soros adatátviteli csatornán keresztül kommunikált. Ezen kívül a jármű - bár a hajtás- és járművezérlés nagyon sok hasznos adat és információ kijelzését lehetővé tette volna - nem tartalmazott más megjelenítő eszközt, egyedül a sebességmérő és segédüzemi feszültségmérő kapott egy-egy összevontan épített hétszegmenses kijelzőt. A menetadatok rögzítését a hajtásvezérlő részét képező, SCI (Self Cruise Infromation, saját menetinformáció) kártya végezte. Az adatbázis laptop segítségével lekérdezhető és elemezhető volt, adatai 0,5 méteres mintavételezési gyakorisággal, illetve eseményvezérelten kerültek rögzítésre. A kártya 6 csatornán 160 00 minta rögzítésére képes a rövidtávú (8 km) menetdiagram tárolásakor, illetve 7500 00 minta a hosszútávú (1500 km) menetdiagram tárolásakor.

A T5C5K típusú jármű ajtóvezérlésének rendszere alapjaiban került átalakításra a korábbi típushoz képest, melynek célja a XXI. századi ajtóműködtetési elvárásoknak való megfelelés volt. A beépített mikroprocesszoros ajtóvezérlő rendszer nem képezte részét a hajtásvezérlő rendszernek, különálló rendszerként kommunikált a hajtásvezérlővel. A rendszer kocsinként egy-egy központi ajtóvezérlőből, és az ezzel soros vonalon kommunikáló, az ajtókat közvetlenül működtető 6 db egyedi ajtóvezérlő egységből állt. A központi ajtóvezérlők a szerelvényen belül lévő többi központi ajtóvezérlővel szintén soros vonalon kommunikáltak.
A kontaktorok és relék száma a hagyományos típushoz képest csökkent, a legtöbb kontaktor megszakítási feladata pedig megszűnt a szaggatós hajtásvezérlésnek köszönhetően, átkapcsolásuk alapesetben árammentes állapotban történik, ezért élettartamuk is kedvezőbbé vált.

1.2 Korszerűsítés második fázisa

2014-től kezdődően a korszerűsítési folyamat tovább folytatódott, a Sedulitas Pro Kft. közreműködésével. A hajtásvezérlő rendszer jelentős mértékben nem változott, azonban új ajtóvezérlő berendezések kerültek beépítésre, valamint az új kijelző és processzor modulba integrált funkciók miatt teljesen új ajtóvezérlő szoftver megírását, illetve a hajtás- és járművezérlő szoftverének módosítását követelte meg (5. ábra).



5. ábra
T5C5K2 típusú jármű ajtóvezérlő egysége

Az új igények miatt, valamint a járművön újonnan megjelenő IFM CR1081 típusú mikroszámítógép miatt a járművön több CANBus (Controller Area Network, az eszközök közötti kommunikációt lehetővé tevő egység) vonal került kialakításra, ezzel a járműnek egy új típusa jelent meg, a T5C5K2.
A hajtásrendszer módosított szoftverének elkészítésére a Ganz Transelektro Rt.-ből kiváló, Sedulitas Pro Kft. vállalkozott. A Sedulitas-Pro a járművön lévő rendszerek integrálását végezte, azonban a céggel való együttműködés - a cég „piacszerzését” követően, a kezdeti lelkesedés alábbhagyásával, és a szerződéses kötelmek kimerülésével - igen kedvezőtlenné vált, a leszállított rendszerek utógondozása, az üzemeltető mérnöki támogatása és a felmerült módosítási igények kezelése 2017-től gyakorlatilag teljes mértékben megszűnt, a cég a témában elérhetetlenné vált. A Sedulitas-Pro nagy hangsúlyt fektetett arra, hogy mind a hajtásvezérlőben, mind a kijelző és processzor modulban futó járművezérlői szoftverek forráskódját más felek előtt titkosan kezelje, és ezzel saját monopolhelyzetét biztosítsa, így az azóta felmerült, illetve újabb szoftvermódosítási igények a Sedulitas-Pro Kft. segítsége nélkül kivitelezhetetlennek bizonyultak.
A járművet a korszerűsítés során különféle vezérlőkártyákkal és vezérlőegységekkel látták el, valamint kiépítésre került a CANBus rendszer is. Ezen felül a járműveket korszerű PowerQuattro

gyártmányú segédüzemi átalakítóval építettek, melynek feladatuk a névleges 24 V_{DC} segédüzemi feszültség biztosítása. A jármű működtető berendezéseit két fő csoportba osztjuk a gyakorlatban. Az IFM CR1081 típusú kijelzővel rendelkező mikroszámítógépet és a hozzá kapcsolódó egységeket tekintjük, az úgynevezett járművezérlő egységnek.



6. ábra
IFM CR1081 típusú vezérlőegység a T5C5K2 jármű műszerpultjában [saját fénykép]

A CR1081 típusú járművezérlő egység a járművezetői fülkében található (6. ábra). Számos feladattal bír, ezek közül a legfontosabbak közé tartozik a jármű kontaktorainak node-okon (CANBus illesztő egység) keresztüli működtetése és állapot visszajelzésének értékelése, továbbá a jármű sebességének megjelenítése, a szerelvényképzés megjelenítése, az ajtóállapotok megjelenítése és kezelése, illetve a különböző hibaüzenetek megjelenítése. A jármű többi egységgel CANBuson keresztül kommunikál, illetve a szerelvényképzésben található kocsik közötti kommunikációt is ez az egység végzi és kezeli. Ezen felül számos logikai és matematikai műveletet is végez. A jármű esetében összesen 4 különböző CAN vonal került kialakításra. Ezek a vezérlőberendezések végzik az ajtószárnyak nyitását, csukását, az indításjelzés automatikus megkezdését, az ajtónál található infra érzékelőkkel az ajtóban történő mozgás érzékelését, az ajtó élvédelmének működtetését, az ajtó különféle állapotainak és hibaállapotainak a jelzését, a felszállási és leszállási kérelem feldolgozását és jelzését a járművezérlő számára. A második CAN-vonal csoportba a 4 multiplexer és demultiplexer egység, az IFM 2016 típusú node tartozik. Ezek az egységek jellemzően analóg be- és kimenetek funkcióját látják el. Jellemzően például a jármű különféle kezelőszerveinek (például a vezetőpult nyomógombjainak) megnyomása esetén juttatják a megfelelő CAN üzenetet a CANBus vonalra. A jármű harmadik CANBus vonala az úgynevezett átmenő CAN, melynek feladata a kocsik közötti kommunikáció biztosítása. A jármű negyedik CAN vonala pedig a hajtásvezérlő PCM (Process Control Manager, folyamatirányító vezérlő) kártyájához kapcsolódik és kezeli az egységek közötti kommunikációt. A járművezérlő kijelző egység rendelkezik beépített RTC (Real Time Clock, valósidejű óra) modullal, az időbélyeget azonban csak az ajtóvezérlők számára küldi el. Idővel az eszköz belső órája kézzel történő beállítást igényel, fél év alatt jelentősen eltér (körülbelül 10 percet) a pontos időhöz képest. A jármű működtető

elektronikáinak másik csoportjába a hajtásvezérlő elemei tartoznak. Ezek az egységek javarészt megegyeznek a 2003-tól megjelenő T5C5K típusba beépített modulokkal (7. ábra).



7. ábra
T5C5K2 típusú villamos jármű hajtásvezérlő rendszere [saját fénykép]

A hajtásvezérlő-rendszer egyik legfontosabb egysége az úgynevezett PCM kártya. Ez az egység tekinthető a villamos fő hajtásirányító berendezésének. Ez a kártya foglalja össze a különböző egyéb vezérlőkártyákról érkező jeleket, kommunikál az járművezérlő kijelzővel, különféle kimeneteket működtet és olvas be különféle bemeneteket. Az eszközre számítógéppel csatlakozva számos változó és bit logikai értéke és állapota láthatóvá válik. Számos bemeneti paramétert lehetséges beállítani, valamint adott esetben a jármű különböző kontaktorainak működéspróbája is lehetséges.

1.3 A Sedulitas Pro Kft.-val való kapcsolat lezárása

A járművek körülbelül 2017-ig bezárólag végzett szoftverfejlesztési időszakát követően felmerülő és megoldásra váró feladatok egy részét azonban a Sedulitas Pro Kft. nem tudta elvégezni minden igényt kielégítően, ezért a további fejlesztés megvalósításához más szereplő bevonása vált szükségessé.

2. Szoftverfejlesztés

2020-ban sikerült az üzemeltetőnek tovább lépnie, és a Ganz-Skoda Electric Zrt. mérnöki támogatásával megkezdődött a jármű szoftverfrissítése. Mivel a Sedulitas Pro Kft. a szoftverek forráskódját nem adta ki más számára, emiatt a jármű szoftverét gyakorlatilag a 2003-as állapotból kiindulva kellett újra elkészíteni, a korábbi Ganz Transelektro-s alapokból kiindulva. A szoftver készítése jelen helyzetben már a végéhez közelít. Több területtel együttműködve jelentős számú korábbi hibát sikerült kiküszöbölni, illetve több új funkció is megvalósításra került, amely az utazóközönség és a járművezetők, valamint a karbantartó személyzet kényelmét szolgálják. Az új szoftver tesztelése során számos próbajárat (utasforgalom nélküli próbamenet) került indításra a szoftverfrissítés céljából kijelölt prototípus járművekkel.
Az új szoftver készítése számos lehetőséget nyitott meg a korábbról megörökölt problémák kezelésére.

2.1 Megoldandó hibák

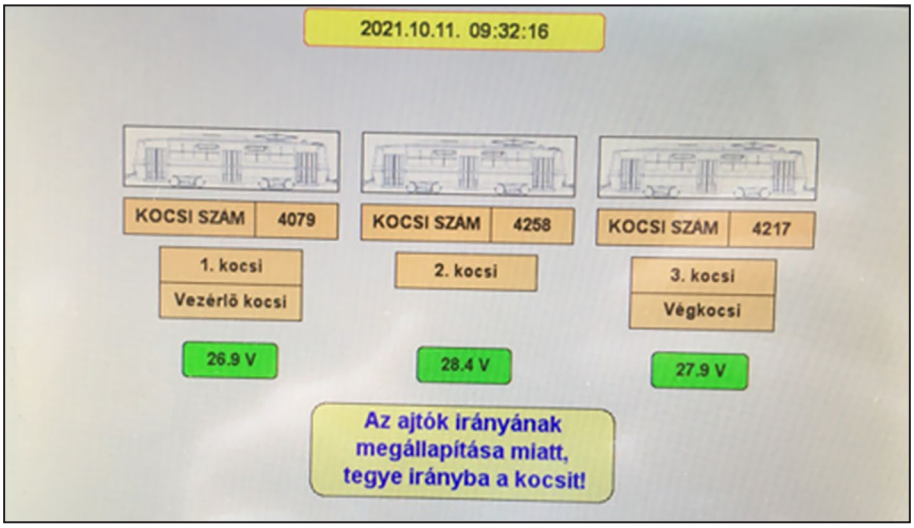
Módosítandó:

- egyedi rögzítőfék-állapot visszajelzés
- az ajtóvezérlő rendszer módosítása
- fűtéskorszerűsítés: szoftveres módosítás

- átszerelési problémák kezelése
- szokatlan áramszedőállások kezelése
- téli/nyári óraátállítás problémája
- belső órák pontatlanság
- akaratlan váltóállítás (statikus átalakító miatt)
- tévesen keletkező ”armatúra túláram” hiba kezelése
- BLACK BOX (fekete doboz) funkció nem megfelelő működése
- nem egységes járműszoftverek, csatolhatósági problémák
- menetregisztrálóval kapcsolatos problémák.

2.2 Megoldott hibák

A nem megfelelő módon történő áramszedő átszerelés korábban CAN kommunikációs hibához vezetett. A módosított szoftver esetében már a vezérlés be- vagy kikapcsolt állapotában is lehetséges az áramszedő átszerelés. A korábbiakkal megegyező módon, az áramszedő átszerelés megkezdése előtt az áramszedőt le kell vezérelni.



8. ábra

HMI kijelző vezérlés átvételt követő alapképe [saját fénykép]

A bevezérlést/vezérlés átvételt követően a járművet minden esetben irányba kell tenni, a jármű ajtajainak iránya ilyenkor kerül megállapításra (8. ábra). Ennek ellenére a vezérlés átvételét/bevezérlést követően a HMI (Human Machine Interface, ember-gép kapcsolattartó platform) rendszer betöltése után egyből lehetséges ajtót zárni, de a zöldhurok csak irányadást követő ismételt ajtózárás után jön létre.
A korábbiakban megszokott csatolhatósági korlátok módosultak.



9. ábra

Megszokottól eltérő szedőállások kezelése [saját fénykép]

Jelen módosítás alkalmával a hármasba csatolt üzem mellett (9. ábra), lehetőség van a járművek 4-esben csatolt működtetésére (10. ábra) különleges esetekben. A járművek hármasba csatolt üzeme esetén a szerelvény a középső kocsiból is mozgatható, ezzel segítve egy esetleges műszaki hiba vagy esemény során szükséges járműmozgatást.

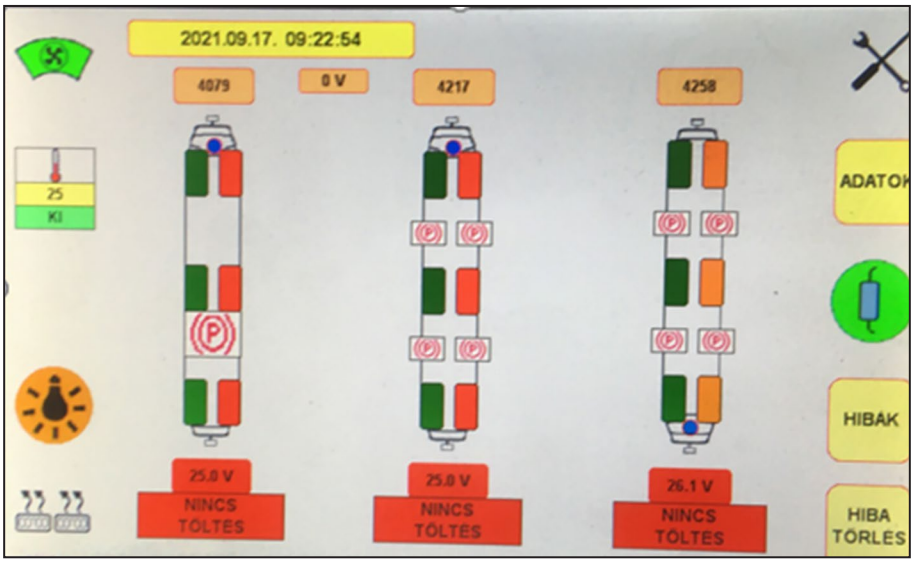


10. ábra

4-es Tatra üzem [saját fénykép]

Jelen módosításnak köszönhetően a nem megszokott szedőállások is kezelhetővé váltak. Lehetőség van hármasba csatolt üzem esetén a középső kocsi áramszedőjének használatára is, vagy mind a három szedő együttes használatára.

A korábbiaktól eltérő módon, a jármű képes a HMI kijelzőn keresztül történő egyedi rögzítőfék (Ⓟ) visszajelzésre (11. ábra).



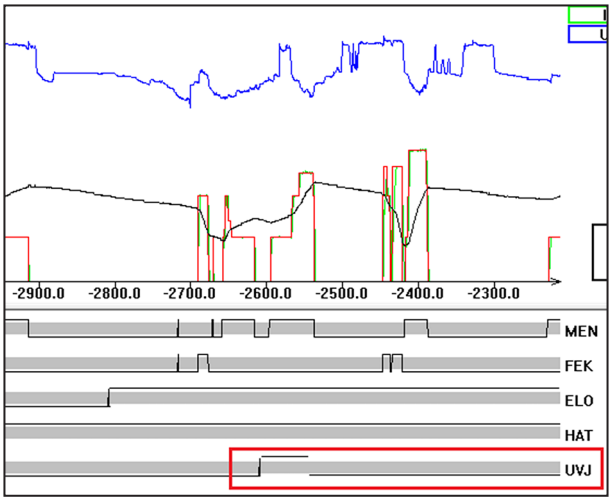
11. ábra

Központi rendszerű,- illetve egyedi (4 db/kocsi) rögzítőfék visszajelzés [saját fénykép]

Módosításra kerültek a menetregisztráló alábbi funkciói (12. ábra):

- a jármű képes állóhelyzetben egyes jeleket, jelváltozásokat rögzíteni; ezek az adatok csak a Menetdia megfelelő verziójú szoftverrel történő kiolvasás esetén állnak rendelkezésre
- a jármű utastéri vészjelzés naplózására képes; az utastéri vészjelzés mindig csak azon a kocsin kerül naplózásra, amelyiken a vészjelzés történt
- javításra került a Menetdia program időbélyeg funkciója.

A BlackBox fedélzeti működési regisztráló berendezés működése is javításra került.



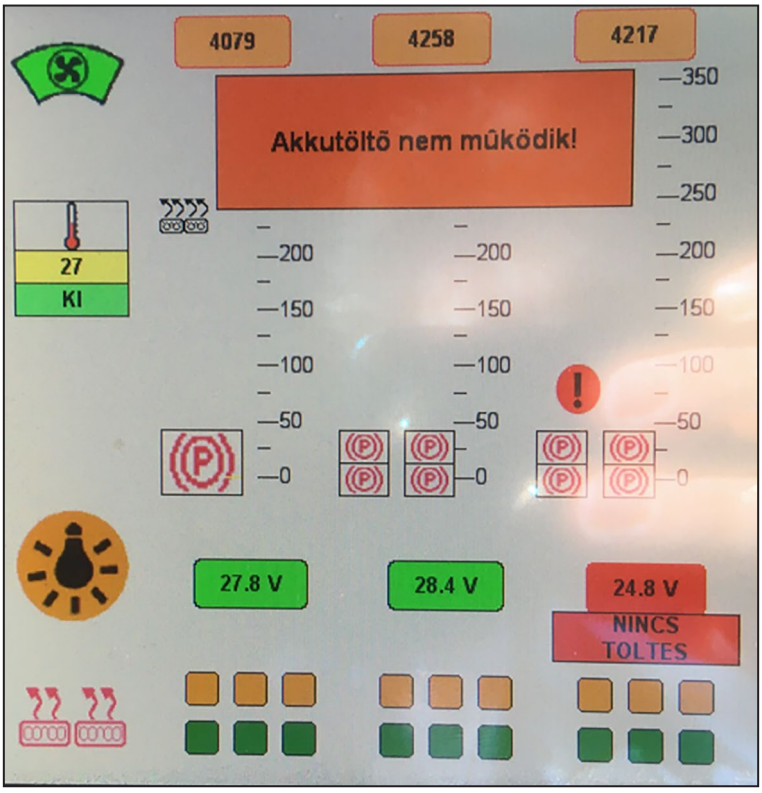
Pozíció[m]	v[km/h]	AJ_[A]	Ia_[A]	Uc_[V]	MEN	FEK	ELO	H...	UVJ	MCS	SF2	RB	NUV	CSP	HFU	MFU	AJZ	SZU	HO...	MFS
Áll	10.11	08:39:12			0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1
Áll	10.11	08:39:12			0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1
Áll	10.11	08:39:12			0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1
Áll	10.11	08:40:02			0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1
Áll	10.11	08:40:02			0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1
Áll	10.11	08:40:02			1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1
Áll	10.11	08:40:02			1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0

12. ábra

Utastéri vészjelzés a menetregisztrátumban [saját fénykép] (MEN, menetparancs; FEK, fékparancs; ELO, előre irány; H…, hátra irány; MCS, motoros csengő; SF2, sínfék 2; RB, biztonsági relé; NUV, nincs utastéri vészfék; CSP, csúszás-pörgés; HFU, helyettesítő fék üzem; MFU, megállító féküzem; AJZ, ajtók zárva; SZU, szükség üzem; HO…, homokszórás; MFS, mechanikus fék saját kocsin)

Jelen típus többféle segédüzemi átalakítóval (statikus átalakítóval) került gyártásra, ez egyes átalakítók esetén akaratlan váltóállítást eredményezhetett. Jelen módosításban a karbantartó személyzet által paraméterezhető az átalakító típusa, ezáltal csökkentve az akaratlan váltóállítás előfordulását.

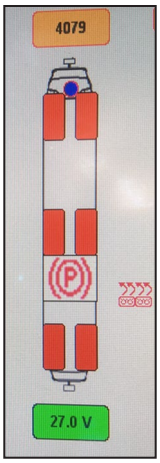
Statikus átalakító meghibásodása esetén, ha a szerelvény bármely kocsiján valamely segédüzemi átalakító leállt, akkor 10 perc elteltét követően a jármű a HMI kijelzőn keresztül felugró ablakban figyelmezteti a járművezetőt (13. ábra). Amennyiben további 10 percen keresztül a jármű irányból kivéve áll (pl. éjszakai tárolás kocsiszínben), akkor a jármű kivezérli a szerelvényt az akkumulátor védelme érdekében. A hibaüzenet a hiba megszűnését követően automatikusan megszűnik.



13. ábra

Segédüzemi átalakító leállásakor felugró üzenet [saját fénykép]

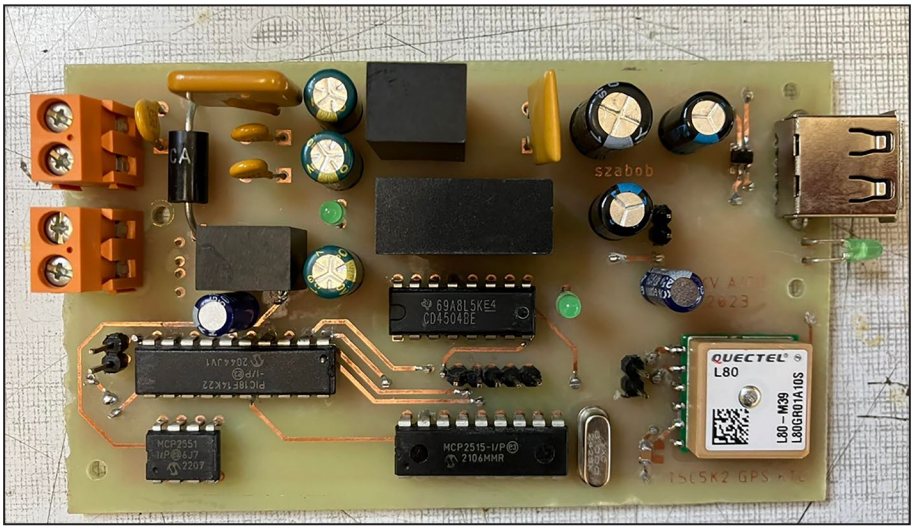
Jelen szoftver képes az automata utastéri fűtőrendszer fogadására. A megfelelő műszaki paraméterezést követően a HMI kijelzőn láthatóvá válik, kocsinként külön megjelenítve, az adott kocsira vonatkozó állapot (nem fűt, fél szakasszal fűt, teljes szakasszal fűt) -14. ábra.



14. ábra

Automata utastérfűtés állapotának visszajelzése [saját fénykép]

A járművezérlő szoftveresen képes CANbus rendszeren keresztül, külső egység által érkező időszinkronizáló jel fogadására. A szinkronizáció abban az esetben történik, ha a jármű legalább 10 perce irányból kivett állapotban áll. A szinkronizálás mindig saját kocsin belül történik és az SCI, PCM, HMI kijelző egységekre terjed ki. A fejlesztés megvalósíthatósága érdekében készített prototípus eszközön ezen kívül kialakításra került egy 5V-os USB-s (Universal Serial Bus, univerzális soros buszrendszer) töltőpont (15. ábra).



15. ábra

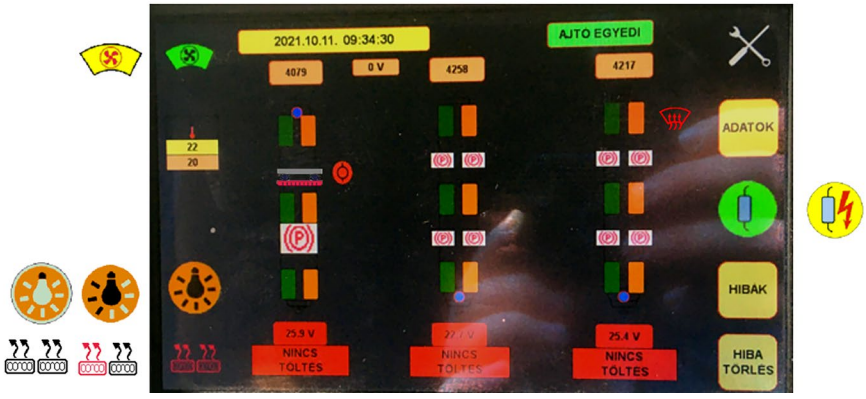
Külső időszinkronizáló egység prototípusa [saját fénykép]

Megvalósult az automatikus téli/nyári időszámítás miatti óraátállítás, illetve az óraátállítás esetleges megszűnésének kezelhetősége a karbantartó személyzet számára.
A korábbiakban a jármű a rögzítőfék befogását követően, fékfokozatról hirtelen 0-ba vagy menetfokozatba történő kapcsolás esetén, különféle CAN hibákat jelzett. Jelen módosításban ez a hibajelenség javításra került.
A korábbi szoftver verzióban tévesen képződő ARMTA (Armatúra túláram) hibák javításra kerültek.
Felülvizsgálatra és módosításra került a KH (Hálózati Kontaktor) működtetésének feltételrendszere, az eszköz amortizációjának csökkentése érdekében. A hálózati kontaktor a sínfék működtetése során nem ejt ki, kivéve valamelyik vészfék funkció működtetése esetén.

2.3 Új fejlesztések

Módosításra került a jármű HMI kezelőszervének kinézete (16. ábra):

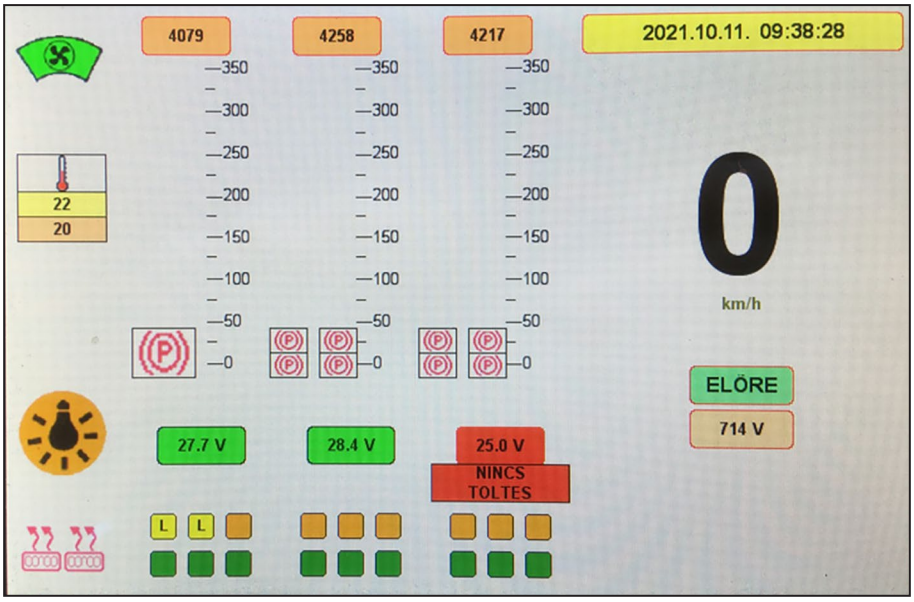
- új ikonok kerültek alkalmazásra
- a HMI kijelző a járművezető által átállítható éjszakai/sötét üzemmódba, a fényerőt állító gombok használatával



16. ábra

HMI kijelzőn új ikonok, valamint éjszakai üzemmód

- korábban a jármű sebességét félkör alakú skálán is követni lehetett, azonban a HMI kijelző mérete miatt ez elhagyásra került; a sebesség értékét jelző számjegyek mérete megnövelésre került (17. ábra)
- a szükségmenet funkcióhoz tartozó sebességkorlát értéke, a megfelelően képzett karbantartó személyzet által paraméterezhetővé vált



17. ábra

HMI kijelző km/h félkör alakú skálájának megszűntetése és a kijelzett sebesség értékének nagyítása [saját fénykép]

- a HMI kijelzőn megjelenítésre került a hajtásselejtezéshez és a szükségmenethez tartozó maximális sebesség értéke
- a HMI kijelzőn a pályaszám jelölése, a jármű kilométer és fogyasztási adatokat mutató menüjében megjelenítésre került
- javításra került a hibanapló funkció működése
- a jármű kijelzőjén megjelenítésre kerültek az áramellátó kocsik; az áramellátó kocsik esetében, a pályaszám zöld színű háttér előtt látható
- a jármű meghibásodása esetén, a járművezetők felé megjelenő hibaüzenetek módosításra kerültek, a későbbiekben is lehetőség van a hibaüzenetek tartalmának módosítására, a megfelelő hozzáféréssel rendelkező karbantartó személyzet által
- a HMI kijelzőn a kiválasztott ajtó üzemmód (egyedi/központi üzemmód) megjelenítésre került.

Az irányváltó henger meghibásodása esetén az eszköz hibájáról a rendszer a járművezetőt hibaüzenet formájában tájékoztatja.

A rugóerőtárolós fék működése finomhangolásra került. Fék 1, 2, 3 üzemmódok esetén a rögzítőfékek teljes szakasszal történő befogásának ideje módosítható a karbantartó személyzet által a megfelelő időtartományon belül. Fék 4, 5 és Vészfék fokozatokon a rugóerőtárolós fék mind két fokozata egyidejűleg kerül működtetésre.

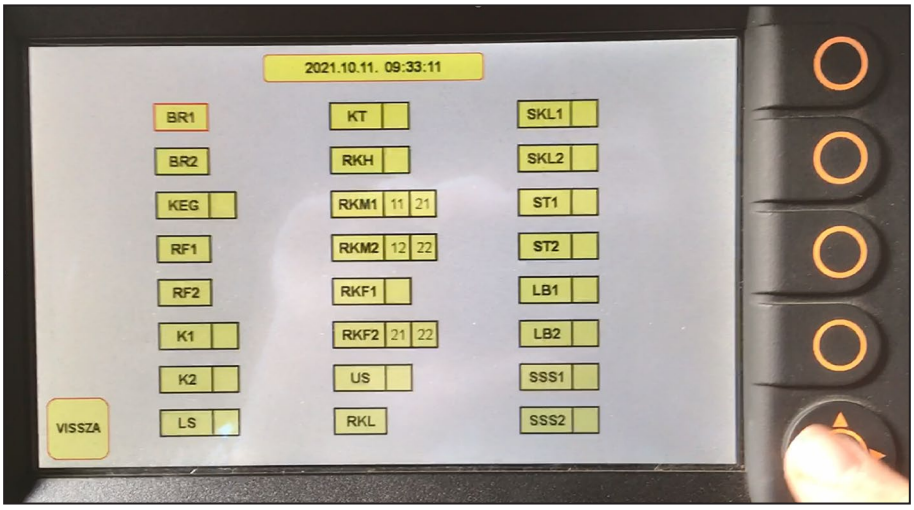
Módosításra került a váltó állít/nem állít funkció működése. Fék fokozaton a váltóállítás funkció nem működik (ennek a jármű elektronikai kialakítása az oka), menet fokozaton a váltó nem állítás funkció inaktív, a jármű egyes egységeinek védelme érdekében. Javításra került a két funkcióhoz tartozó jelzéskép.

Megvalósításra került a sebességhatároló funkció menet és fék fokozatokon:

- aktiválása a kontroller impulzus szerű kibillentésével (menet és fék fokozatokban) lehetséges; a funkció működéséről, a HMI kijelző a járművezetőt tájékoztatja

- deaktiválása a kontroller ismételt kibillentésével, vagy fokozatváltással lehetséges
- a sínfék működtetése esetén a sebességhatároló funkció kikapcsol
- a sebességhatároló funkció automatikusan kikapcsol hálózati feszültséghiány esetén.

A módosított szoftverben lehetőség van a megtett út mérésére, például vágánykereszt vagy egyéb tetszőleges esetekben. A rendszer, a funkció aktiválását követően visszafele kezdi számolni, hogy a szerelvény hosszához képest mennyi utat tett meg a jármű. A szerelvény hosszának távolság megtétele után fény (váltó állít/nem állít nyomókapcsolók együttes felvillanása) és hangjelzés formájában kerül tájékoztatásra a járművezető. A hátralévő úthossz a kijelzőn megjelenítésre kerül. A számlálás a ”hibatörlés” nyomógomb megnyomásával megszüntethető. A jármű egyes kontaktorainak működéspróbája végezhető el a HMI kijelzőn keresztül, abban az esetben, ha nincs hálózati feszültség és az áramszedő levezérelt állapotban van (18. ábra). A kijelzőn a kontaktorok visszajelző segédérintkezőinek állapota behúzott állapotban zöld háttérben kerül megjelenítésre. A kontaktorok kiválasztását a kijelzőn lévő navigációs gombokkal lehet elvégezni, a működtetését a ”hibatörlés” kezelőszervvel lehet megvalósítani. A kontaktorok állapota a winTerm alkalmazásban is megjelenítésre kerül. Az áramszedő felvezérlése vagy hálózati feszültség alá helyezés esetén a kontaktorok alapállapotba kerülnek, a funkcióból automatikusan kiléptetésre kerül a felhasználó. Felengedett áramszedő vagy a hálózati feszültség megléte esetén a funkció nem elérhető.



18. ábra

Kontaktorok működéspróbájának lehetősége a HMI kijelzőn keresztül [saját fénykép]

A jármű egyes kontaktorainak működéspróbáját a WinTerm alkalmazáson keresztül is el lehet végezni, amennyiben az áramszedő levezérelt állapotban van és nincs hálózati feszültség. A kontaktorok állapotát egyidejűleg lehet követni a kijelző ”Kontaktor Teszt” menüjében és a WinTerm alkalmazásban is. Az áramszedő felvezérlése vagy hálózati feszültség alá helyezés esetén a kontaktorok alapállapotba kerülnek.
Megvalósításra került a 4. node-hoz (CANBus illesztő egység) tartozó rögzítőfék bemenetek és kimenetek megjelenítése a winTerm alkalmazásban.
Javításra került a WinTerm alkalmazásban a kontaktorok kapcsolásszámlálása.

A manuális utastérfűtés állapota, a jármű vezérlője által eltárolásra kerül és a korábban beállított üzemmódra kapcsol vezérlés átvételt vagy ki-és bevezérlést követően.
Az utastérvilágítás állapota a jármű vezérlője által eltárolásra kerül és a korábban beállított üzemmódra kapcsol vezérlés átvételt vagy ki-és bevezérlést követően.
Járművezetői fülke fűtés állapota a jármű vezérlője által eltárolásra kerül és a korábban beállított üzemmódra kapcsol vezérlés átvételt vagy ki-és bevezérlést követően.
Elhagyott járművezetői fülke olyan hőmérsékletig kerül fűtésre, mint az aktív járművezetői fülkében beállított. Hármasba csatolt üzem esetén a középső kocsi vezetőfülkéjében a fűtés inaktív.
A vezetőfülke fűtése esetén, a fűtést kikapcsolva, az után-szellőzési idő leteltével a szellőztetés automatikusan kikapcsolásra kerül. A fűtőrendszer túlmelegedése esetén a kijelzőn hibajelző piktogram jelenik meg.
Ajtóműködés módosítása:

- egyedi és központi üzemmód közötti váltás esetén nem szükséges ismételten nyitásengedélyt kiadnia a járművezetőnek; üzemmódváltás esetén az üzemmódváltó nyomókapcsoló kezelését követően kb. 5 másodperc után a szerelvény kiválasztott oldalának ajtói automatikusan átállnak a járművezető által kívánt üzemmódra
- indokolatlan leszállásjelzések megszüntetésre kerültek
- a HMI kijelző és a leszállásjelzéshez tartozó berendezés képes központi ajtó üzemmódban is megjeleníteni leszállásjelzést, az egyedi üzemmódhoz is tartozó módon
- egyedi és központi üzemmódban egyaránt lehetőség van az ajtózárás jelzést, vagy ajtózárást megkezdő ajtók visszanyitására, a megfelelő oldalon történő nyitásengedély ismételt kiadásával
- az ajtó nyitás végrehajtásának feltétele, a szerelvényen vagy a kocsin belül valamely rögzítőfék befogása és a nulla sebességjel megléte; ez alól kivételt képez a szükségmenet funkció bekapcsolásának esete
- amennyiben a nulla sebesség jel előtt a járművezető az ajtónyitó gombot 3km/h alatt egyszeri megnyomással működteti, akkor a nulla sebesség jel megjelenését és valamely rögzítőfék működését követően, az ajtók, az ajtónyitó gomb újbóli kezelése nélkül azonnal nyílnak; a menetre kapcsolás, vagy az ajtózáró gomb megnyomása a nyitási előengedélyt törli
- javításra kerültek a különböző ajtóhibákhoz tartozó jelzésképek
- ajtóhiba helyreállítását követően nem szükséges a hibatörlés elvégzése; a kommunikáció helyreállását a rendszer automatikusan kezeli.

A DCU1.0 típusú ajtóvezérlővel felszerelt járművek az alábbi többletfunkcióval rendelkeznek:
Az ajtó felszálláskérő előengedélyes működése az alábbiak szerint: 3km/h sebesség alatt a felszálláskérő gombok megnyomása eltárolásra kerül, majd 0 sebesség jel megjelenésekor a járművezetői nyitásengedélyt és a RET (rugóerőtárolós fék) befogását követően az ajtók eltárolt állapotától függően történő nyitása. Az ajtózáró gomb megnyomása a nyitási előengedélyt törli.
Az ajtózárás nyomógombot lenyomva tartva, ha 2 másodperc után kerül felengedésre, akkor a járművön – közrezárás elleni védelem működése mellett - egyből csukódjanak az ajtók. Ha 2 másodpercen belül kerül felengedésre, akkor összesen 2 másodperc után záródjanak.
Az ajtó gyorszárás funkció megvalósítása: Ajtózárás gombot 2-szer röviden megnyomva az ajtók azonnal záródjanak.
Egyedi ajtónyitás esetén, amennyiben az automatikus záródás elkezdődik, vagy végbe is ment, úgy az „ajtónyitás” nyomógombbal azon ajtók nyithatók legyenek, amelyek nincsenek nyitva vagy éppen záródtak.

Központi ajtónyitás és „infra” módba kapcsolt üzemmódkapcsoló esetén mindig működjön az infrás visszazárás. Ezáltal az ajtók záródjanak vissza és legyen lehetőség kinyitni az ajtónyitó (külső-belső) nyomógombokkal.

Konklúzió

Az elmúlt időszak jól bizonyította, hogy a tömegközlekedés területén hosszútávon elengedhetetlen egy nagy darabszámban üzemeltetett járműtípus utógondozása során a korszerűsítés, a kellő szaktudás, a megfelelő humán, illetve műszaki támogatottság, valamint proaktivitás. A korszerűsítés folyamatát, és annak nehézségeit végig járva elmondható, hogy a szoftverfrissítés végső szakaszába léptünk, melynek keretében végezzük a szoftver finomhangolását, illetve folyamatos egyeztetés zajlik a különböző társszolgálatokkal és a hatósággal. Mindent összevetve a szerint a jelenleg frissítésre kerülő járművezérlő szoftver célja a korábban felmerült hiányosságok és problémák javítása, valamint a járművezetői és a műszaki igényeket kielégítő fejlesztések megvalósítása, az utazási komfort növelése. A fejlesztésnek köszönhetően elháríthatóvá váltak az évek alatt felemerült hibák, másrészt egy korszerűbb, a mai igényekhez jobban igazodó járműpark közlekedtetése valósulhat meg.

Irodalomjegyzék

[1] Szabó Balázs Béla: Precíziós, CAN-busz rendszerbe illeszthető időszinkronizáló egység – Diplomamunka

[2] http://www.skd.cz/DE/tramvaje/gifs/T5C5.jpg

Zaj- és rezgéscsökkentés aktuális helyzete a pályaszerkezeti elemek oldaláról a budapesti közúti vasúti villamos vonalhálózaton

Dr. Kiss Csaba

BKV Zrt. Villamos Üzemigazgatóság
telefon: +36 70/390 8716
e-mail: kisscsl@bkv.hu

Abstract

A közúti vasúti közlekedéssel együtt jár a zaj és rezgés keletkezése is, ami kellemetlen környezeti terhelést jelent. Csökkentésükre számos megoldás kínálkozik mind a jármű, mind a pálya oldaláról. Utólag alkalmazott módszerek helyett javasolt előre tervezni alkalmazásukat.

Kulcsszavak: *zajcsökkentés, rezgéscsökkentés, sínkarbantartás, sínköszörülés, sínfejkondicionálás, csikorgáscsökkentő felrakóhegesztés*

Bevezetés

A keletkező zaj és rezgés egyelőre sajnos velejárója a közlekedésnek. Vannak zajosabb és kevésbé zajos járművek, és a kötöttpályás közlekedésnél a kerék és sín kapcsolatából is zaj keletkezik. A járművek mozgása és terhelése által keletkezett rezgés a talajon keresztül kellemetlen hatást kelthet a pályán kívül is. Emiatt a BKV Zrt-hez beérkező észrevételek egyik témája a zaj és a rezgés kérdésköre.

1. Néhány eset bemutatása

A **Nagyenyed utcá**ban elvégzett beavatkozás előtt mobil sínkenéssel történt az ívben haladó villamosok csikorgó zajának csillapítása, ezért nem volt jellemző zajra érkező észrevétel. A pálya felépítménye a beavatkozás után a korábbiakhoz képest nagyobb tömegű, ragasztott felépítmény lett, mely a környezeti terhelést a korábbi pályához mérten jelentősen mérsékeli. A sínek mobil kenése tovább folytatódott, ugyanolyan gyakorisággal, mint a beavatkozás előtt. Ennek ellenére megjelentek a lakossági panaszok a csikorgó zajhatás miatt. A zaj csökkentésére a kenési gyakoriság további növelése azonban vasútbiztonsági szempontból aggályos, mert a vágány magassági vonalvezetése miatt (30 $\%_o$-et meghaladó) fokozottan kell ügyelni arra, hogy a fékút távolságok ne növekedjenek meg. Valószínűleg a beavatkozás utáni jobb pályaállapot hatására az egyéb zajok és rezgések jelentősen lecsökkentek, emiatt a csikorgó zaj bár nem erősödött, de dominánssá válhatott.

Etele út – Fehérvári út: A néhány éve megépült 1-es villamos viszonylat (20 sz. vonal) meghosszabbítása a Fehérvári úton keresztezte a 17-41-47 villamos viszonylatok (27 sz. vonal) pályáját. Az 1-es villamos új, Etele téri végállomásig történő közlekedése előtt a Fehérvári úton már folyt a villamos forgalom, és a csökkentett vályúmélységű átszelések vályúfeneke a forgalom hatására már 1-5 mm-t kikopott. Az 1-es villamos megindulása után ezen a kis vályún a villamosok mindegyik kereke zökkent egyet, zajhatást okozva. A megnyugtató megoldást itt a szerző javaslata alapján elvégzett felrakó hegesztéses javítás hozta, melynek során a különböző mélységben kikopott vályúfenekek egyenlő szintjét biztosítani lehetett. Ezzel a villamosok megfelelő, zökkenőmentes futása létrejött, a kellemetlen zajhatás lecsökkent.

Egy vidéki város közúti vasúti vonalhálózatának bővítése elért olyan városrészhez, ahol korábban nem közlekedett villamos. Az új íves vágányra zajcsökkentés érdekében sínkenő berendezést telepítettek. A forgalom megindulásával a lakossági panaszok is jelentkeztek, az elviselhetetlen zajhatásra hivatkozva. A zajmérés azt mutatta, hogy a zaj kisebb lett a korábbi, villamos előtti állapothoz képest, csak amíg a korábbi közúti zajhoz a környéken lakók valószínűleg hozzászoktak, addig a villamos új zajhatása szokatlan volt és ezért nehezen volt figyelmen kívül hagyható. A sínkenő berendezést más típusúra cserélték, de ez még mindig nem érte el a kívánt hatást. Ezért az üzemeltető változtatott a sínkenés módszerén, ami végül meghozta az eredményt.
A fenti esetek azt mutatják, hogy a zaj és rezgés problémája sokféleképpen felmerülhet, és fontos, hogy csillapításukra az adott esetnek megfelelő megoldás szülessen.

2. Közúti vasúti zaj

A nagyvasúti pályák a vonalhosszakat tekintve legnagyobb szakaszaikat lakott területen kívül teszik meg, a közúti vasút vágányok a lakott területen belül vezetnek. A nagyvasúton a sebesség, a tengelyterhelés és az ívek sugara nagyobb, a közúti vasúti forgalom a belvárosi részen sűrűbb. Az épületek a nagyvasúttól általában távolabb, a kisajátítási határon kívül találhatók, közúti vasút esetében azonban előfordul az épülettől néhány méterre vezetett vágány is. A körülmények különbözők, a keletkező zaj- és rezgésterhelés is különböző. Közúti vasút esetében az egyenes vágányon a jármű menetzaján kívül a sín- vagy pályahibák keltette zaj és rezgés hatása okoz kedvezőtlen élményt, ívekben a kerék és sín érintkezéséből eredő csikorgás a domináns.

3. Mivel lehet a környezetre gyakorolt hatást csökkenteni?

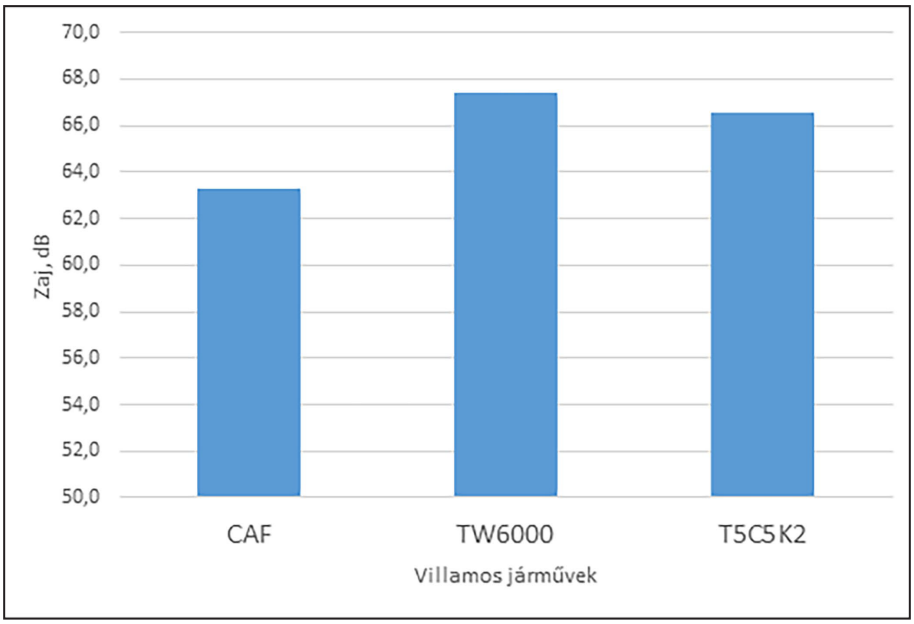
A keletkező zaj és rezgés kellemetlenségeinek kiküszöbölésére több lehetőség kínálkozik.

3.1 Sebességcsökkentés

A legegyszerűbb lehetőség a közlekedési sebesség csökkentése. Általános tapasztalat, hogy a keletkező hatások kisebbek, ha a menetsebesség is kisebb. A gördülési zaj esetén 9 dB csökkenés érhető el, ha a sebességet a felére csökkentjük [1]. A sebesség csökkentése azonban nem lehet cél, mert azzal az eljutási időt növeljük, a menetrend tarthatatlanná válhat. Sok utazó számára fontos a gyors eljutás az utazási célhoz, ezért a sebességcsökkentés helyett javasolt más módszer alkalmazása.

3.2 Lehetőségek a járművek oldaláról

Megfigyelhető, hogy a különböző típusú járművek okozta menetzaj nem egyforma. Néhány típus ívben történő, sínfejkondicionáló anyag segítségével csikorgáscsökkentett haladásakor keletkező zaj mértékét szemlélteti az 1. ábra.



1. ábra

Különböző villamos járművek sínfejkondicionáló anyaggal csikorgáscsökkentett, ívben történő haladásakor keletkezett zaj, dB

A járművek fékezésekor keletkező zaja is lehet feltűnő. Ez sajnos egy adottság, a felgyorsított járművel a megállóhelyeken vagy forgalmi okokból lassítani és megállni szükséges, ehhez fékberendezést kell használni. A különböző típusú járművek fékezési zaja különböző, általában a korszerűbb járművek kisebb zajjal fékeznek.

Természetesen mindegyik üzemeltető a legkisebb gördülési-, fékezési menetzajjal rendelkező, legcsendesebb járműveket közlekedtetné, de az észszerű gazdálkodás megkívánja, hogy a többi járművet is felhasználva folyjon a járművek forgalomba adása. Az élettartamuk határát elérő régebbi járművek kivonását és helyettük új járművek beállítását az üzemeltetők figyelembe veszik a szolgáltatás hosszútávú tervezésénél.

3.3 Lehetőségek a pálya oldaláról

Zajcsökkentő megoldásként kézenfekvő és általában mindenkinek eszébe jut a **zajvédő fal**, ami most már megszokott látvány autópálya bevezető szakaszok, vagy a nagyvasút mellett. Ez közúti vasútnál azonban – amelynek vonalhálózata jellemzően sűrűn beépített területeken vezet a városon belül – nem jöhet szóba, mert korlátozza a térérzetet, városképi szempontból, vagy az elválasztó hatása miatt ellenjavallt. A 2. ábrán [2] nagyvasút melletti zajvédő fal látható, ami helyszűke miatt nem megvalósítható, és valószínűleg jól sem mutatna az épületek között vezető közúti vasúti vágányok mellett. Az épületektől távolabbi vágány esetén pedig már szükségtelen is lenne, mert a zajszint a távolsággal arányosan csökken.



2. ábra

Zajvédő fal Budapesten [2]

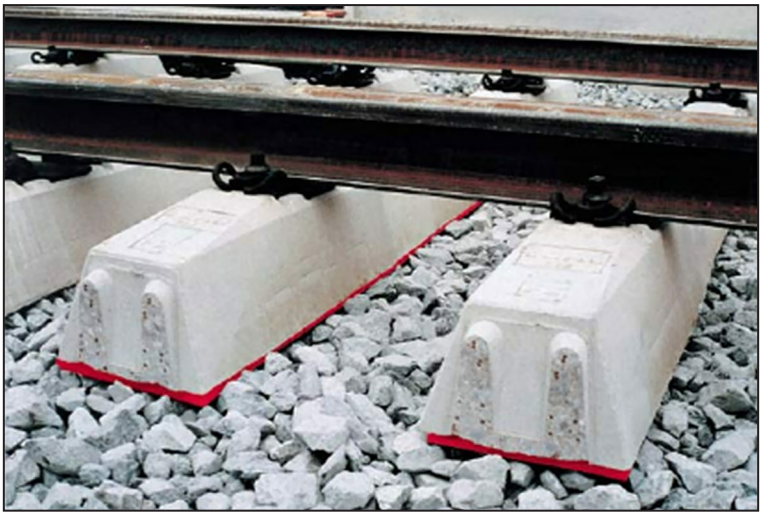
A pályaszerkezeti megoldások tárgyalása előtt elöljáróban megjegyzendő, hogy a pálya a jármű elhaladása során keletkező számos más zajforrással együtt határozza meg a vasúti közlekedés eredő zajszintjét, és jó állapotú vasúti pálya esetében a pálya oldaláról tett intézkedésekkel csak kisebb mértékű zajcsökkentés érhető el [3]. Ezért törekedni kell a megfelelő pályaszerkezet kiválasztására és alkalmazására, illetve a megépített pálya jó karbantartására. A Közúti Vasúti Infrastruktúra Tervezési Irányelvek [4] a felépítmény kiválasztás tucatnyi szempontjai közül az életciklus-költség mögött rögtön mindjárt második helyen említi a zaj- és rezgéscsillapítási szempontokat.

3.3.1 Pályaszerkezeti megoldások

Többféle típusú pályaszerkezettel találkozunk beépítve, ezek több elemből állnak, ezért az itt kínált megoldások is többfélék.

A **zúzottköves felépítmény** zaj- és rezgéscsökkentőnek vélt elemei között pl. a vasbeton aljakra szerelt aljpapucsokkal, rugalmas leerősítésekkel, vagy a sín hevederkamrájába épített kamraelemekkel találkozhatunk. Az alkalmazható termékek tekintetében több gyártó is rendelkezésre áll kifejlesztett megoldásaikkal.

Az **aljpapucs** a vasbeton alj alsó síkjára felhordott/ragasztott elasztomer réteg (3. ábra, [5]), mely rugalmas elemként csökkenti az érintkezési nyomást az alj és a zúzottkő között. A betonalj fekvését stabilabbá teszi, lassítja a zúzottkő romlását. Alkalmazásával a vágány tovább megtartja jó fekvését, növeli a szabályozási ciklusidőt, csökkenti a költségeket és növeli a pálya élettartamát. Rugalmas rétegként gátolja a rezgés terjedését, azonban a levegőben terjedő zaj csökkentésére nem alkalmas [3].



3. ábra
Aljpapuccsal ellátott vasbeton alj beépítése zúzottkő vágányba [5]

A **sínleerősítések** elsődleges feladata a nyomtávolság és a pályageometria biztosítása, a sín és az alj összekapcsolása, lehetőleg rugalmas módon. A rugalmas sínleerősítések a gördülő kerék hatására rezgésbe került sínszál rezgését csillapítják, de környezetre gyakorolt hatásuk nem egyértelmű: a sínleerősítések rezgéscsillapítása frekvenciafüggő. Alkalmazásuk esetén a rezgés a felépítményi szerkezet felsőbb részein nő, az alsóbb részek felé továbbított rezgés csökken, a zajszint pedig növekszik [3].
A **kamraelemek** a sín hevederkamrájába vannak szerelve vagy ragasztva, egy-egy típusuk kifejezetten zaj- és rezgéscsillapító hatással kerül a vágányba (4. ábra, [6]). A szerelt kamraelemekkel 2-3 dB(A) zajcsillapítás érhető el, ragasztással beépített elemek esetén a csillapítás magasabb is lehet [3]. A BKV Zrt. M4 vonal járműtelepén (5. ábra), továbbá a MILLFAV vonalán ragasztott Sofidon kamraelemek vannak beépítve.



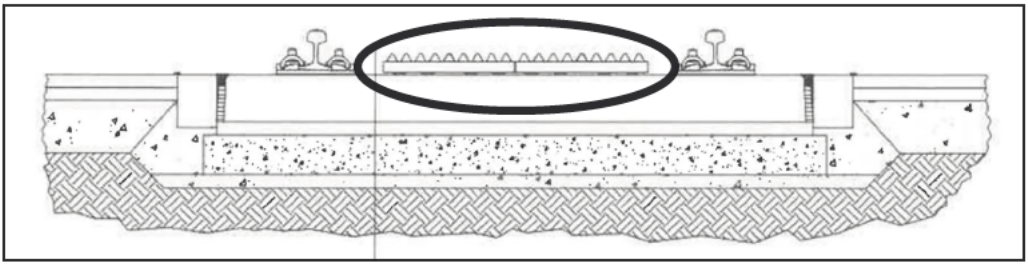
4. ábra
Szerelt STRAILastic_A inox 2.0 típusú zajcsökkentő kamraelem [6]



5. ábra

Sofidon kamraelemek ragasztással beépítve az M4 vonal járműtelepén

A közúti vasúti pályák jelentős része burkolt vágány. A füves burkolat kivételével a burkolt felület visszaveri a közlekedés okozta hangot. Ahol a burkolt vágányon gumikerekes közlekedés nincs, alkalmazható a felületre ragasztott vagy csavarozott **zajcsillapító elem**, mellyel 3 db(A) zajcsillapítás is elérhető [7] (6. ábra, .



6. ábra

Frankó Rubber ZL-78 zajcsillapító elem EasySlab előregyártott vasbeton panelon [7]

Földalatti vagy magasvasúti vonalaknál is javasolt rezgéscsillapító megoldás a **tömegrugó**. Közúti vasúti alkalmazására a 7. és 8. ábrákon látunk egy svájci példát. A megoldás elve, hogy a vágány nagy tömegénél fogva nehezen gerjeszthető, illetve a nagy tömegű beton ágyazat csillapító anyaggal el van választva a környezetétől, így a rezgések nem képesek tovaterjedni.



7. ábra

Tömegrugó alkalmazása közúti vasúton, beton ágyazat elkészítése előtti állapot

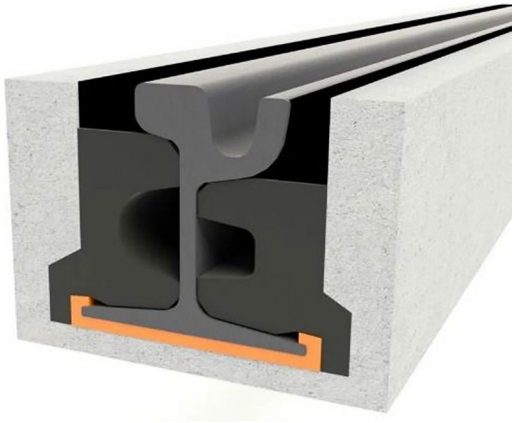


8. ábra

Tömegrugó alkalmazása közúti vasúton, beton ágyazat elkészítése utáni állapot

A legnagyobb forgalmi terhelésű budapesti vonalakon az utóbbi évtizedekben került alkalmazásra a **rugalmasan alátámasztott, folyamatos sínágyazású** (RAFS) **felépítmény**. A felépítménytípus három változatát különböztetjük meg attól függően, hogy tartalmaznak-e leerősítéseket, illetve a sínágyazás profilelemekkel vagy sínkörülöntéssel történik. A RAFS felépítmény esetén

a sín ágyazásánál a megfelelő ágyazó anyag kiválasztásával rezgés- és zajcsillapítás érhető el, melyet a megrendelő elvárásainak megfelelő rugalmasságúra lehet hangolni (9. ábra, [8]).



9. ábra
edilon)(sedra SDS zajcsökkentő, rugalmasan alátámasztott, folyamatos sínágyazású rendszer [8]

3.3.2 Közvetlenül a sínt érintő megoldások

Mivel a sín-kerék kapcsolatban a pálya oldaláról a sín az első elem, mely a zaj- és rezgéskeltésben részt vesz, érdemes a sínt megvizsgálni, milyen intézkedésekkel lehet a káros hatásokat csökkenteni.

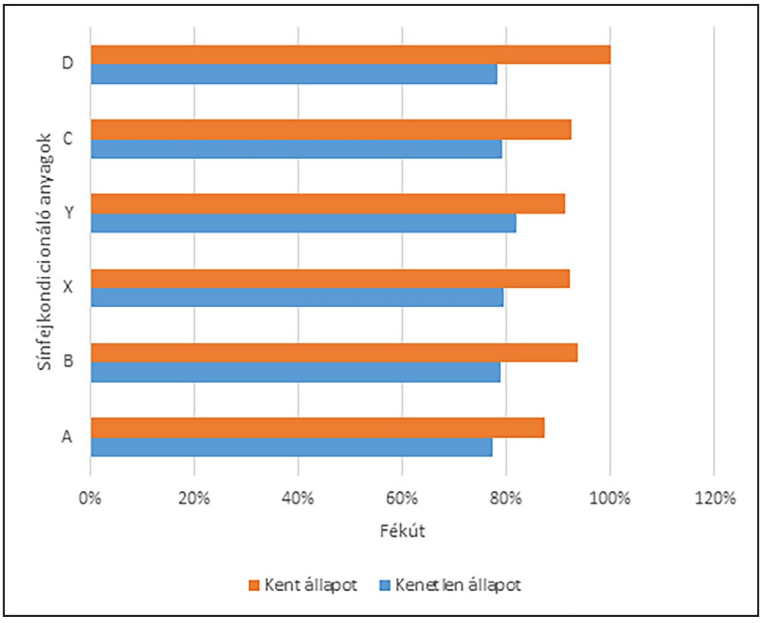
A **sín állapota** egy meghatározó tényező ebből a szempontból, mert egy jó felületi állapotú futó- és vezetőfelülettel rendelkező sínfejen kevesebb zaj keletkezik, mint egy hibás, töredezett (10. ábra) vagy hullámos kopású sínfejen.



10. ábra
Nagy forgalmi terhelés következtében kitöredezett futófelületű vályús sín

A felületi, nem mély sínhibák és a hullámos kopás kezelésének és megelőzésének módszere a rendszeres **sínköszörülés**, mellyel jó minőségű sínfelület biztosítható. A BKV Zrt. saját üzemeltetésű, VM8000 típusú sínköszörű munkagépével a vonalhálózat ciklikus köszörülésére kerül sor. Az üzemszüneti idő és a vágányzárak kihasználása 3-5 éves periódust tesz lehetővé, évi 60-130 vágánykilométer sínmegmunkálásával. A frekventált, nagy forgalmú Nagykörút köszörülése évente megtörténik, ezenkívül hibajavító köszörülésre kerül sor mérések vagy egyedi igények alapján. A rendszeres köszörülésnek köszönhetően a sínek elhasználódása mérséklődik és élettartamuk nő.

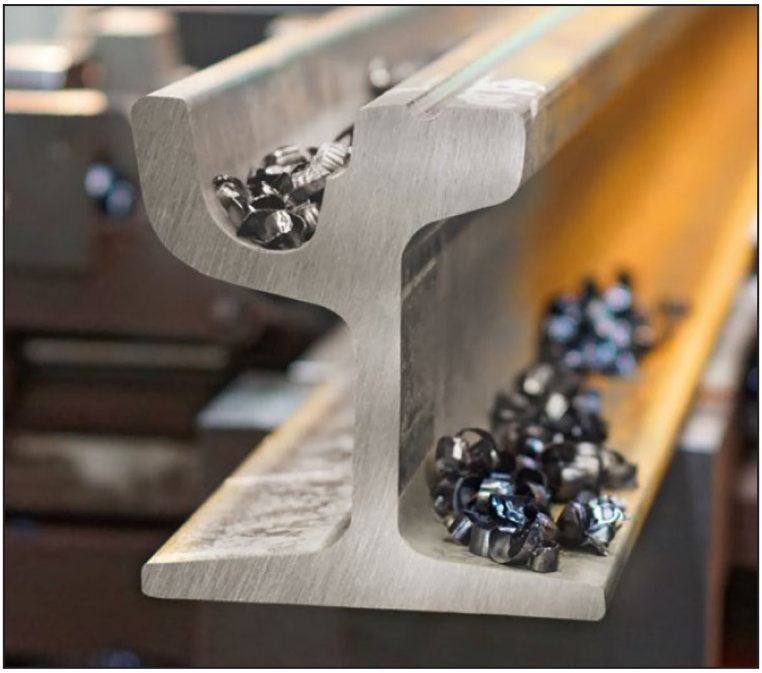
Régóta alkalmazott módszer a csikorgás csökkentésére a **sínkenés**, mely szintén alkalmas a sín élettartamának növelésére, akár háromszorosára is hosszabbíthatja azt [9]. Annak érdekében, hogy a villamos járművek fékezés esetén az előírt távolságon belül megálljanak, a futófelületen olyan sínkondicionáló anyagot kell alkalmazni, mely a fékezés hatékonyságát nem befolyásolja számottevően. A kondicionálóanyagok olyan összetevőket tartalmaznak, melyek a kenőanyagokhoz képest jobb fékezési tulajdonságokat tesznek lehetővé [10]. Hat különböző sínkondicionáló anyag vizsgálata azt mutatta, hogy extrém nagy mennyiségű, 1 ml/sfm mennyiség sín futófelületre adagolása esetén a kísérletben vizsgált három villamos jármű típus féktávolsága az előírt határértéken belül maradt (11. ábra, [11]) (az ábrán a 100 % mutatja az adott sebességhez előírt fékutat). Annak érdekében, hogy előre nem látható körülmény esetén is teljesüljön az előírt féktávolságon belüli fékezés, a megengedett maximális kijuttatott sínfejkondicionáló anyag mennyiségét 0,8 ml/sfm-ben határoztuk meg. A sínfejkondicionálásnál ennél lényegesen kisebb mennyiségek adagolására kerül sor ténylegesen, melynél cél, hogy a kijuttatott anyag mennyisége a környezettudatossági és biztonsági szempontokat figyelembe véve az optimális minimumon maradjon, annak érdekében, hogy a zajcsökkentés megvalósuljon, és a villamosok fékútja is az előírt határértéken belül maradjon.



11. ábra

Fékút különböző sínfejkondicionáló anyagok esetén [11]

A sínkenés és -kondicionálás megvalósítható közlekedő villamos járműre vagy pálya mellé telepített berendezésekkel, speciális sínkenő célgépkocsi alkalmazásával vagy kézi módszerrel. A villamosok segítségével alkalmazott sínkenő- vagy kondicionáló anyag lehet megegyező a pálya mellé telepített berendezésekben alkalmazott olajjal vagy zsírral, de lehet attól eltérő, pl. grafitból készült szilárd rúd is alkalmazható. A mobil sínkenő gépkocsiban alkalmazott anyag olaj típusú, ahogy a kézi módszerrel, ecsettel vagy permetezéssel kijuttatott is. A pálya mellé telepített berendezések általában az íves vágányrész elejére kerülnek, majd a furatokon vagy kenőlapokon, -applikátorokon sínre kerülő anyagot a kerekek viszik tovább a sínen.
A BKV Zrt. közúti vasúti vonalhálózatán jelenleg 78 ilyen berendezés található, és továbbiak telepítése is hamarosan megvalósul beruházás keretében. Rendszeres felügyeletüknek és karbantartásuknak köszönhetően a környezetükben a zajcsillapítás folyamatos.
A sín állapotjavító beavatkozása a **felrakó hegesztés** [10]. Alkalmas a sínhibák javítására, ezzel az egyes lokális, zajhatást okozó hibákat ki lehet javítani, mely után megszűnik a járművek haladása közben jelentkező „ropogás" vagy „ütő" hanghatás. A hibajavításon kívül a felrakó hegesztés alkalmas megelőző intézkedésként is: speciális anyaggal történő kivitelezése alkalmas **csikorgáscsökkentő hegesztés**ként funkcionálni. A sínek futó- és vezetőfelületére, a kerék-sín találkozási felületekre kerül a hegesztési varrat, mely nagy keménységével kopásállóbb a felhegesztett sínnél, ugyanakkor biztosítja a csikorgás csökkentését. A „gyári" megoldásban mindjárt az új sínek legyártása után kimart vályúkba történik a felrakó hegesztés, mely az ideális műhelykörülményeknek köszönhetően rendkívül nagy keménységű, kopásálló, csikorgáscsökkentő, és akár 90 %-kal csökkenti a kerékkopást is [12] (12. ábra, [12]).



12. ábra

„Gyári" csikorgáscsökkentő felrakóhegesztéshez előmart vályús sín [12]

A „mobil” megoldásnál a hegesztő berendezést (13. ábra) és a felszerelés egyéb tartozékait egy erre a célra kialakított, áramátalakítóval felszerelt műhelykocsi szállítja a megépített vágányhoz. A pályában fekvő, már oldalkopott sín kopási profiljába és a futófelületre kerül a speciális hegesztési varrat, mely szintén kopásálló és csikorgáscsökkentő, azonban a terepi körülmények miatt tulajdonságaikban a „gyári” megoldás mögött maradnak.



13. ábra

„Mobil” csikorgáscsökkentő felrakóhegesztés hegesztő kiskocsija

A csikorgáscsökkentő hegesztések Európában elterjedt megoldásnak számítanak, Németországban, Svájcban, Ausztriában stb. is alkalmazzák. Budapesten „gyári” csikorgáscsökkentő hegesztés a Kossuth téren került a közúti vasúti ívekbe, mobil megoldásra a Vidra utcában találunk példát.

Konklúzió

A zaj és a rezgés oka többféle lehet, ezért többféle módszer alkalmazható csökkentésükre. Igény felmerülése esetén általában megtalálható az adott helyre a megfelelő megoldás.
Pályával kapcsolatos felújítást/beruházást tervezőknek javasolható, ha az ívviszonyok, környezeti körülmények azt vetítik előre, hogy esetleg többlet zajjal vagy rezgéssel kell számolni, érdemes a rendelkezésre álló eszközöket, módszereket alkalmazni akkor is, ha a környezeti terhelés

egyébként a felújítás/beruházás után várhatóan a határértékek alatt marad. Így megelőzhető, hogy egy befejezett építési munka után esetleg utólag, pótlólagos ráfordítással legyen szükséges beavatkozni.
Jól karbantartott közúti vasúti pálya esetében a pálya oldaláról már csak kisebb mértékű további zajcsökkentés érhető el, ezért törekedni kell a megfelelő pályaszerkezet kiválasztására és alkalmazására, és a megépített pálya megfelelő gondozására kiemelt gondot kell fordítani.
A sínkenési módszerek gyakorlatának vizsgálata azt igazolja, hogy a megfelelően kiválasztott megoldás a hozzáértő gondozástól, megfelelő karbantartástól tud tartósan hatékony maradni.

Irodalomjegyzék

[1.] Thompson, D. "Introduction", in: Thompson, D. (Ed.), Railway Noise and Vibration: mechanism, modelling and means, 1st Edition, Elsevier Ltd., Oxford, 2009, pp. 1-10. ISBN 978-0-08-045147-3, https://doi.org/10.1016/B978-0-08-045147-3.00001-3

[2.] https://www.google.com/maps/@47.4850908,19.1968347,3a,75y,285.66h,94t/data=!3m6!1e1!3m4!1sCrSBVwv2ygtqydKgdSx_zg!2e0!7i16384!8i8192?entry=ttu (2023.06.09)

[3.] Csortos G.: A vasúti pályaszerkezeti elemek környezetet terhelő zaj- és rezgéshatásai és azok csökkentése, Doktori értekezés, Budapest, 2023

[4.] Közúti Vasúti Infrastruktúra Tervezési Irányelvek, Budapest, 2019

[5.] https://www.researchgate.net/publication/272815724_Experimental_investigation_of_railway_track_with_under_sleeper_pad (2023.06.08.)

[6.] STAILastic Schallschutzsysteme, Kraiburg Strail GmbH., Tittmoning, https://www.strail.de/wp-content/uploads/2023/04/STRAILastic_RAIL-Brochure_de_low_rev3-3.pdf (2023.06.09.)

[7.] Tervezési segédlet és alkalmazástechnika EasySlab előregyártott vasbetonlemezes vágányrendszerhez, Baum Kft., Budapest, 2021

[8.] https://www.edilonsedra.com/system/sound-damping-system/?_gl=1*1if31o*_up*MQ..*_ga*NzY5MDc1NTI4LjE2ODYzMDY2ODU.*_ga_8C71321L5R*MTY4NjMwNjY4NS4xLjAuMTY4NjMwNjY4NS4wLjAuMA.. (2023.06.09.)

[9.] https://www.hy-power.eu/rls_vorteileinfos.php?sprache=en (2023.06.09.)

[10.] Kiss Cs. – Sándor T. – Szarvas Lajos: Milyen sínt válasszunk? – A közúti vasúti pályában alkalmazott sínek, Innorail Magazin, IX. évfolyam, 2022/1, 52-55

[11.] Kiss Cs.: Sínfej-kondicionáló anyag fékezésre gyakorolt hatásának vizsgálata TriboRoll készülékkel, XIII. Városi Villamos Vasúti Pálya Nap, Debrecen, 2020. február 25.

[12.] https://www.gt-railservice.com/fileadmin/gtr/user_upload/PDF/Goldschmidt-Rail-Services-DE.pdf (2023.06.09.)

A MILLFAV járművek vázszerkezetének vizsgálata a várható élettartam meghatározása céljából

Dr. Hartványi Tamás[1] – Hudacsek Péter[2] – Dr. Turcsán Tamás[3]

[1] Széchenyi István Egyetem Logisztikai és Szállítmányozási Tanszék
telefon: +36 30 9291118
e-mail: hartvanyi@sze.hu

[2] Széchenyi István Egyetem Szerkezetépítési és Geotechnikai Tanszék
telefon: +36 30 3406938
e-mail: hudacsek@sze.hu

[3] eCon Engineering Kft.
telefon: +36 30 3523487
e-mail: tamas.turcsan@econengineering.com

Abstract

Az M1 viszonylaton jelenleg is közlekedő járművek 50 éve vannak forgalomban, ami jelentősen túllépte a gyártó által megadott 30 éves üzemeltetési határértéket. Mivel új járművek beszerzése még nem indult el, további legalább 8-10 éves időtávban szükségesnek látszik a jelenlegi járműpark üzemeltetése, miközben a járművek jelentős részében szerkezeti repedések jelentek meg. A cikkben bemutatjuk azt a vizsgálatsorozatot, amelynek célja a repedések okának feltárása, a járművek várható élettartamának meghatározása és a repedések megakadályozását biztosító műszaki beavatkozási lehetőségek kidolgozása.

Kulcsszavak: *M1 földalatti vasút, vasúti járművek élettartam meghatározása, szerkezeti feszültség mérések, CAD modellezés, végeselemes szimuláció*

Bevezetés

Az M1 viszonylaton jelenleg is utasforgalmat bonyolító GANZ által gyártott 3 részes csuklós járművek közül 21-et 1973-ban állítottak forgalomba, míg további két járművet 1986-ban kapott a vonal. A gyártó a csuklós járművekre 2.100.000 km-t, vagy 30 évet adott meg, mint üzemeltetési határértéket. Jelen pillanatban a járművek átlag életkora közel 50 év, valamint az átlag futásteljesítményük is meghaladta a gyártói ajánlásokat.

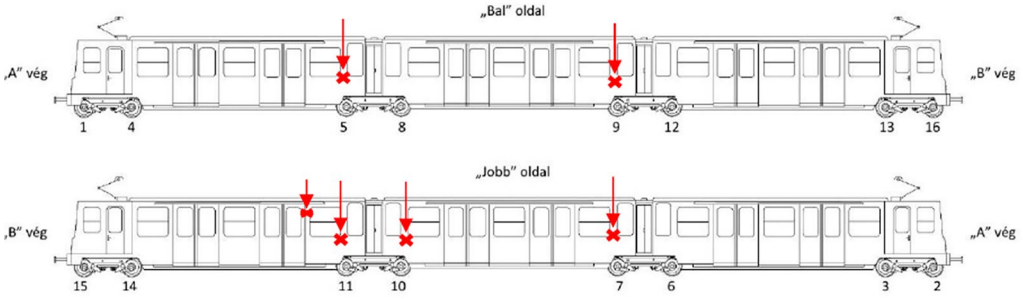
A Millfav járművekkel az üzembehelyezésüket követően rövid idővel jelentkeztek futási, illetve szilárdsági problémák. A korábbi évek vizsgálatai ([1], [2], [3]) szerint a kocsiszekrény által okozott statikus, esetleges gyártási, vagy üzemeltetési szekrénydeformációból adódó többletterhelés, valamint a pálya felől érkező dinamikus hatások szuperponálódó terhelése kiválthatja a feszültség koncentrálódási helyeken a repedések megjelenését.

A BKV 2022-ben kiadott a Millfav járművek kocsiszekrény repedéseinek mérési és dokumentálási utasítása [4] alapján teljeskörű feltárást végzett a járműparkon, és megállapította, hogy a probléma által a járműpark 78%-a érintett. [5]

A járműszekrény repedéseinek szempontjából meghatározó a járműszekrény kialakítása, a kocsik közötti tetőkapcsolat és a csuklóalagút jellemző felépítése és üzem közbeni viselkedésük. A fenti problémák feltárása és megoldása céljából a BKV Zrt. kutatási feladatot írt ki Millfav járművek vázszerkezetének vizsgálatára a várható élettartam meghatározása céljából és az élettartam növelését célzó eljárások kidolgozására és igazolására.
Jelen dolgozatban a vizsgálatot és annak eredményeit ismertetjük.

1. A repedések bekövetkezésének szempontjából releváns főbb járműjellemzők

A járművek speciális felépítésűek a pályaalagút űrszelvénye miatt. A szerelvények 3 részből állnak, a járműegységek között Jakobs-forgóvázakkal. Alvázszerkezetük törtvonalú, hattyú-nyak vonalvezetéshez hasonló hosszanti kialakítással. Vázszerkezetük önhordó felépítményű, a járműegységek között merev csuklós felső kapcsolattal. A szerelvények csak primer rugózással rendelkeznek, szekunder rugózás nem került kialakításra. A felépítmények közül a két szélső járműegység (A és B) az ún. „kutyacsontokon" támaszkodik fel az első és utolsó futó forgóvázakra. A hajtott középső – Jakobs – forgóvázak közvetlenül nem adnak oldalirányú megtámasztást, így a középső járműegység (C) önmagában oldalirányú megtámasztás nélküli. A megtámasztás alapsíkját a csuklóalagút viszi fel a tetőkapcsolathoz, ami az A–C–B járműegységek között a piskóta alakú idomokkal hozza létre a teljes járműszerkezetre merev kapcsolatot.
A járműveket érő hatások egyrészt statikus, másrészt dinamikus igénybevételként jelentkeznek. Statikus igénybevétel esetén a fellépő erők nagysága időben állandónak tekinthető, ezzel szemben a dinamikus igénybevételek jellemzői, hogy időben változó nagyságú és irányú igénybevételeket jelentenek. Méréseink során mindkét igénybevétel típust megvizsgáltuk.
A járműszekrény repedéseinek szempontjából meghatározó a járműszekrény kialakítása, a kocsik közötti tetőkapcsolat és a csuklóalagút jellemző felépítése és üzem közbeni viselkedésük.



1. ábra

Jellemző repedési helyek

A repedésekre jellemző képet mutat a 2. ábra.



2. ábra

Jellemző repedési kép az egyik ablak alsó sarkában

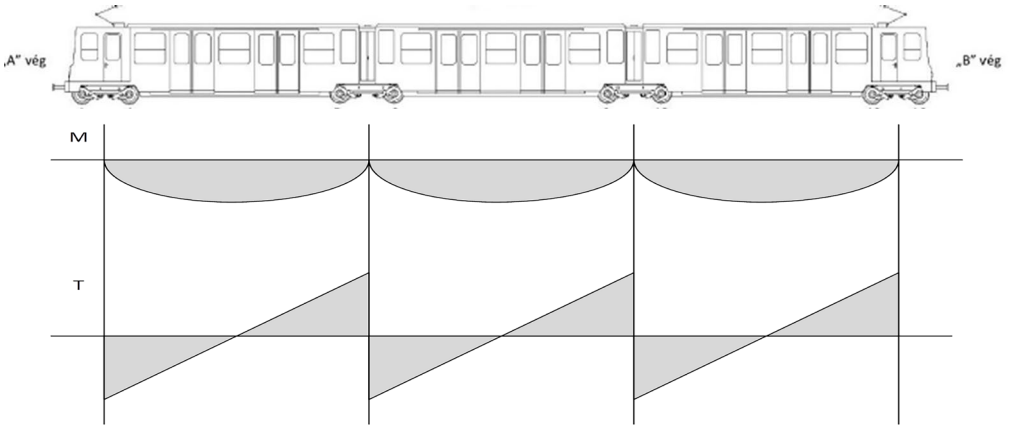
1.1 Kocsiszekrény főbb jellemzői

Az MFAV jármű kocsiszekrénye önhordó kialakítású, acélelemek felhasználásával készített szerkezet. Az önhordó kocsiszekrény legfőbb jellemzője, hogy a szekrényváz egy egységet alkot az alváz szerkezetével. Az alváz és a szekrény építőelemei egyaránt részt vesznek a terhelés felvételében.

A szekrénykialakítás egy egységes tartószerkezetet képez, amely viseli:

- a szekrény tömegét,
- a padlózat tömegét,
- a berendezések tömegét,
- az utasok tömegét.

Az alábbi 3. ábra mutatja az igénybevételek alakulását.

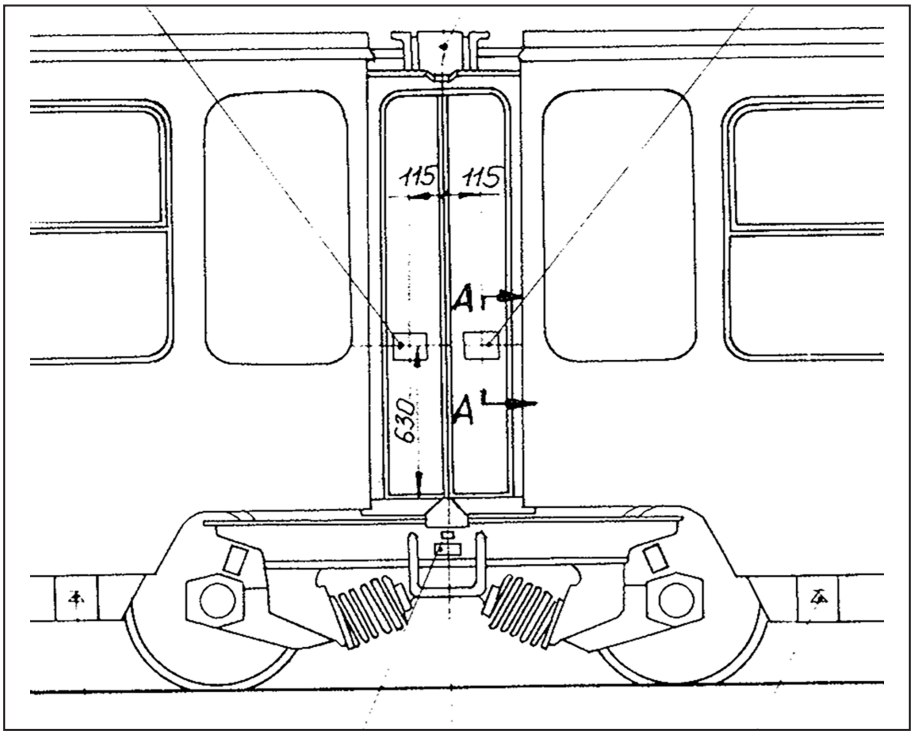


3. ábra

A kocsiszekrénynek a függőleges külső terhelésből adódó igénybevételi ábrái

1.2 MFAV jármű csuklókapcsolat

A csuklókapcsolat biztosítja a járműrészek közötti összekötést. Ez az összekötés egy állandó kapcsolat biztosítását jelenti, azaz a járműrészek szétkapcsolása csak műhelykörülmények között lehetséges. Feladata biztosítani, hogy az egyes járműrészek egymáshoz képest el tudjanak fordulni egy megadott intervallumon belül. Az elfordulás vízszintes és függőleges síkban egyaránt lehetséges. Biztosítja továbbá a vontatáskor és fékezéskor fellépő dinamikai erők felvételét. Biztosítja a középső járműszekrény keresztirányú elmozdulásakor fellépő erők közvetítését a hajtott forgóvázra.

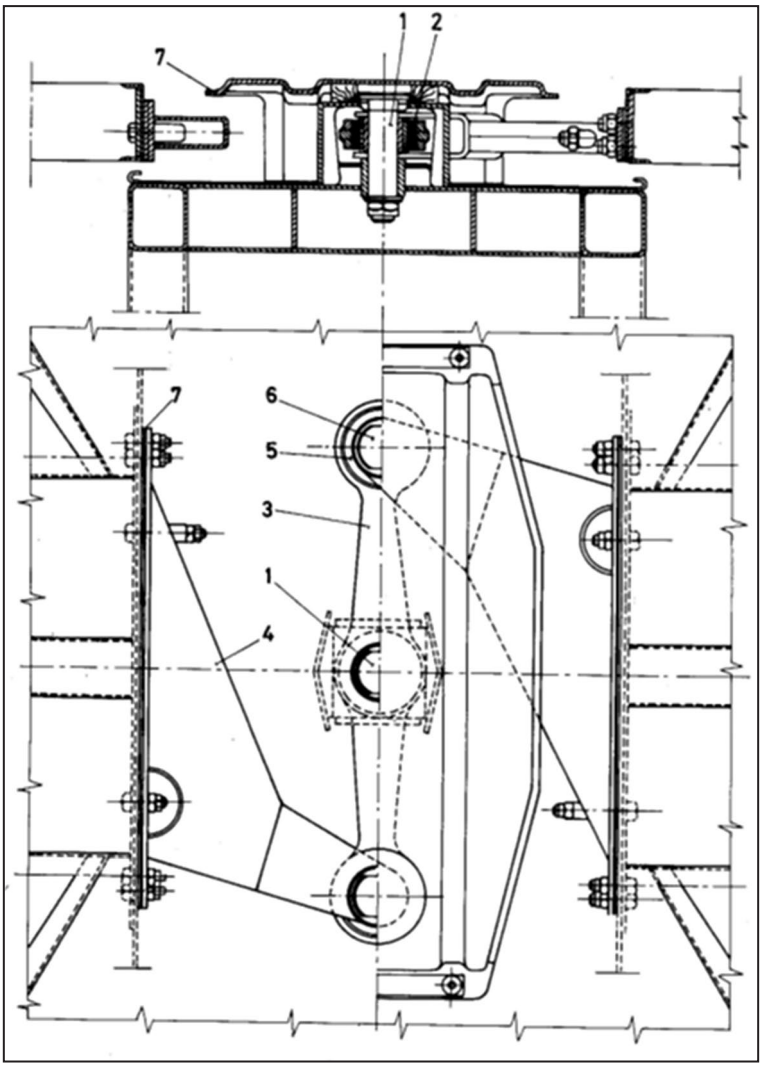


4. ábra

MFAV jármű kocsik közötti kapcsolata

1.3 Jármű tetőkapcsolat bemutatása

A tetőkapcsolat feladata biztosítani a jármű függőleges és vízszintes ívbeállását, valamint az egyes kocsirészek keresztirányú rugózott megtámasztását. A tetőkapcsolat az egymás mellett lévő járműszekrények számára egymáshoz viszonyítva csak kismértékű keresztirányú elmozdulást enged. A kialakításból következik, hogy az egyik kocsiszekrénynek a jármű hossztengelye mentén történő elfordulása a kapcsolt kocsiszekrényt is elfordulásra kényszeríti. A tetőkapcsolat a két járműszekrény között található csuklóalagút külső felső részén került elhelyezésre, kialakítását az 5. ábra mutatja.



5. ábra

MFAV jármű tetőkapcsolat

2. Hipotézisek

A jármű szerkezeti repedései kialakulásának okait feltáró és kialakulásuk mérséklését szolgáló beavatkozások tervezését célzó projekt vizsgálatsorozatának tervezési szempontjai a következő hipotéziseken alapultak:

1. A probléma forrása a jármű egyedisége; az, hogy a kocsiszekrények között a kocsiszekrények csatlás felőli végeinél, a felső pontban, jelentős keresztirányú (jármű hossztengelyére merőleges, vízszintes) erő átvitelére alkalmas kapcsolat található. Az itt közvetített erő a középső járműszekrénynek az alsó feltámaszkodások képezte tengely körüli elfordulást ön-

állóan hivatott meggátolni, ezért szükségszerűen változó irányú, jelentős nagyságú lehet, s a szerkezetben csavaró igénybevételeket, és ennek folyományaként az áttörések sarkainál akár jelentős, váltakozó irányú húzó-nyomó feszültségeket kelthet.

2. Az erő átvitelére szolgáló piskóta elem – a csatlás környezetének geometriai elrendezését vizsgálva – bizonyos ívekben képes lehet megfeszülve hosszirányú (a jármű hossztengelyével párhuzamos) erő közvetítésére, s ez az erő, az ez esetben Vierendeel-tartóként elképzelt alsó (járműszekrény alja) és felső (tetőszerkezet) övet egymáshoz képest hosszirányban előre-hátra eltolni próbálja. Ez a hatás a gerincet képező befogott rudakban (függőleges ablak és ajtó keretoszlopok) hajlítást okoz, mely szintén az ablaksarkokban megjelenő változó irányú feszültségeket kelt.
3. A piskóták közvetítésével időnként függőleges irányú erő megjelenhet a konzolok végein, ami hozzájárulhat a szerkezet kritikus pontjaiban keletkező feszültségek további növekedéséhez.

3. A vizsgálati program kialakítása

A fenti hipotézisek ellenőrzésére egy két fázisból álló mérési stratégiát dolgoztunk ki. A mérési program két része és ezek céljai az alábbiak voltak[1].

1. **Dinamikus méréssorozat**, melynek elsődleges célja, a forgalomban közlekedő jármű esetén a csatlási rendszer felső megtámasztási pontján átadódó erőkomponensek eloszlásfüggvényének meghatározása. A dinamikus vizsgálat részeként az erőmérésen kívül mértük a járműszekrény hibajelenség szempontjából kritikus pontjainak három irányú gyorsulásait, hogy az egyes szerkezeti elemek tehetetlenségére visszavezethető belső erők (igénybevételek) és feszültségnövekmények keletkezésére vonatkozólag a modellező munkacsoportnak e tekintetben gerjesztési adatokat tudjunk szolgáltatni. S végül a vizsgálatsorozat harmadik célja a dinamikus hatások nyomán ébredő többletfeszültségek átviteli függvényeinek valódi körülmények között való meghatározása, ellenőrzése, és a jelenség szempontjából kritikus csomópont viselkedésének jobb megismerés[2].
2. **Primer rugózás kamerás vizsgálata,** melynek célja az alkalmazott rugózás működésének ellenőrzés[3].
3. **Statikus méréssorozat**, mely feltárja (a repedésképek tényleges alakulásának figyelembevétele alapján kritikusnak vélt pontokban) a repedésekhez vezető (fő)feszültségek és a csatlási rendszer felső megtámasztási pontján átadódó vízszintes hosszirányú (X), vízszintes keresztirányú (Y) és függőleges (keresztirányú) (Z) erőkomponensek összefüggését. A cél ekkor tehát a csalás felső elemében (a “piskótán” keresztül) ható erők és az azok nyomán keletkező feszültségek közötti átviteli függvények meghatározás[4].
4. **CAD modell megalkotása**, melynek célja a szerelvény alvázainak és felépítményeinek háromdimenziós (3D) digitális modelljének felépítése a BKV által biztosított 2D-s alkatrész és összeállítási rajzokból, valamint a szerelvényről készült képek alapján. A 3D-s CAD modell a Solid Works nevű CAD modellező program segítségével készült[5].
5. **Végeselemes háló megalkotása és számítások futtatása**, melynek célja a szerkezet terhelések hatására mutatott viselkedésének vizsgálata, az élettartam becslés megalapozása és az esetleges szerkezeti beavatkozások hatásainak előzetes kimutatása. A számításokhoz ANSYS általános végeselemes megoldó szoftvert használtunk[6].
6. **Élettartam becslés**, a várható terhelések alapján.

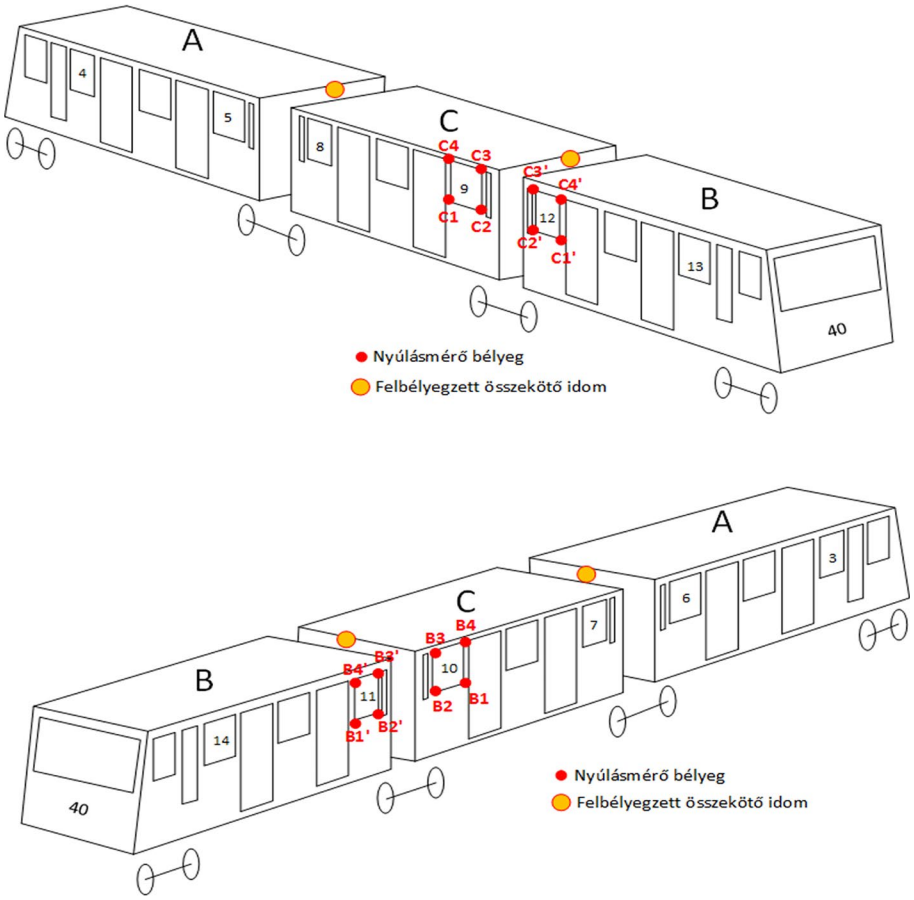
4. A méréssorozatok végrehajtása és eredményei

4.1 A dinamikus méréssorozatok

4.1.1 A dinamikus méréssorozatok mérési elrendezései

A dinamikus mérések elvégzése előtt nyúlásmérő bélyegeket, gyorsulásmérőket és kamerákat helyeztünk el a járművön, illetve felbélyegeztük mindkét tetőkapcsolati összekötő (piskóta) idomot.

Az első méréssorozathoz a nyúlásmérő bélyegeket és gyorsulásmérőket a B–C kocsik kapcsolatához közeli 4 ablakra helyeztük el.



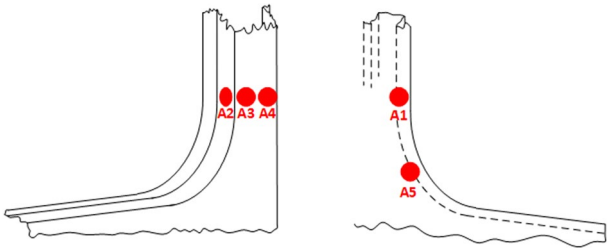
6. ábra

Mérési eszközök pozíciói az első dinamikus mérésnél

A tetőkapcsolati összekötő idomokat mindhárom irányú normálerő mérésére alkalmasan készítettük el, oly módon, hogy mindhárom irányra mérőhidakat alakítottunk ki.

A járműszekrények felső kapcsolatainak mozgóképes megfigyelése céljából a B–C kocsik közötti tetőkapcsolatra jobb- és baloldalról egyaránt egy-egy videokamera került felszerelésre, amelyekkel a tetőkapcsolat viselkedése menet közben jól megfigyelhető volt.

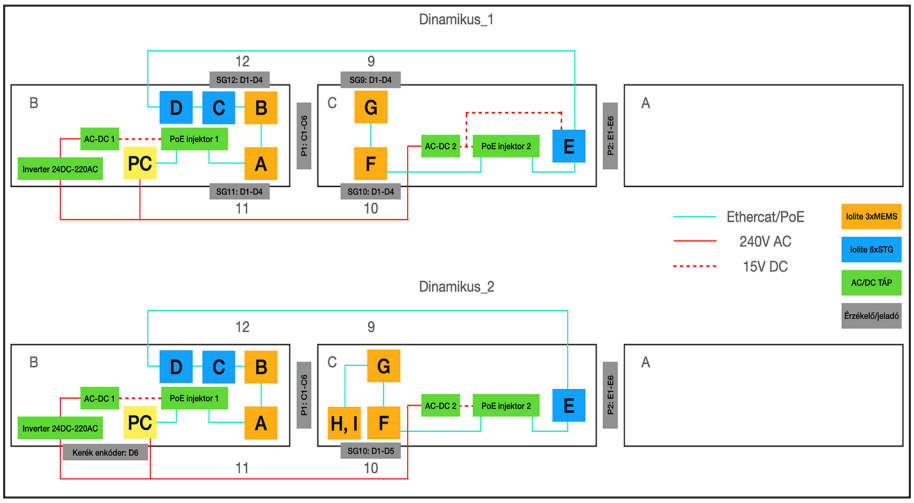
A második méréssorozat esetén egyetlen ablaksarokra koncentráltunk és a kritikus keresztmetszet környezetében több bélyeget helyezünk el annak feltárására, hogy a keresztmetszeten belül a feszültséghalmozódás szempontjából melyik pont a kritikus. A felbélyegzést a 7. ábra mutatja.



7. ábra

A második dinamikus mérés felbélyegzése

A dinamikus mérések mérési elrendezését a 8. ábra mutatja.



8. ábra

A dinamikus mérések során alkalmazott mérési elrendezés

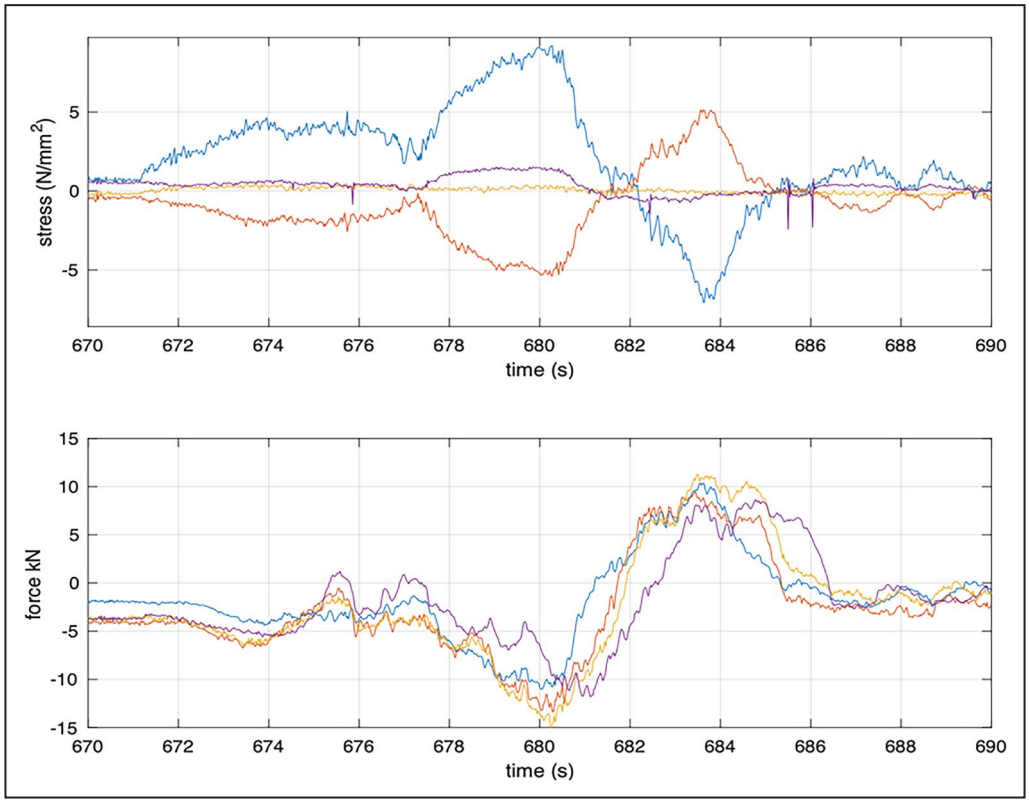
4.1.2 Az első dinamikus méréssorozat

Az első dinamikus mérés célja a 40-es pályaszámú járművet érő dinamikus erőhatások és azoknak a járműszerkezetre gyakorolt hatásainak feltárása, műterheléssel végzett futáspróbák közben történő mérésekkel.

A méréssorozat végrehajtása során a járművet az utasforgalmi befogadóképesség valamivel több, mint 60%-ának megfelelő műterheléssel terheltük.

A méréssorozat során négy teljes menetet tettünk meg a járművel, és ezalatt a 12, a 9, a 11 és a 10 jelű tengelyvégek feletti ablakok körül elhelyezett nyúlásmérőket és a C kocsi két felső csatlásán lévő felbélyegzett összekötő idomok jeleit regisztráltuk. Ennek az első dinamikus mérésnek az eredményeit ellenőrizve megállapítottunk, hogy a mérési pontokon a feszültségek közel sem olyan nagyságúak, amelyek akár hosszú idő alatt is fáradt töréshez vezethetnének. Ugyanakkor azt is megállapítottuk, hogy a feszültségek alakulása minden ablak esetén hasonló.

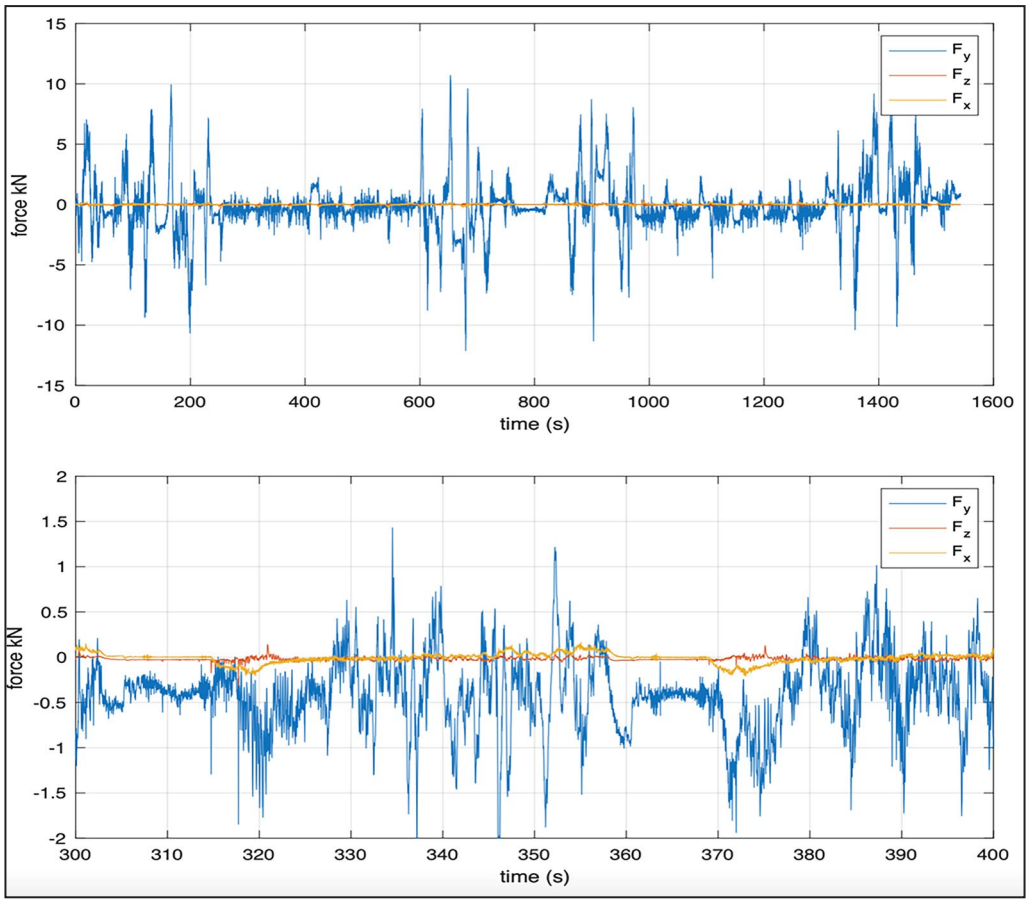
A feszültség és erő változások nem impulzus-, rezgés-, vagy lengésszerűek, hanem lassan, 4-5 s alatt épülnek fel, majd ugyanennyi idő alatt csökkennek le, amint az a 9. ábra kinagyított szakaszán jól látható mind a feszültségek (felső alábra), mind az erők (alsó alábra) esetében. Ez a pályaívekben alakul ki.



9. ábra

Az erők és feszültségek felépülésének dinamikája az első próbamérés nagy feszültségnövekményt mutató szakaszán

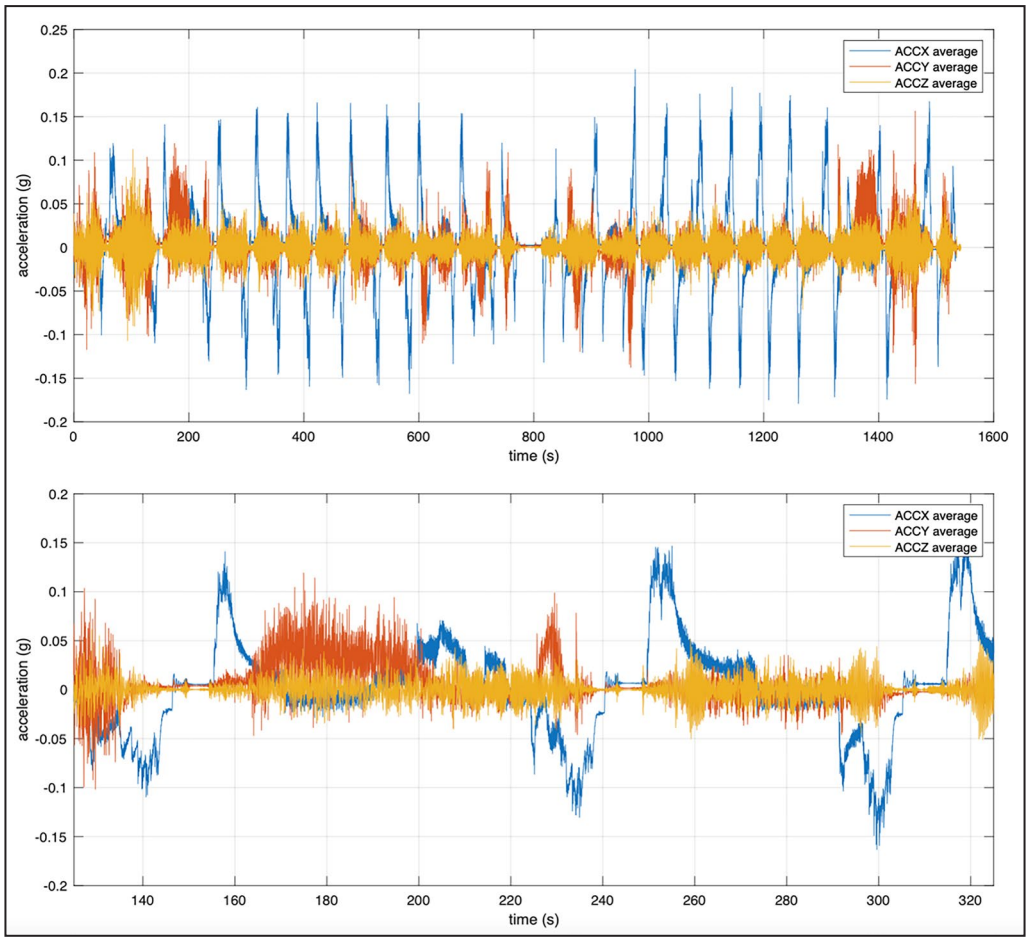
Az erők közül érdemi nagyságú ingadozásokat csak a keresztirányú erőkben tapasztaltunk (“piskóta” normálerő), mint azt az ábra mutatja azonos skála mellett. A 10. ábra jól illusztrálja, hogy döntő szerepe – a tapasztalt probléma kapcsán – a keresztirányú erőnek lehet.



10. ábra

A „piskóta" által közvetített erők alakulása

A ciklikusan változó gyorsításhoz és fékezéshez tartozó hossztengely irányú gyorsulás mellett kirajzolódik a kezdeti és végső szakaszon az ívek hatására megnövekvő oldalgyorsulás, és hogy itt emellett nagyobb amplitúdójú keresztirányú rezgések is tapasztalhatók. (11. ábra)



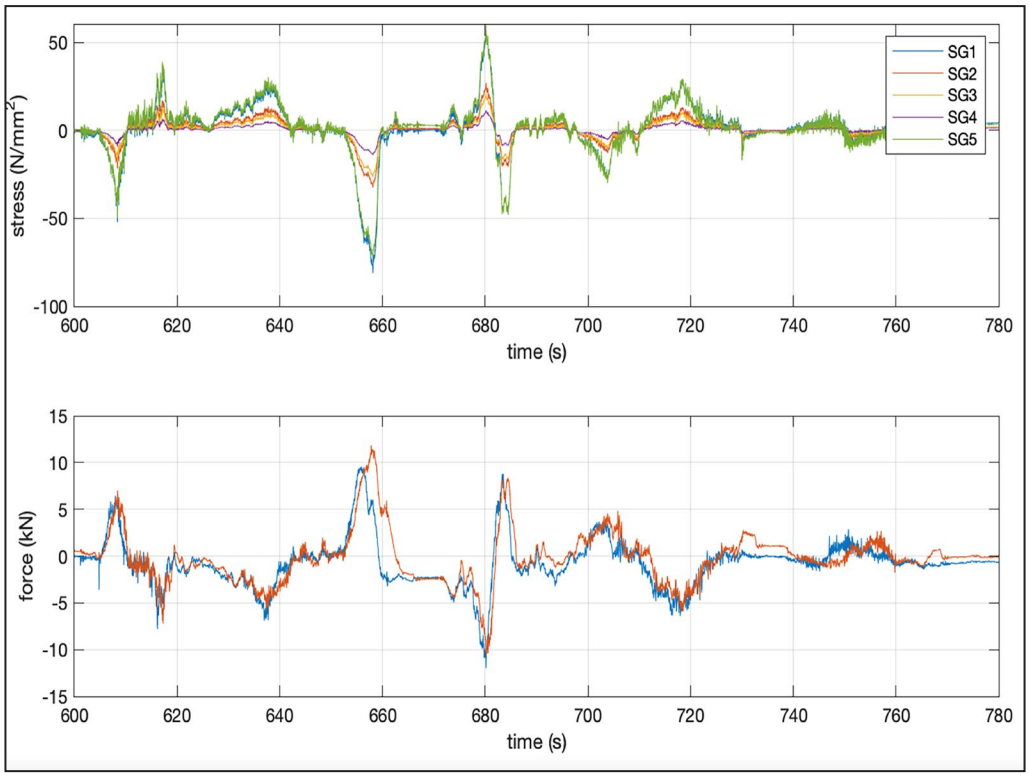
11. ábra

A gyorsulások irányonkénti átlaga a négy gyorsulásmérési pont értékei alapján

4.1.3 A második dinamikus méréssorozat

A mérés célja a 40-es pályaszámú járművet érő dinamikus erőhatások és azoknak a járműszerkezetre gyakorolt hatásainak pontosítása műterhelés nélkül végzett futáspróbák közben történő mérésekkel.

Azokon a szakaszokon, ahol nagy feszültségek jelentkeznek, azok a "piskótákon" átadódó keresztirányú erőkkel korrelálnak, csakúgy, mint az első dinamikus mérés esetén. Azt a megállapítást, hogy a járműszekrényeket az alkalmazott csatlási megoldás vízszintes értelemben merev testté kapcsolja össze, a vízszintes gyorsulások kocsinként vett átlagának majdnem tökéletes azonossága alátámasztja.



12. ábra

A keresztirányú erők és az esek hatására ébredő feszültségek a második dinamikus mérés során a legnagyobb mért feszültségek kialakulásakor

4.2 A primer rugózás kamerás vizsgálata

A tevékenység célja a 29-es pályaszámú járművet érő dinamikus erőhatások és azoknak a primer rugózásra gyakorolt hatásainak feltárása üzem közben történő videofelvétellel.

A mérés megkezdése előtt a 29-es pályaszámú jármű B végén, a 15-ös és 16-os kerékcsapoknál az űrszelvényen belül felszerelésre kerül egy-egy videokamera. A kamerák úgy kerültek rögzítésre, hogy a fenti kerékcsapok rugózási játékát menet közben fel tudják venni. A mérés üzemi körülmények között történt, utasforgalmi járművön.

A mérés alapján az alábbi megállapításokat tesszük:

- A primer rugók rugóútjai esetenként a 30 mm-t is meghaladják, amiből megfelelő rugózásra lehet következtetni.
- A rugózásban alkalmazott gumirugók működése megfelelő, így a kétlépcsős rugózási karakterisztika valóban kialakul.
- A járművek futástulajdonságai a megfelelő csapsúly beállítással tovább javíthatók lennének.

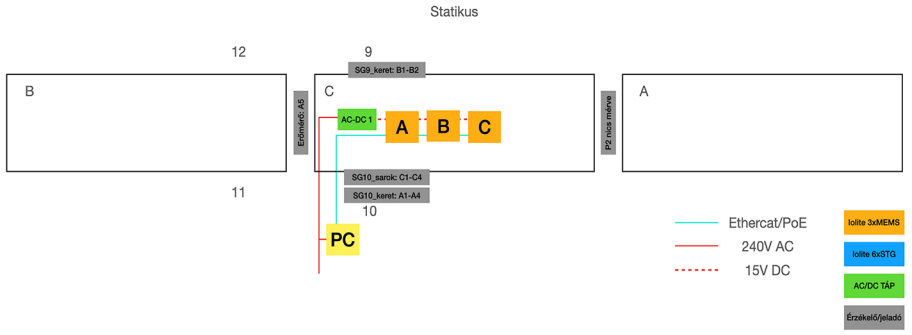
4.3 A statikus méréssorozatok

4.3.1 A statikus méréssorozatok mérési elrendezései

A statikus mérések elvégzése előtt legyártásra kerültek a tetőkapcsolaton ébredő normálerők és azok járműszerkezetre gyakorolt hatásának méréséhez szükséges segédeszközök:

- speciális bekötőcsap a konzolhoz való csatlakozáshoz az X (jármű haladásának síkjában, pályával megegyező) és Y (jármű haladásának síkjában, pályára merőleges) irányú mérésekhez,
- feszítőszár a támasszal a „Z" (jármű haladásának síkjára merőleges) irányú statikus méréshez.

A statikus mérésekhez a C járműszekrény 9-es és 10-es ablakai lettek felbélyegezve. A bélyegek az ablakok íves sarkai ívközepére, a lemez szélétől kb. 10mm-re lettek kívülről felragasztva. A mérési elrendezést a 13. ábra mutatja.



13. ábra
A statikus mérések során alkalmazott mérési elrendezés

4.3.2 A statikus méréssorozat végrehajtása

Az X irányú erők mérésének célja a járműszerkezet vizsgálata a tetőkapcsolaton keresztül a pályasíkban, a jármű haladási irányában történő statikus terhelés hatására. A mérést összekapcsolt járműegységen végeztük, a tetőkapcsolati konzolra a kapcsolt kocsi támadáspontjából menetes szárral kifejtett erő mérésével.

Az Y irányú erők mérésének célja a járműszerkezet vizsgálata a tetőkapcsolaton keresztül a pályasíkban, a jármű haladási irányára merőlegesen történő statikus terhelés hatására. A mérést összekapcsolt járműegységen végeztük, a tetőkapcsolati konzolra a vasúti pálya melletti darupálya tartóoszlopairól spaniferrel kifejtett erő mérésével.

Az Z irányú erők mérésének célja a járműszerkezet vizsgálata a tetőkapcsolaton keresztül a pályasíkra merőlegesen történő statikus terhelés hatására. A mérést összekapcsolt járműegységen végeztük, a tetőkapcsolati konzolra a járművek kapcsolószerkezetéről menetes szárral kifejtett erő mérésével.

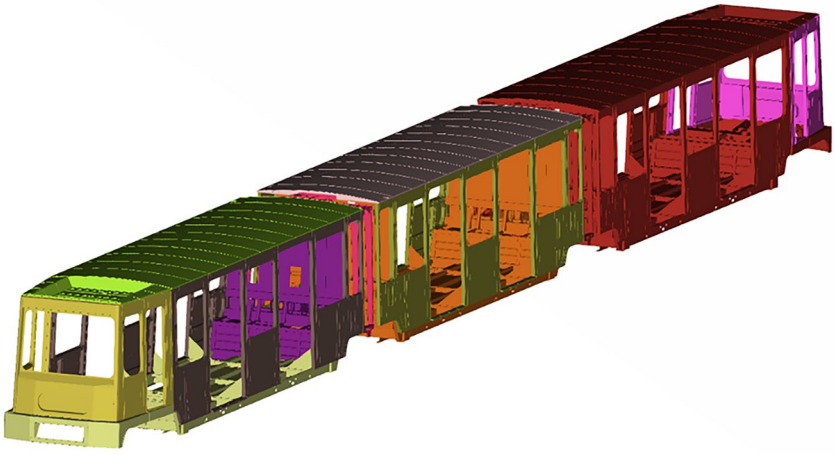
A járműtengely irányú és a vízszintes keresztirányú erőre jelentős feszültségek ébrednek a mérési pontokban. A szerkezet érzékenyebb a keresztirányú erőkre, mint a hosszirányúakra. Ez abban mutatkozik meg, hogy ugyanarra az erőnövekményre a hosszirányú erő bevezetése esetén kisebb feszültségnövekmény alakul ki. A függőleges erők hatására érdemi feszültség nem keletkezik a mérési pontokban. Az említett két, jelentős hatás kapcsán a mérés céljaként megjelölt átviteli függvények meghatározása megtehető.

4.4 A méréssorozatok következtetései, javaslatok

A szerkezeten tapasztalható repedések kialakulásáért a vizsgálati eredmények alapján egyértelműnek tűnik, hogy a felső kocsiszekrény-kapcsoló elemen („piskótán") átadódó keresztirányú erők lehetnek a felelősek. Egyrészt a statikai vizsgálatok alapján ez az az erő, amely akkora feszültségeket tud kelteni valamely kritikusnak vélhető pontban, hogy az kifáradáshoz vezessen, másrészt a dinamikus mérések során beigazolódott, hogy más típusú erő a tetőkapcsolaton keresztül nem tud átadódni. Nincs olyan befeszülés, amelynek hatására az előzetes elmélkedések szerint, szintén potensnek vélt hosszirányú (járműtengellyel párhuzamos erő) fel tudna épülni, és a statikus mérések által egyébiránt igazolt, ám a keresztirányú erőkéhez képest korlátozott hatását ki tudná fejteni. A dinamikus mérések tapasztalatai alapján függőleges erők a "piskótán" keresztül nem adódnak át. A statikus mérések ugyanakkor igazolták, hogy még ha át is adódnának ilyen erők, az ezek hatására kialakuló feszültségnövekmények marginálisak lennének.
A dinamikus mérések eredményei alapján az is megállapítható, hogy a mért pontban fáradás szempontjából kritikusnak tekinthető mértékű feszültségváltozások csak a pálya Mexikói út – Hősök tere és Bajcsy-Zsilinszky út – Vörösmarty tér szakaszain keletkeznek, a magánaljas egyenes szakaszokon nem.
A fentiek összefoglalásaként elmondható, hogy a mérési program összeállításakor felállított munkahipotézisek közül az első igazolást nyert, míg a másodikat és a harmadikat megcáfoltuk.
A mérési eredmények mindamellett, hogy az eddigiekben leírt összefüggéseket feltárták, segítenek a numerikus modell validálásában.

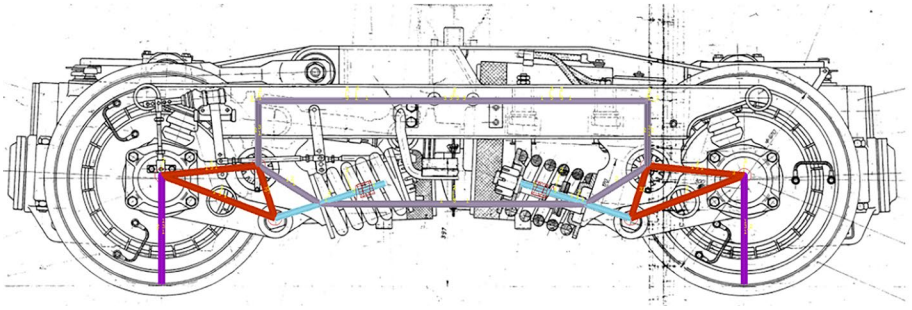
5. CAD modell felépítése

A jármű CAD modellje tartalmazza a felépítmény teherviselés szempontjából lényeges alkatrészeit: zártszelvényeket, lemezalkatrészeket, tömör fém alkatrészeket. A 3D CAD modell nem tartalmazza a forgóvázat, burkolati elemeket, ablakokat, teherviselés szempontjából elhanyagolható gépészeti egységeket, mechanikai kötőelemeket: hegesztések, csavarok, gumi alkatrészek. A 3D CAD modellben nem szereplő alkatrészeket a későbbi végeselemes számítások során egyszerűsítve, azok tömegének, illetve számítás szempontjából fontos merevségének megadásával vesszük figyelembe. A jármű CAD modelljét a 14. ábra mutatja be.



14. ábra
A teljes szerelvény (A-C-B kocsi) CAD modellje

A forgóváz a szimuláció során nem kerül kiértékelésre, feladata a vázszerkezet rugózásának biztosítása, ezért a végeselemes modellbe a forgóvázak egyszerűsített modelljei kerültek beépítésre. (15. ábra)



15. ábra

Hajtott forgóváz összeállítási rajza, egyszerűsített modell ábrázolása

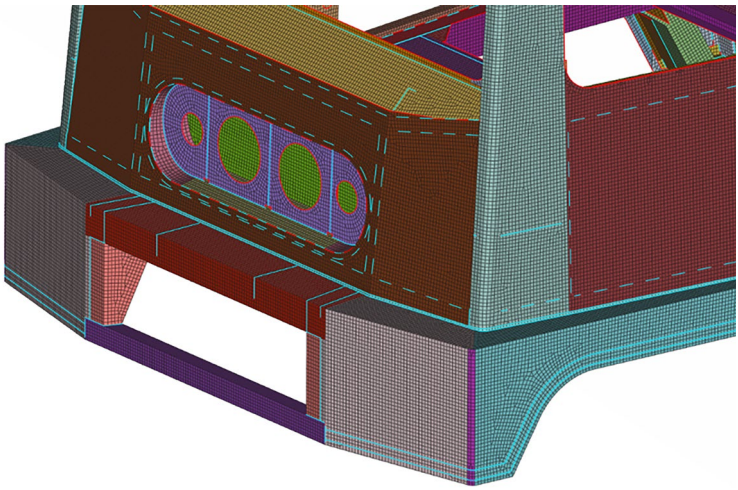
6. A végeselem háló felépítése és a szimuláció

6.1 A végeselem háló felépítése

A végeselemes szimulációhoz készült modell középfelületes héj (ANSYS shell 181) elemekből épült fel. Ezek a lemezek és zárt szelvények középfelületének síkjába tolt kétdimenziós elemek (16. ábra), melyek a lemez és zártszelvény virtuális vastagságával rendelkeznek. Az átlagos elemélhossz 10 mm.

A szerkezet kiértékelésre nem kerülő, de nagy elemszámú alkatrészein (tető és alváz) a 10 mm-es átlagos élhosszúságú elemek 35 mm-es átlagos élhosszúságú elemekre növekednek a felület közepe felé haladva. Azok a hegesztések, ahol a lemezek és zártszelvények egymással szöget bezárva találkoznak, a végeselemes háló folytonossága biztosítja az alkatrészek kapcsolatát. Azok a hegesztések, ahol pedig a lemezek és zárt szelvények egymással párhuzamosan futnak úgynevezett pszeudo varrat (pseudo weld) elemek segítségével lettek figyelembe véve. Ezek a szelvény vastagságától eltérő (jellemzően 6 mm vastag) héj (shell 181) elemek.

Az A–C és C–B kocsik alvázai egymással és a hajtott forgóvázzal gömbcsuklón keresztül kapcsolódnak. A gömbcsuklók felületei ideálisan merev héj elemekkel lettek bemodellezve, melyeken a szimuláció során súrlódásos kontakt működik μ=0,1-es súrlódási tényezővel. Az A–C és C–B kocsik tetőkapcsolata a konzolokon keresztül gumirugók segítségével biztosított. A gumirugók ideális rugóelemek segítségével lettek figyelembevéve a szimuláció során. A futó forgóváz az A és B kocsihoz két gömbtámaszon és a forgócsapon keresztül csatlakozik. A forgócsap az X, azaz pálya irányú és Y, azaz pályára merőleges irányú pályasíkbeli elmozdulást, valamint az X és Y tengelyek körüli elfordulást gátolja meg, a gömbtámaszok pedig a Z, azaz függőleges irányú megtámasztást biztosítják.



16. ábra

Végeselemes háló az A kocsi homlokvázán

A csuklóalagút és a forgóváz között csuklós kapcsolat van. A forgóvázban lévő csuklókhoz hasonlóan a kapcsolat ebben az esetben is ANSYS Revolute Joint-tal lett felépítve, amely kizárólag a csukló tengelye körüli forgást engedi. A 10 kg-nál nagyobb tömeggel rendelkező gépészeti egységeket koncentrált tömegpontként vettük figyelembe. Jelentősebb gépészeti egységek találhatók az A–C és B–C csuklóalagútban.

Azok a tömeggel rendelkező egységek, amelyeknek bekötési pontjai ismertek, (ablakok, ütköző, tetőszerelvény stb.) koncentrált tömegpontként lettek figyelembe véve. Azok a tömeggel rendelkező egységek, melyeknek bekötési pontjai nem ismertek, vagy nagy kiterjedésűek és jól eloszlanak az egyes vázelemeken (kábelek, festés stb.), az adott vázelemek sűrűségének felskálázásával lettek figyelembe véve.

6.2 A szimulációs modell verifikációja a mérési eredményekkel

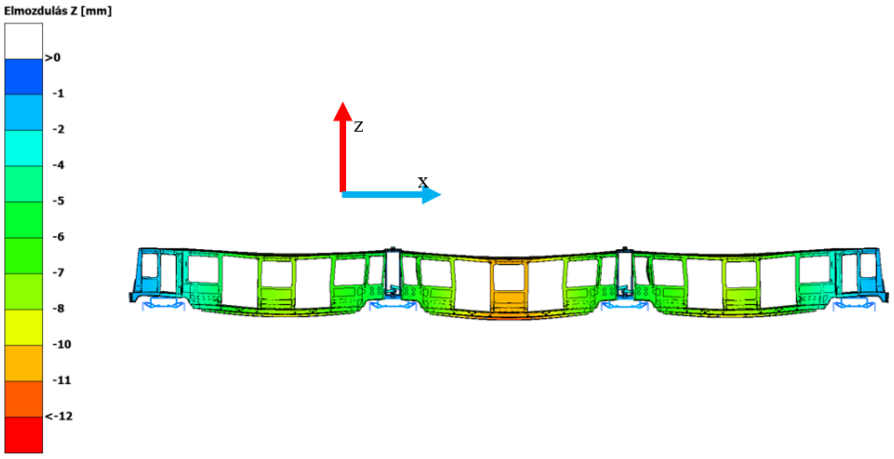
A szimulációs módszer validálásához az ablakok sarkain mért nyúlásokat hasonlítjuk a szimulációban ugyanezen pontok nyúlásaihoz. A szerkezet üzem közbeni viselkedéséről a dinamikus mérések és az ide kapcsolódó számítások összevetésével kaphatunk pontosabb képet. A statikus méréshez a C járműszekrény 9-es és 10-es ablakain elhelyezett nyúlásmérő bélyegekből nyert adatokat hasonlítottuk össze a számítási eredményekkel. A dinamikus mérések közül a 10-es ablakon elhelyezett nyúlásmérő bélyegekkel végzett mérések lettek a szimulációval összehasonlítva.

A statikus terhelések során a mért és szimulált nyúlások a ±Fx és ± Fy erők hatására ~10-30% eltérést mutatnak. A mért és számított nyúlások közti különbség a héjelemekkel való modelezés során elérhető ~10-15% pontosságot megközelíti, valamint a kismértékű (10^{-5}-10^{-6} nagyságrendű) nyúlásokat figyelembe véve jónak mondható. Az Fz erő hatására a mért és a számított nyúlások azonban jóval nagyobb eltérést adnak. Ennek oka az lehet, hogy a végeselemes modell pontossága kisebb a tetőkapcsolatra vonatkozó függőleges irányú erőbevezetés hatására, amely terhelési eset azonban nem is mondható jellemzőnek az üzemszerű terhelések során, mivel a tetőkapcsolat feltételezhetően csak a kapcsolat síkjában ébredő erőkomponenseket továbbít a kocsiszekrények között.

A dinamikus terhelések hatására a vizsgált C kocsi 10-es ablakán mért és számított nyúlások az 10-1, -2, -4 bélyegek esetén kiemelkedő 10% alatti pontossággal közelítik a mért értékeket. A 3 bélyeg esetén az eltérés nagyságrendi különbséget mutat, melynek oka lehet, hogy a szimulációs eredmények kiértékelésekor nem pontosan a bélyeg felragasztási helyéről nyertük ki a nyúlásokat.

6.3 Dinamikus valós terhelés

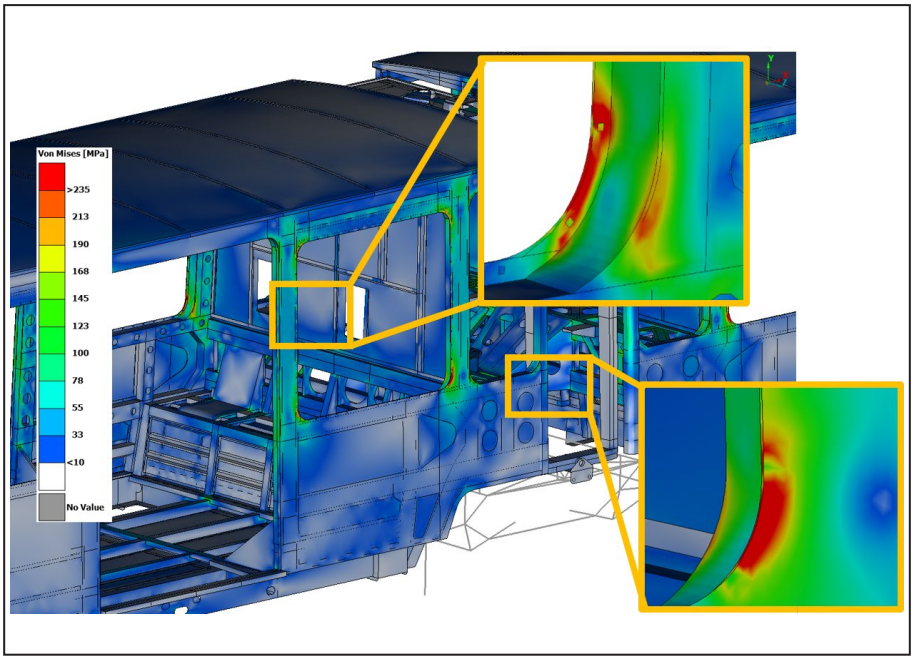
A mérések a szerkezet gravitációja során keletkező nyúlásokat nem tudják figyelembe venni. Ennek oka, hogy a nyúlásmérő bélyegek felhelyezésekor már hat a gravitációs erőtér így a bélyegek nullpontja már tartalmazza a gravitációs terhelést. Miután a szimuláció jó közelítéssel visszaadta a szerkezet mérések során megállapított viselkedését a valós terhelés szimulációja is elkészült (gravitáció + mért gyorsulás). A szerkezet felnagyított deformációja visszaadja a várt viselkedést. (17. ábra)



17. ábra

Dinamikus valós terhelés során a Z irányú elmozdulás 50-szeres nagyításban

A szimulációs eredmények tanulmányozása során kapott kritikus pontok a valós törési pontokon alakultak ki, az ablakok sarkainál, a hegesztések környezetében, Ezeken a helyeken a modellezés sajátosságai miatt a számítás valószínűleg túlbecsülheti az üzem közben ébredő valós feszültséget. Ezekben a zónákban tönkremenetel várható, mivel a csúcsfeszültség az adott időpillanatban 100-200 MPa-os tartományban mozog, ami az alapanyag folyáshátára alatt marad, azonban nagyciklusú kifáradáshoz vezethet.



18. ábra

Von Von Mises feszültség a B–C kocsi kapcsolt végein

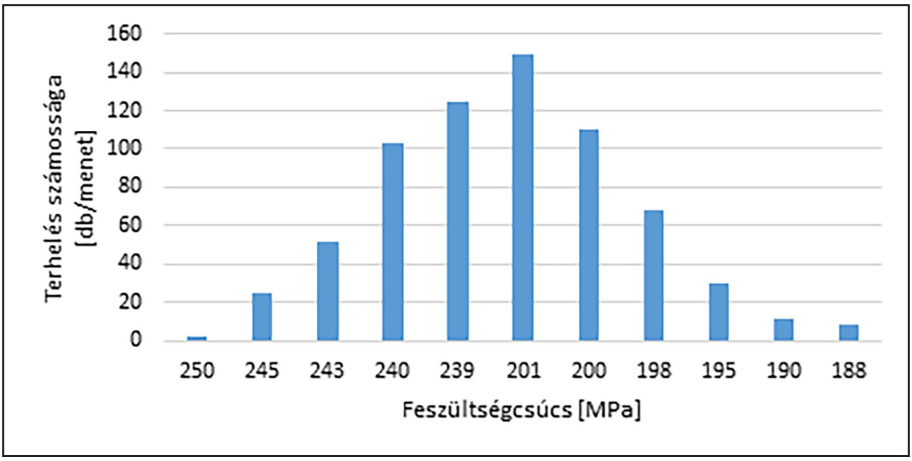
A számítások során a dinamikus valós terhelési eset számításait a 18/1998. (VII. 3.) KHVM rendelet (OVSZ II.) szerint a szilárdsági számításokra előírt terhelési esetre is elvégeztük. (Személyszállító járművek terhelésének megállapításánál szerkesztés és méretezés során valamennyi ülőhelyet foglaltnak kell tekinteni, álló utasként 8 fő/m^2 értéket kell figyelembe venni 70 kg/fő csomag nélküli utastömeggel. Ülő utasként csomaggal együtt legalább 90 kg/fő tömeget kell figyelembe venni.)

A szerkezet kifáradására az OVSZ II. szerinti szilárdsági számításokra előírt terhelési eset nem tekinthető mérvadónak. Az élettartam meghatározásánál a dinamikus mérés során alkalmazott utasforgalmi terhelési esetet vesszük alapul. Az említett pont szerinti terheléseket a jármű padlózatán megoszló terhelésként a korábban leírt műterhelés megadási módjának megfelelően helyeztük el a modellben. A kapott eredmények alapján elmondható, hogy a szerkezetben a korábban feltárt kritikus pontok elhelyezkedése nem változott, azonban a regisztrálható feszültségcsúcsok értéke fokozódott. Ez azonban ez esetben is a beépített acéllemez (A34-es alapanyag jelenkori megfelelőjének) feltételezett folyáshatára (350 MPa) alatt maradt. (18. ábra)

7. Élettartambecslés

Az élettartam meghatározásánál a dinamikus mérés során alkalmazott utasforgalmi terhelési esetet vesszük alapul. A dinamikus mérés során regisztrált pillanatnyi legnagyobb Z-irányú gyorsulásérték felhasználásával, a korábban meghatározott feszültségértékek ismeretében érdemes megvizsgálni, hogy a szerkezet egy menet során milyen számú és mekkora nagyságú feszültségcsúcsot kell, hogy elviseljen (19. ábra).

A tapasztalható feszültségcsúcsok nagysága és számossága a halmozódó károsodás elméletének használatával lehetővé teszi, hogy becsülni tudjuk az egy menetre adódó károsodás mértékét a szerkezet legjobban kiterhelt részében, azaz az ablakkeretek sarkainál. Az egy menetre vonatkoztatott adatokból, a havi futásteljesítmény (33,1 menet/nap, 2021) ismeretében becsülni tudjuk az első repedés megjelenéséig tartó időszakot, amely nem jelent egyet az erősen igénybe vett keresztmetszetben a repedés terjedésének és a teljes keresztmetszetben való károsodásig bekövetkezett időtartammal, de azzal hozzávetőlegesen összevethető nagyságú. Az egy menetre jutó károsodásértékek összegzésével, valamint a napi menetszámmal való szorzás után előáll az első hibahely megjelenésének becsült időtartama, ami jelen esetben ~60 nap, átlagos mértékű üzemi terhelést feltételezve. Az első repedés megjelenésétől számítva a repedés terjedésének és teljes keresztmetszetben való kiterjedésének becsülhető időtartama többszöröse is lehet a kialakuláshoz szükséges időtartamnak, azonban elmondható, többhavi üzem után a jármű nagy valószínűséggel javításra fog szorulni. A szerelvények jelentős mértékű áttervezése, illetve a cseréje javasolt a következő 5-10 éves időszakban.



19. ábra

Feszültségcsúcsok előfordulási számossága a szerelvény egy teljes menete alatt

Konklúzió

A vizsgálatok és elemzések eredményei alapján megfogalmazható főbb megállapítások és következtetések:

1. A szerelvények jelenlegi szerkezeti kialakítása és állapota vasútbiztonsági szempontból nem jelent kockázatot.
2. A vizsgált repedések keletkezési valószínűsége a tervezett karbantartási ciklusokon belül magas, azaz bármikor kialakulhatnak. Ekkor a járműveket nem tervezetten ki kell vonni a forgalomból és javításra kell küldeni: ezzel, mint jelentősen megemelkedő jármű rendelkezésre állási kockázattal és emelkedő üzemeltetési költségekkel kell számolni.
3. A végeselem szimuláció eredményei alapján a járműszerkezetben kialakításánál fogva gravitációs terhelés és a jármű gyorsulása hatására is feszültség ébred a jellemző repedési helyeken. Ehhez adódnak hozzá a merev tetőkapcsolat által létrejövő erőhatások.

4. Méréseink alapján a tetőkapcsolat jelentős, a pályasíkban a menetirányra keresztirányú erőt gerjeszt a kapcsolódó járműszekrényekben.
5. Vizsgálataink alapján megoldást kell találni a tetőkapcsolat merevségének oldására, lényegében a szekunder rugózás funkciójának kialakítására, amellyel a járműszerkezetet érő terhelések csökkenthetők lehetnek.
6. A primer rugózás vizsgálata alapján javasoljuk az egész szerelvény minden tengelyét egyszerre mérni képes csapsúlynyomás mérő berendezés telepítését.
7. A folyamatos javítások terhe mellett a szerelvények hosszútávú üzemeltetésének további gátat szabhat a kritikus helyeken tapasztalható magas feszültségszint. Ez a műszaki tapasztalatok szerint nem csak egy üzem közbeni, hanem egy statikus tönkremenetelt is maga után vonhat, amit súlyosbíthat a folyamatos nagy terhelés okozta feszültségkorrózió is. Mindezekből kiindulva a szerelvények jelentős mértékű áttervezése, illetve a cseréje javasolt a következő 5-10 éves időszakban.

Irodalomjegyzék

[1.] MFAV Szerelvények egyes szerkezeti elemeinek dinamikus szilárdságvizsgálata, VATUKI Budapest, 1977

[2.] MILLFAV forgóvázkeret repedések javítása hegesztéssel MILL J2-3-1, VÜI Technológiai Osztály 1988, 812/251/1988.

[3.] MFAV kocsiszekrények élettartam növelése, Kutatási jelentés 2002. április, SZIMF-TRAFFCO KFT. Győr

[4.] MILLFAV járművek kocsiszekrényrepedéseinek mérési és dokumentálási utasítása, JM-000001-188 Mérési Utasítás, BKV 2022

[5.] MILLFAV járművek kocsiszekrényrepedéseinek felmérése, Jegyzőkönyv, BKV Budapest, 2022.05.23.

ÉSZAK-DÉLI VILLAMOSVONAL fejlesztési lehetősége Miskolc Megyei Jogú Város területén

Demeter Péter[1], Juhász János[2]

[1] Miskolc Városi Közlekedési Zrt. (MVK Zrt.)
telefon: +36 46 514 900/211
e-mail: demeter.peter@mvkzrt.hu

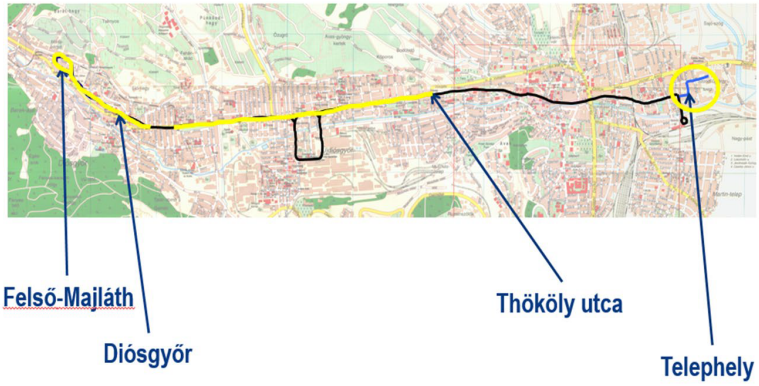
[2] Miskolc Városi Közlekedési Zrt. (MVK Zrt.)
telefon: +36 46 514 900/211
e-mail: juhasz.janos@mvkzrt.hu



Abstract

A cikk számba veszi Miskolc Megyei Jogú Város kötöttpályás közösségi közlekedésének további fejlesztési lehetőségeit és annak hatásait. A téma nem is lehetne aktuálisabb, hiszen a város az elmúlt évben ünnepelte 125. évfordulóját annak az eseménynek, hogy a Szinva völgyében 1897. július 10-én a Tiszai pályaudvar és a Veres templom közötti pályaszakon megindult a villamos közlekedés [1]. A geológiai adottságoknak megfelelően kialakult Szinva völgyi K-NY-i fővonal hosszú időn keresztül meghatározó szerepet töltött be a város kötöttpályás közlekedésében, majd a Csabai kapui egyvágányú szárnyvonal megszüntetésével évtizedek óta változatlan vonalvezetésű hálózaton közlekedik. A Zöld Nyíl Villamos Nagyprojekt során a jelenlegi pályahálózatunk Felső-Majláth felé Ny-i irányban mintegy 1,6 km-rel meghosszabbodott (1. ábra), az utóbbi évtizedekben azonban jelentős strukturális változás a kötöttpályás vonalhálózat fejlesztésében nem történt.

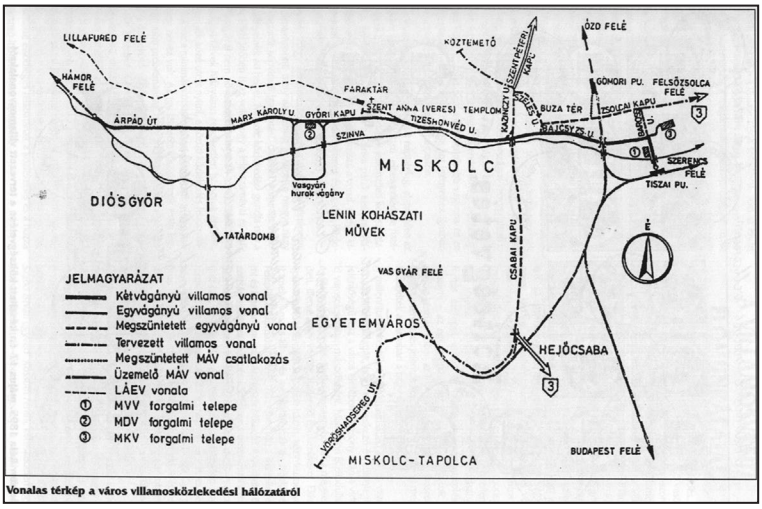
Kulcsszavak: *város szerkezet, kötöttpályás közösségi közlekedés, fejlesztési lehetőségek*



1. ábra
A jelenleg üzemeltetett vonalhálózat

1. Bevezetés

Az észak-déli villamos létjogosultságát már több előzményanyag is vizsgálta, alátámasztotta, ezek közül legjelentősebbnek tekinthető a Transmann Kft. 2005-ben kiadott tanulmánya [2], amely „Miskolc város közösségi közlekedési hálózatának fejlesztése” címen látott napvilágot. Emellett a Nóvia Kft. készített 2006-ban tanulmánytervet [3], amelynek alapfeltételei az abban az időszakban felerősödő Tram -Train fejlesztési lehetőségek, célok, illetve a városi és elővárosi kötöttpályás közlekedési rendszerek összekapcsolására irányultak. Így a MÁV vonalakhoz való csatlakozás Miskolc-Kazincbarcika-Ózd, és Miskolc-Budapest vonalak esetén, illetve Tram -Train rendszerre történő kapcsolódás a Sajó völgyi elővárosi vasúti hálózat megvalósulása során. Ezen fejlesztések egyik elmaradt alapfeltétele a Nádasrétre - a Tapolcai elágazáshoz tervezett intermodális csomópont, amely megteremtette volna a lehetőségét a meglévő DAM iparvágányra történő villamosvasúti rácsatlakozásnak is [4] (2. ábra).



2. ábra
A meglévő, a megszüntetett és a tervezett villamos vonalak

Bár 2010-ben Miskolc Megyei Jogú Város közgyűlése tárgyalta az „É – D villamos vonalfejlesztés” Projekt megvalósíthatósági tanulmány elkészítéséhez támogatási forrás megszerzése” tárgyú előterjesztést, a fejlesztések peremfeltételei az elmúlt időszakban nem valósultak meg, így az É-D-i vonalhálózat tervezésének előkészítése és annak finanszírozási lehetősége is erőteljesen háttérbe szorult.
Az elmúlt két évtized technikai fejlődése a villamos jármű és az infrastruktúra területén olyan új lehetőségeket tár fel, amelyek lényegesen felül írják a korábbi elképzeléseket és tervezési irányelveket. Villamos járművek esetében a részben önjáró akkumulátoros közúti vasúti motorkocsik megjelenésével, a felsővezetéki rendszerek nélkül megtehető távolságok növekedése, a végponti területek elérését teszik lehetővé energetikai infrastrukturális elemek további kiépítése nélkül.
Az EU irányelveket követve és annak történő megfelelés érdekében, felerősödtek az utóbbi években a környezettudatos és az energia válság okozta energiahatékony közösségi közlekedéssel szemben támasztott igények, amely elvárások szerint Miskolc városa is 2030-ra célul tűzte ki a klímasemlegességet.
Az új feltételrendszerek is megerősítik a város kötöttpályás közösségi közlekedése fejlesztésének igényét, ami egyértelműen az É-D-i vonalrendszer kiépítésére irányul. Miskolc városszerkezeti átalakulása, az új ipari létesítmények elhelyezkedése a város É-i és D-i külterületein jelentősen megváltoztatta a napi szintű hivatásforgalom irányát és elvárásait, megerősítve ezzel az új fejlesztés létjogosultságát.
A meglévő kelet-nyugati tengelyben elhelyezkedő jelenlegi kötöttpályás vonalhoz való közvetlen csatlakozási igény az átszállási lehetőségek biztosítása érdekében egyértelmű, így a következőkben részletezett vonalvezetési alternatívákra tesz javaslatot e cikk.

2. Tervezett fejlesztés hatásterülete

A tervezett új vonalat a Szentpéteri kapu – Repülőtéri út elágazásától a Csabai kapu – Miskolc-tapolcai út kereszteződéséig javasolt megtervezni (3. ábra). A vonal két közösségi közlekedési decentrumot köt össze: az északi iparterület nagyfoglalkoztatóit és bevásárló központjait a Csabai kapu legnagyobb utasforgalmi keresztmetszetében lévő átszálló körzettel.



3. ábra
Fejlesztés hatásterülete

Az É-D villamos vonal létrehozásával az autóbusz közlekedés teljes egészében kiváltható, a kor elvárásainak megfelelő pozitív klímapolitikai, környezetvédelmi hatások, járműüzemeltetési megtakarítások keletkeznek, a lakossági, igénybevételi oldalon pedig kimagasló mértékű menetidő megtakarítás várható, amely a csúcsidőszakokban a jelenlegi autóbusszal (személyautóval) megtett 33 – 35 perces eljutási időt 23 percre képes lecsökkenteni.

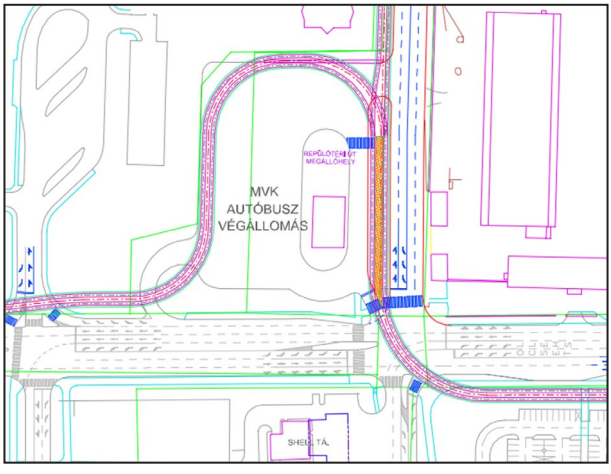
A javaslat csomag utolsó pontjában a Búza téri végállomás az 5. pontban javasolt megvalósítási ütemterv szerint került további, részletesebb kidolgozásra.

A Búza téri autóbusz pályaudvaron a mértékadónak tekinthető tanítási időszaki munkanapokon átlagosan 50 ezer fős utasforgalom bonyolódik le. Jelentős az átszállók nagyságrendje, akik a Kelet – Nyugat irányú várostengelyen közlekedő villamosokra szállnak át. Az átszállás azonban csak több száz méteres gyaloglással tehető meg mindaddig, amíg a Búza tér becsatlakozik a villamos közlekedésbe. Javasolt tehát elsőként, de a teljes Észak – Déli megvalósításba integrálhatóan a fejlesztéseket ezen a sürgető megoldásokat megkívánó kiemelt városi mobilitási ponton elkezdeni.

Ezen elkészült javaslat csomag 2022. évben bemutatásra került a NIF Zrt. részére is annak érdekében, hogy Miskolc városában megvalósított Y-Híd beruházás utáni II. ütemben végrehajtandó tervezési feladatok során a tervezést elvégző szakemberek vegyék figyelembe az itt leírtakat. Mindezek alapján a városi közlekedési infrastruktúra egységes fejlesztési irányok szerint kerülhet fejlesztésre, a tervekben szereplő összes elem képes önmagában is működni, de alkalmas a többi rendszerelem későbbi csatlakoztathatóságára is.

2.1. Repülőtéri elágazás végállomás, mint közlekedési csomópont

A végállomás kialakításakor javasolt a hurok jellegű nyomvonal tervezése, a lehető legnagyobb ívsugarakkal. A Szentpéteri kapu nyomvonalán vezetve a jelenlegi autóbuszos behajtást biztosító kereszteződés helyszínén történhet a villamosok beérkezése a végállomás területére, majd két vágányra elágazva a belső tér szélein vezetett ívekkel javasoljuk a tervezést. Meg kell oldani az utasok érkezéskori leszállását, a tárolótéren történő villamos várakoztatást, az utasok felszállását biztosító peronokat, illetve a végállomás belső és külső vágányútjainak biztosító berendezésekkel történő ellátását (4. ábra).



4. ábra

Repülőtér – Bosch végállomás villamos vágányok beépítése régebbi tervek szerint

2.2. Repülőtéri elágazás – Levente vezér utcai szakasz

A Szentpéteri kapu utcán mérhető forgalom jelentős, az északi agglomeráció, a bevásárló központok, az ipari parkok, egészségügyi létesítmények vonzáskörzetében megjelenő gépjárműforgalom jelenleg is eléri a közút áteresztő képességének határát. A város be- és kilépőpontjának tekinthető szakaszon mindenképp szükséges biztosítani a 2x2 sávos közlekedés lehetőségét, így a villamos pálya nyomvonalát a jelenlegi zöld területekből leválasztva szükséges megtervezni 2 vágányos közlekedéssel a közúttól fizikailag elhatárolt zárt pályán (5. ábra).

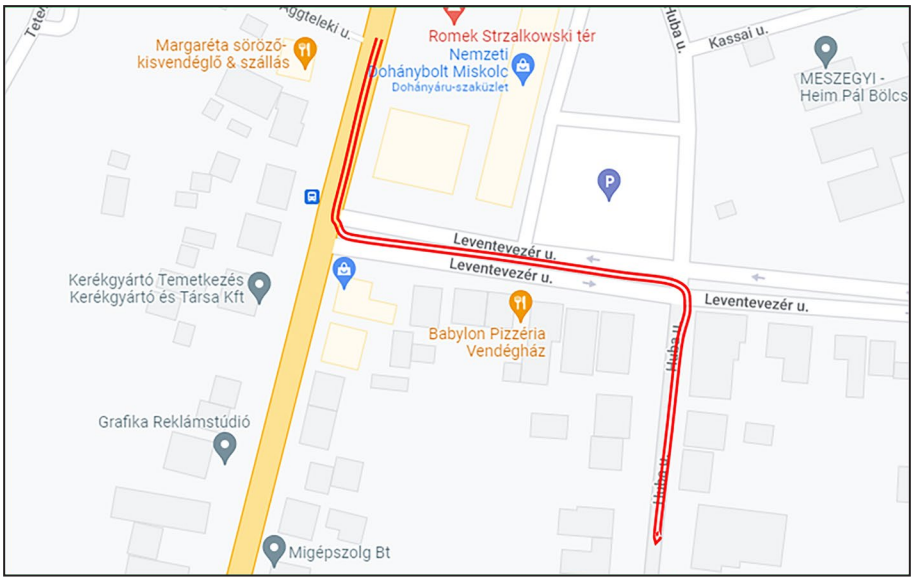


5. ábra

Szentpéteri kapu útszakasz: zárt pálya, villamos közlekedés és távolsági autóbuszok megállóhely kialakítása

2.3. Levente vezér utcai szakasz – Búza tér

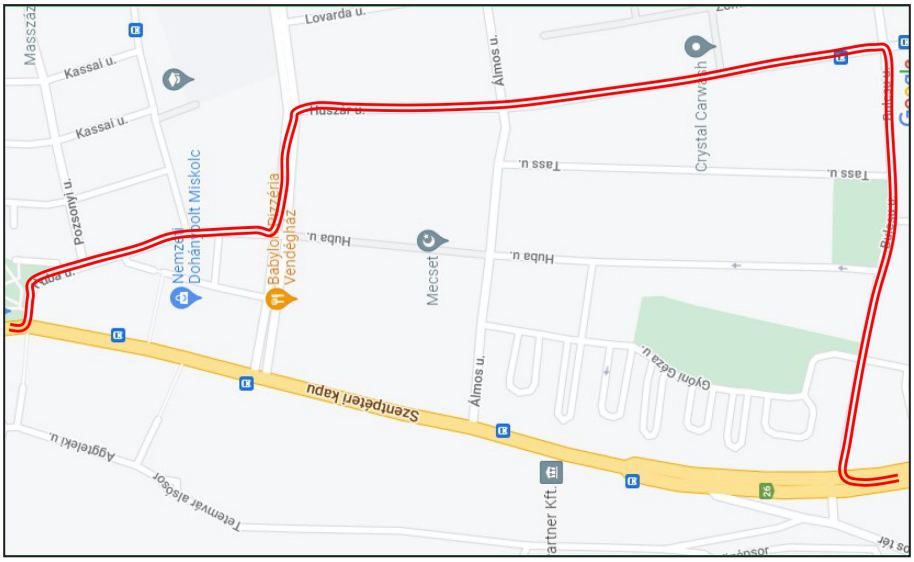
A Levente vezér utca – Búza tér szakaszon a rendelkezésre álló hely szűkössége miatt a közlekedés az egyéb járműforgalommal közösen, vagy az irányok külön választásával, a Szentpéteri kapu utcával párhuzamos Huba utcára, illetve az ebből az utcából elágazó útszakaszokra javasolt átvezetni (6. ábra). Az első megoldási alternatíva szerint a villamos nyomvonal a Levente vezér utcai csatlakozásnál vezethető rá a párhuzamosan futó utcára. A megoldás egyik előnye lehet a Búza tér körzetének gyorsabb elérése. A megoldás hátránya a párhuzamos utcák szűkössége, illetve az ott bevezetendő parkolási tilalmak és behajtási korlátozások szükségessége. Az ott lakókat meg kell tudni győzni a beavatkozás fontosságáról, amellett, hogy közvetlenül a lakóterületük mellett teljesen megújul az infrastruktúra.



6. ábra

Alternatíva 1: Szentpéteri kapu – Levente vezér utca – Huba utca átkötés lehetősége

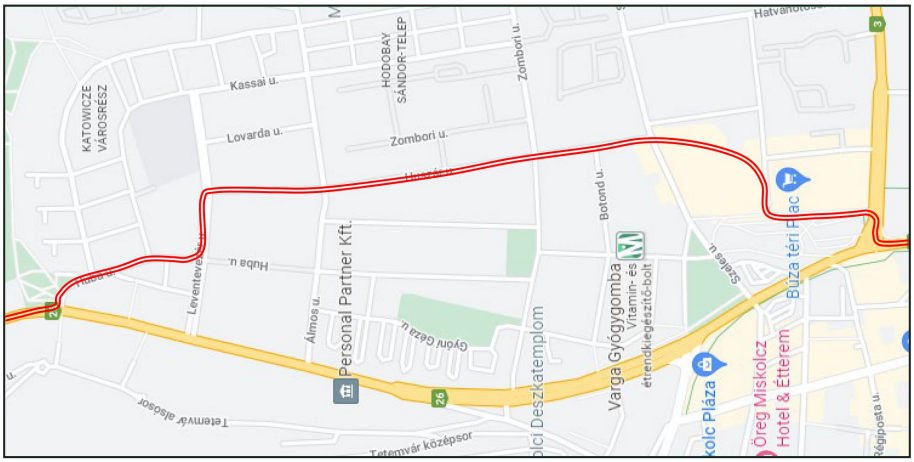
További alternatíva a Huba utca – Levente vezér utca – Huszár utca – Botond utcai nyomvonal (7. ábra). A megoldás előnye az előbbinél szélesebb közúti pálya rendelkezésre állása, illetve az, hogy a lakossági övezetben komfortosabb közlekedést tesz lehetővé, akár a lakóházak jelenlegi parkolási rendje is fenntartható marad.



7. ábra

Alternatíva 2: Szentpéteri kapu – Levente vezér utca – Huszár utca – Botond utca átkötés lehetősége

Lehetőséget látunk hosszabb szakaszon is eltérni a Szentpéteri kaputól, amely esetben a Huszár utcán történő kétvágányos nyomvonal vezetés lehet előnyös megoldás (8. ábra). Ebben az esetben a Búza téri pályaudvarhoz történő bekötés a legegyszerűbben valósítható meg, a Huszár utcáról a jelenlegi piaci parkoló udvaron keresztül. Ez a megoldás biztosítja a Kassai utcai lakótelep bekötését is a vonalhálózatba, így a Szentpéteri kapu – Kassai utca közötti teljes lakóközösség számára elérés nyújtható a villamosközlekedéshez.
A Huba utca – Szentpéteri kapu kereszteződésében található zöld felület, illetve az innen akadálytalanul elérhető Besenyő utcai nagyvasúti pálya kapcsolat által akár a Tram – Train csatlakozás is megvalósítható. A nagyvasúton közlekedő városi szerelvény ezen a ponton tud átszállási kapcsolatot biztosítani a villamos vonalhoz, illetve villamos pályán tovább közlekedve el tud jutni a Megyei kórházhoz, illetve a Repülőtér – Bosch végállomásra az Északi Ipari Park központjához is. Természetesen a Búza tér városközpont felé is.
A fentebb felsorolt alternatívák közül szolgáltatói szempontok alapján ez a verzió a leghatékonyabban működtethető, itt várható a legmagasabb kihasználtság az utasok részéről. Az MVK Zrt. által ez a megoldás támogatott. A jelenleg autóbuszokkal bejárt Szentpéteri kapuban található megállóhelyek körzetéből rágyaloglással elérhető marad a villamos közösségi közlekedés, a Kazinczy Ferenc utcán pedig a már csak ráhordó jelleggel közlekedő autóbuszok biztosítják majd a fő közlekedési útvonalak elérését.



8. ábra

Alternatíva 3: Szentpéteri kapu – Huba utca – Levente vezér utca – Huszár utca – Búza tér

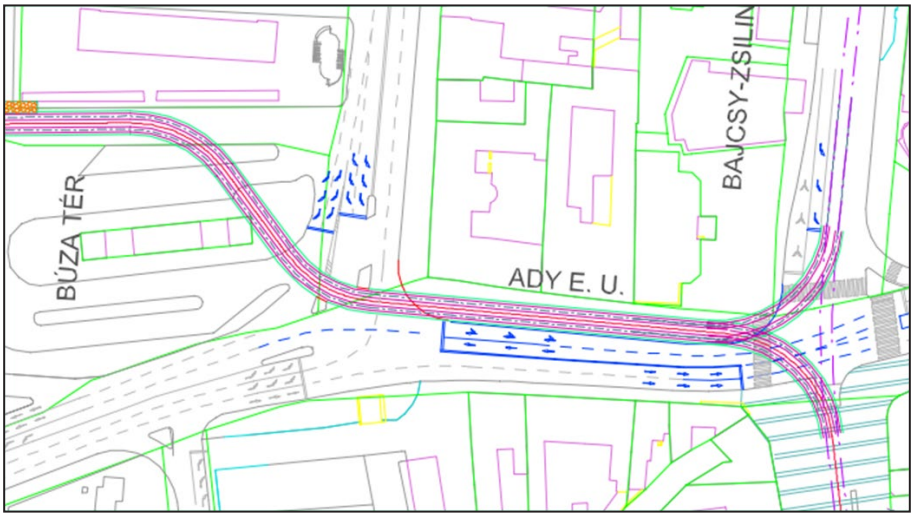
2.4. Búza téri csomópont

Az észak – déli villamos vonal megvalósításának egyik alappillére a Búza tér körzetének érintése, melyet kiemelt módon szükséges figyelembe venni a tervezés során. A Búza tér körzetébe érkező távolsági járatok, valamint az ebben a városrészben található kereskedelmi létesítmények miatt a város legfrekventáltabb utazási körzetének tekinthető ez a helyszín. Az ide érkező és az innen kiinduló utasforgalom nagysága igényli egy kötöttpályás közlekedési decentrum létrehozását is. A villamos vágányok kialakítása szempontjából a körzet legforgalmasabb területével szükséges számolni, ezért több vágány megtervezésével kell számolni, illetve azzal, hogy a decentrum alkalmas legyen az ide bármely irányból érkező villamos irányváltoztatására is. Ehhez megfelelő számú (lehetőleg párhuzamosan futó) vágányt és átszelő kapcsolatot, eset-

leg csonka vágányt szükséges tervezni a rendelkezésre álló hely függvényében. Az MVK Zrt. az autóbuszos közlekedés végállomási funkcióját teljes mértékben kivezeti a Búza tér területéről, a terület rekonstrukciójának befejezése után az autóbuszokkal mindössze átmenő forgalmat kíván lebonyolítani. Az észak – déli villamos vonal tervezési folyamatainak emiatt része kell, hogy legyen a Búza tér autóbusz pályaudvar teljes újragondolása.

2.5. A Búza tér pályaudvar – Széchenyi utca – Villanyrendőr szakasz

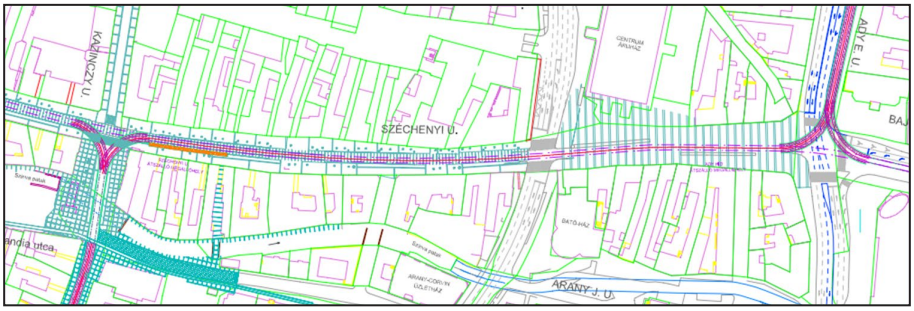
A Búza tér és a Széchenyi utca között 2 vágányú megoldással, az úttest jobb vagy bal oldalán, együttesen vezetve célszerű tervezni, a közúti forgalomtól elzárt módon (9. ábra).



9. ábra

Búza tér – Ady Endre utca – Széchenyi utca, csatlakozás a kelet – nyugat irányú fővonalhoz

A vágányok az Ady Endre – Széchenyi István utcán kapcsolódnak a kelet – nyugat irányú városi vasúti fővonalhoz, mellyel fonódó szakaszt képeznek a Szemere utca kereszteződéséig (10. ábra). Az érintett szakaszon a Szinvapark/Centrum és a Villanyrendőr megállóhelyeken az észak – déli, valamint a kelet – nyugati irányban közlekedő villamosok egyaránt megállnak, így biztosítva az átszállási lehetőséget a város fő utas áramlási irányai között.



10. ábra

a Széchenyi utcai közös szakasz

A villamos nyomvonal tervezésekor fontos szempont, hogy a vágány kapcsolatoknak biztosítaniuk szükséges az úgynevezett 3 irányú eljutást, tehát a belváros felé bármely irányból közelítve megoldható legyen a másik 3 irány felé történő továbbhaladás lehetősége. Mindez azért fontos, mert céljáratokkal a napszakonként meghatározott időszakokban ezzel biztosítható az ipari parkok, vagy a Miskolci Egyetem felé történő átszállásmentes gyors eljutás a város különböző irányaiból (pl. a Déli Ipari Park ezzel a megoldással elérhető a Tiszai pályaudvar felől, a Szentpéteri kapu felől és a Diósgyőri városrészek felől is).
A villanyrendőr megállóhelyek teljes körzetét szükséges újratervezni, látványos, egybefüggő térburkolatokkal, zöld fák lombjaival fedett utas várókkal.

2.6. Villanyrendőr – Népkert szakasz

A Villanyrendőr és a Népkert közötti szakaszon a kétvágányos közlekedést szükséges tervezni, a közúti forgalom elől elzárt módon (11. ábra). Indokolt lehet további megállóhely létrehozása a Mindszent tér körzetében, csökkentve a rágyaloglási távolságokat az érintett lakó, iskolai és szórakozást biztosító övezetekből (avasi borházak, Papszer utca környéke).



11. ábra

Villanyrendőr – Népkert szakaszon zárt pályán, az egyéb járműforgalomtól elkülönített közlekedés

2.7. Népkert – Tapolcai elágazás közötti szakasz

A Népkert – Tapolcai elágazás szakaszán a villamos vágányok építésére rendelkezésre álló hely szűk keresztmetszettel rendelkezik, nem alakítható ki rajta a megszokott kétvágányos városi vasúti közlekedés. A lehetőségekhez mérten helytakarékosabb egyvágányos, megállóhelyenként kitérő vágányok és középperonok kiépítésével azonban feloldhatóak ezek a korlátok (12. ábra). A közlekedés lebonyolítása során, a megállóhelyeken történik a várakozás, a biztonságos közlekedést automatikus, intelligens jelzőberendezések irányítják.

2.8. Tapolcai elágazás – Miskolc város új közlekedési decentruma

Az észak – déli villamosközlekedés déli végpontját a Csabai kapu és a Miskolctapolcai út csomópontjában javasolt kialakítani, létrehozva ezzel Miskolc város új közlekedési központját. Az itt megtervezésre kerülő infrastruktúrának bele kell illeszkednie a már korábban ideépült kereskedelmi egységekhez, üzemanyag töltő állomásokhoz, illeszkednie kell a Hejőcsaba és Miskolctapolca, valamint az Avasi lakótelepről érkező járműforgalom méretéhez egyaránt.
Itt szükséges kialakítani a ráhordó jellegű autóbusz vonalak végpontját (végállomását). A megmaradó autóbuszvonalak szerepe jelentősen átalakul a gerincvonalat alkotó villamos vonalak létrehozásakor. Itt szükséges megtörténnie a közlekedési módváltásnak, tehát az autóbuszok a korábbiaknál jóval rövidebb fordulókat járnak majd be, összegyűjtik a Déli Ipari Park, az Egyetemváros, Hejőcsaba, Görömböly, az Avas lakosságát és újra elosztják a villamos vonalakra. Ugyanez természetesen fordítva is megtörténik napszakoktól és az utazási szokásoktól függő-

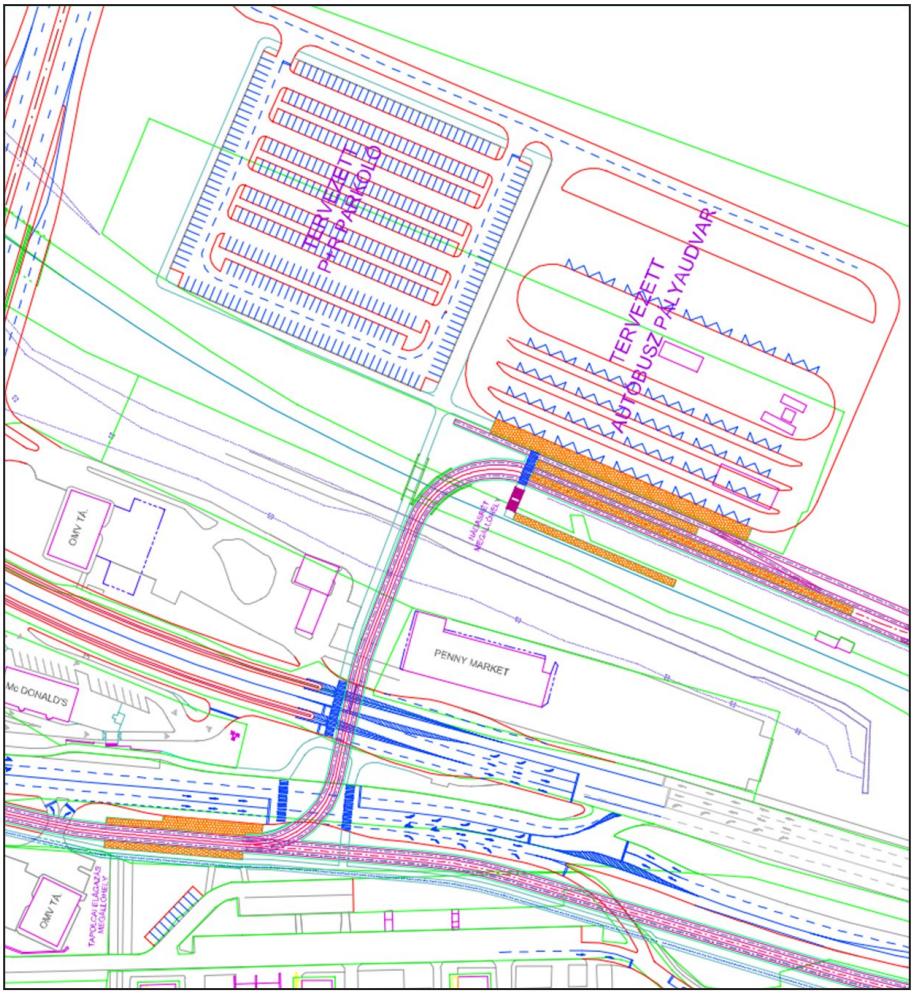


12. ábra
Középperonos közlekedés

en. A város ezen pontján működőképes lehet a P+R parkolás is, a területen rendelkezésre álló helyen, a 13. ábrán bemutatottak szerint megépíthető egy nagy befogadóképességű, utazási díjtermékekbe beépített díjazású parkoló.

A villamosokat a Tapolcai elágazás körzetébe érve két vágányon szükséges közlekedtetni, megfelelő módon szét kell választani a beérkező és a kiinduló kötöttpályás forgalmat, minkét ágon legalább 2 villamos jármű beállását és utascseréjét biztosítani kell, az autóbusz közlekedéshez lehető legközelebb elhelyezve. Az utasok átszállásának gyorsan, komfortosan és biztonságosan kell tudni megvalósulnia.
A területen meg kell oldani a járművezetők munkaközi szünetének kiadását is, szociális jellegű infrastruktúra, fedett utasvárók, jegy és bérlet vásárlási lehetőség megvalósítása szükséges.
A digitális utastájékoztatás legfejlettebb és legszélesebb körű formáját kell telepíteni annak érdekében, hogy az útbaigazítás magától értetődő folyamat legyen, az idősebb korosztály is könnyen tudjon tájékozódni.

A Villanyrendőr és Szinvapark/Centrum átszállóhelyeknek köszönhetően, a fonódó vonalszakaszok által a Tapolcai elágazás új közlekedési központja átszállásmentes utazási kapcsolatot tud nyújtani Diósgyőr irányában fekvő városrészek felé, továbbá a Tiszai pályaudvar irányába is (13. ábra). Az utazási módot itt váltó utazóközönségnek alapvetően szüksége lesz a továbbutazása érdekében autóbuszról, esetleg személygépkocsiról villamosra módot váltani, azonban a jelenlegi utazási idők jelentős mértékű csökkentését teszik lehetővé az egyéb járműforgalomtól elzártan, az útkereszteződésekben előnyben részesített villamosok.



13. ábra

A Tapolcai elágazás korábban készült tervrajzokon ábrázolt, lehetséges kialakítása autóbusz pályaudvarral és P+R parkolókkal

3. Az észak – déli villamosvonal egyéb szükséges infrastruktúra elemei

A kialakítandó városi vasúti pálya áramellátását a jelenlegi áramátalakító állomásokon felül, további két darab áramátalakító állomással lesz szükséges bővíteni. Kihasználható az Arany János u.-i meglévő állomás tartalék kapacitása, illetve a fejlesztés várható megvalósulásakor az egyre nagyobb hatótávolsággal rendelkező, hagyományos felsővezeték nélkül üzemeltethető, új beszerzésű, akkumulátoros villamos járművekben rejlő további lehetőség is.

A déli végponton megvalósítandó decentrumnak alkalmasnak kell lennie éjszakai villamos tárolásra és minimális karbantartási, szervizelési feladatok ellátására is. Az MVK Zrt. komplex telephelyén így elkerülhető a tároló vágányok kényszerű bővítése a megnövekedett számú villamos flotta miatt.

A villamosvonal kis sugarú íveinek, illetve az űrszelvények tervezésekor az MVK Zrt. Skoda 26THU3 típusú villamosainak közlekedtetését is szükséges figyelembe venni. A járművek kocsiszekrényeinek szélessége egyedi méretezésű, a meghajtó vázak merev kapcsolattal vannak a kocsiszekrényekhez rögzítve.

A Görgey utca – Csabai kapu egyvágányos közlekedési rendszerének elméleti követési időköz maximuma irányonként 6 perc, tehát ennél gyakoribb közlekedés nem valósítható meg csak a megállóhelyek közötti szakaszon közvetlenül egymás után haladó villamosokkal (erre a műszakváltások és iskolakezdések időszakában szükség lehet).

Az észak – déli vonal távolság és csúcsidőben számított menetidő adatait és a megállóhelyek felsorolását az alábbi 1. táblázat mutatja be:

MENETIDŐ	MEGNEVEZÉS	TÁVOLSÁG (m)
0	Repülőtér/Bosch	
2	Napsugár Otthon	657
4	Megyei Kórház	639
5	Huba u.	500
6	Kassai utca	441
8	Bulcsú utca	647
10	Búza tér	582
13	Szinvapark/Centrum	450
15	Villanyrendőr	278
17	Népkert	706
19	SZTK Rendelő	660
21	Petneházy bérházak	551
23	Nádasrét központ	450
	∑	**6061**

1. táblázat

Az észak – déli vonal távolság és menetidő adatai

Az elméleti számítások alapján kijelenthető, hogy a mértékadó utazási csúcsforgalmi időszakban 62 perces fordulóidővel történő közlekedés esetén összesen 11 db villamos tud közlekedni 6 perces követéssel az egyvágányos vonalszakaszon. A műszakváltások idején közlekedő céljáratok tovább növelhetik a szükséges jármű darabszámot. A becsülhető járműigény 15 darab többlet villamosban állapítható meg (figyelembe véve, hogy az MVK Skoda típusú járműflottájából is felhasználásra kerül jármű erre a vonalszakaszra).

A szállítási kapacitások tekintetében mindez azt jelenti, hogy az észak – déli (plusz a keleti és nyugati irányokban elágazó) ágon közlekedő 15 darab villamos 3900 férőhelyet biztosít a csúcsidőszakokban, ez 32 darab csuklós autóbusz közlekedtetésével egyenértékű kapacitást jelent, továbbá kb. 25 – 30%-os mértékű menetidő megtakarítás érhető el a jelenlegi közlekedési rendszerrel szemben.

4. Javasolt időbeli ütemezés

A Fejlesztések megvalósítására több lépcsőben is van lehetőség amennyiben a pénzügyi források is csak fokozatos megvalósítást tesznek lehetővé. A megvalósítás – tervezés folyamatának időzítését az alábbi sorrendben javasoljuk:

1. Búza tér pályaudvar fejlesztése – villamos kapcsolat megteremtése az Ady Endre utca – Széchenyi utcai kereszteződésben. A Búza tér területéről a villamos járatok indíthatóságának megoldása. Az északi ág felé történő csatlakozás előkészítése.
2. Az észak – déli vonalszakaszok kiépítése. Célszerű a teljes rendszert együtt kezelve elvégezni a fejlesztéseket, nem célszerű az északi és a déli ágat külön kezelni a járműbeszerzések sajátosságai, az áramellátás megoldása és a déli végponton kialakítandó decentrum együttes fejlesztése miatt sem. A komplex megvalósítással érhető el, hogy a szolgáltatónak ne kelljen nagyobb darabszámban kényszerűségből hosszabb időszakra autóbuszokat beszerezni, vagy a lakosságot hosszú évekre többlet átszállással terhelni. Mindez a szolgáltatástól történő elpártolást eredményezheti, veszélyeztetve a fejlesztés alapvető célját, amely közösségi közlekedés városi modal splitben történő jelentős méret növekedését szeretné elérni.
3. Tram - Train közlekedés beintegrálása a rendszerbe az északi városkapun keresztül Kazincbarcika város felől az útközben érintett települések felfűzésével.

5. Búza tér pályaudvar kiemelt szintű közösségi közlekedési csomóponttá történő fejlesztése

Jelenleg a Búza tér területén elhelyezkedő két autóbusz pályaudvar (regionális és helyi) bonyolítja le a város legnagyobb utasforgalmát. A város ezen pontján a mértékadó napi utasszám kb. 50 ezer fő, akik főleg Miskolc elővárosi körzeteiből érkeznek, azonban jelen vannak a helyi autóbusz közlekedés utasai, valamint a bevásárló központok, illetve a helyi termelői piac vásárlói is. Az utasforgalom jellemzően itt cserél közlekedési módot: az autóbuszos átszállások egy része a Búza tér pályaudvaron zajlik le, azonban az átszállások kb. 70 százaléka a 400 méteres gyaloglási távolságra lévő Szinvapark/Centrum megállóhelyen történik meg. Ezen a ponton érhetők el a villamos közlekedés Kelet – Nyugati irányban húzódó vonalai, valamint több, oktatási, egészségügyi intézmény, illetve a Déli Ipari Park irányába közlekedő autóbusz vonal.

A 400 méteres rágyaloglási távolság csökkentése, esetleg nullára redukálása jelentősen javítaná a közösségi közlekedés igénybevételével történő utazási hajlandóságot, a belső utazási hálózaton történő átszállási kapcsolatok minőségi átalakítása a teljes városképre pozitív hatást gyakorolna.

A helyzet megoldására korábban is készültek tervek, melyek alapján kijelenthető, hogy a rendelkezésre álló tér, valamint a meglévő úthálózat alkalmas arra, hogy a villamos közlekedés integrálható lehessen a Búza tér pályaudvar közlekedési rendszerébe. Ez a fejlesztés – az észak – déli városi vasúti hálózat részeként – önmagában is végrehajtható, első intézkedésként megalapozva a nagyobb léptékű közlekedési célú városfejlesztést. A rendelkezésre álló fejlesztési források függvényében első lépcsőként értelmezve a terület átalakítását azonban nem jelenti azt, hogy ideiglenes megoldás születik, az utas felvételi pontok, a közúti vonalvezetések, a vágánykapcsolatok hosszútávon működőképesek, a lentebb bemutatásra kerülő tervezési javaslat alapján megfelelően illeszkednek az észak – déli villamos vonalhálózatba.

5.1. Illeszkedés a Búza tér jelenlegi közlekedési rendszerébe

A Búza tér pályaudvaron jelenleg két szolgáltató, a Volánbusz Zrt. és az MVK Zrt. van jelen, a regionális és a helyi közösségi közlekedési szolgáltatás lebonyolítása során itt történik az autóbuszok indítása, érkeztetése és rövidebb idejű tárolása is. A tervezett villamos közlekedést integrálni úgy célszerű, hogy a meglévő autóbuszos kiszolgáló létesítmények méretét és darabszámát ne szűkítse, ne korlátozza, lehetőség szerint csak a ki és bevezető útvonalak tekintetében foglaljanak el helyet a villamos vágányok.

Továbbá biztosítani kell a későbbiek során megépülő északi közúti vasúti vonalvezetéshez történő csatlakoztathatóságot is.

A Búza téren fentebbi szempontok alapján, egy helyszínen lehet megvalósítani a beavatkozást, amely a jelenleg személygépkocsi parkolóként funkcionál. A parkolóként használatos terület a kistermelői piac csúcsidőszakában sincs kihasználva, tehát a villamos vágányok, a megállóhelyként szolgáló peronok, utasvárók elhelyezése nem ütközik akadályokba, épületek bontására sincs szükség. A javasolt elhelyezést a 14. ábra szemlélteti.



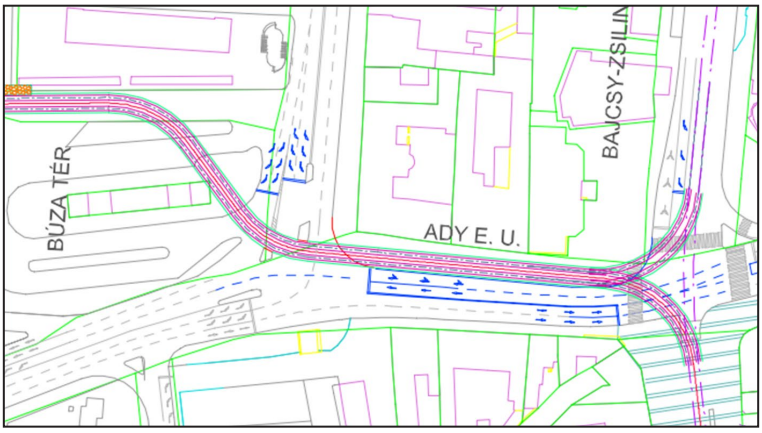
14. ábra

Búza tér pályaudvar villamos peronok elhelyezkedése

5.2. Vágányutak vonalvezetése

A Búza térhez vezető vasúti vágányok vonalvezetésének tervezésekor kétvágányos rendszert szükséges létrehozni, külön vágányon kell a villamosokat oda és vissza irányban is közlekedtetni. Az Ady Endre utca jelenlegi forgalmi rendjébe kell tudni beilleszteni az új vágánykapcsolatokat, egyfelől biztosítani kel a telephelyi ki-, és be irányú kapcsolatot, valamint a Felső- Majláth felé történő oda-vissza közlekedés lehetőségét.

Az Ady Endre utca – Zsolcai kapu kereszteződésben körforgalomba szervezett, forgalomirányító jelzőlámpák által szabályozott rendszert célszerű létrehozni (15. ábra).



15. ábra

Búza tér – Ady Endre utca – Széchenyi utca, csatlakozás a kelet – nyugat irányú fővonalhoz

5.3. Villamos vonalak bővítésének lehetőségei

Miskolcon jelenleg három villamos vonal van:

- 1-es vonal a Tiszai pályaudvar – Felső-Majlát között,
- 1A-s vonal Tiszai pályaudvar – Diósgyőri Gimnázium között,
- 2-es vonal Tiszai pályaudvar – (Vasgyár) Újgyőri Főtér között.

A Búza tér pályaudvar vonalhálózatba történő bekötése esetén javasolt a legnagyobb utasforgalmat lebonyolító szakaszon közlekedtetni a villamosokat, tehát a jelenlegi 1A-s járatsűrűség fenntartása mellett célszerű ennek a vonalnak a belvárosi végpontját áthelyezni a Búza térre. A Búza tér irányába közlekedő Központi telephelyről kiinduló, vagy az onnan beálló járatok menetrendje is meghirdethető, tehát a Tiszai pályaudvar – Búza tér közötti villamosközlekedés is megoldódhat.

Összefoglalás

A feladat és a lehetőség tehát adott, Miskolc város további kötöttpályás fejlesztése elengedhetetlen, tehát a tulajdonosi döntések, műszaki-közlekedési elhivatottság, a gazdasági lehetőségek, illetve politikai szándék találkozásának pozitív eredményét a fejlesztés megvalósulása esetén az utazóközönség élvezheti hosszú távon.

Irodalomjegyzék

[1] 125 éves a miskolci villamosközlekedés 2022.

[2] Miskolc város közösségi közlekedési hálózatának fejlesztése, Transmann Kft. 2005.

[3] A Miskolc, Észak – Déli villamosvonal tanulmánytervéhez, műszaki leírás, Nóvia 2006.

[4] 100 éves Miskolc város tömegközlekedése 1997.

Az elmúlt hat évben lezajlott budapesti M3 metrófelújítás

Hernádi Péter

SWIETELSKY Vasúttechnika Kft.
telefon: 30/4298782
e-mail: p.hernadi@vasuttechnika.hu

Abstract

A mintegy hároméves átfutási idővel tervezett metrófelújítás közel hat év alatt, de elérkezett a befejezéshez. A cikkben összefoglalásra kerültek a főbb momentumok, megvizsgálva azok hatásait, a problémák megoldásait, tanulságait.

Kulcsszavak: *előkészítés, tervezés, lebonyolítás, újratervezés, kompromisszumos megoldáskeresés, siker*

Bevezetés

2017. szeptember 4-én aláírásra került a BKV Zrt. és a SWIETELSKY Vasúttechnika Kft. között a Budapesti M3 metróvonal rekonstrukciójának minden bizonnyal leghosszabb nevű, egyúttal a legkomplexebb műszaki feladathalmazt magába foglaló vállalkozási szerződés, ezáltal ténylegesen megindult a szakma (és különösen az üzemeltető) által régóta várt felújítás. Azt, hogy az előzetes elvárásokkal szemben a felújítás ténylegesen mit is jelentett, jelen cikkben próbáltuk összefoglalni.

1. A beruházás alapjai

Miért is volt annyira várva-várt ez a beruházás? Az M3 metróvonal a szocializmusra jellemző tervgazdálkodás évtizedeiben épült meg. A tényleges kivitelezés 1970-ben kezdődött hatvannégy vállalat mintegy kétezer embere részvételével. A kivitelezés a Kun Béla téri (Ludovika téri) szellőző akna süllyesztésével kezdődött 1970 júniusában, majd a kelet-nyugati és észak-déli vonalat összekötő üzemi alagút és a Ferenc körúti (Corvin-negyed) aluljáró építésével folytatódott. 1971. év végén és 1972-ben indult el a Ferenc körúti (Corvin-negyed), a Felszabadulás (Ferenciek tere) és a Deák téri mélyállomás, valamint a Kun Béla tér (Ludovika tér) és a Ferenc körúti (Corvin-negyed) közötti vonalalagút építése. A Kálvin téri aluljáró kialakítása 1973-ban kezdődött. Közben a felszíni csomópontok építésével a városkép is átrendeződött. A Deák tér és Nagyvárad tér közötti 4,7 kilométeres szakaszt, 6 állomással 1976. december 31-én üzembe helyezték (1. ábra). A metróépítés folytatódott a Nagyvárad tér és a Kőbánya-Kispest végállomás között 1975 februárjában, a Népliget és Határ út közötti szakaszon közműáthelyezéssel, illetve a Kőér utcában tereprendezéssel. 1976-ban a kismélységű állomásokon és a vonalalagutak szerkezetén dolgoztak. 1977 elején az Ecseri úti és a Könyves Kálmán körúti, májusban a Pöttyös utcai, míg júniusban a Határ úti metróállomás építésénél kezdődött meg a munka. 1978-1979-

ben felszíni rendezés történt és a hiányzó szerkezeti elemek megépítése. A Kőbánya-Kispest végállomást, a két városrészt elválasztó MÁV-vágányok feletti 235 méteres acélhídhoz kapcsolódva alakították ki. Itt valósult meg először közös metró-MÁV állomás. A második szakasz átadása 1980. március 29-én történt, amikor is 4,5 kilométer pályaszakasszal és 5 új állomással bővült a vonal. Az észak-déli metróvonal újabb szakaszát 1981. december 30-án helyezték üzembe, 2,4 kilométerrel és további 3 állomással, így már az Élmunkás (Lehel) térig közlekedett a kék metró. Ennek a rövid szakasznak az átadásával Budapest három nagy forgalmú központi pályaudvara (Keleti, Nyugati, Déli) metróval is elérhetővé vált. A Marx téren (Nyugati tér) Budapest legnagyobb földalatti terét alakították ki, és a felszíni tömegközlekedés rendszere is megváltozott. Az ország akkori gazdasági helyzete miatt a metró építés üteme lelassult, de befejeződött, és 1990. december 14-én felavatták az utolsó Újpest-Központig tartó 3,9 kilométeres szakaszt és a 4 új állomást. [1]



1. ábra

Ideiglenes kocsiszín a Nagyvárad téren – a hármas metró első szakaszának átadásakor [2]

Amint ebből a történelmi összefoglalóból is kiderül, az M3 metróvonal nem egységes szerkezetű, nem egységes korú, nem egységes állapotú. Legidősebb részei majdnem fél évszázadosak lettek, de a legfiatalabb részek is három évtizede viselték az utasok és a metrószerelvények majdnem 24 órás forgalmát. Az eltelt időben az üzemeltető láthatólag a karbantartások teljes körű elvégzésére sem rendelkezett minden erőforrással, a tervszerű karbantartást meghaladó felújításra, korszerűsítésre pedig nemcsak pénz, hanem lehetőség sem nyílt, hiszen az M3 metróvonal európai viszonylatban is hatalmas, Magyarországon és Közép-Európában pedig egyenesen a legnagyobb utasforgalmat lebonyolító közösségi közlekedési viszonylattá nőtte ki magát, melyen a haváriáktól elvonatkoztatva akár egy hétvégi vágányzár gondolata is meghaladta a döntéshozók fantáziáját. Az éjszakai 3 órás üzemszünetekben pedig csoda, hogy az üzemeltető hatalmas munkaerő alkalmazásával egyáltalán a biztonságos üzem feltételeit fenn tudta tartani. Így aztán az építési hibák és hiányosságok helyreállítására sem volt lehetőség, a szakaszos építésből és átadásból eredő vágányképi anomáliák felszámolására sem volt mód, míg a föld alatti és feletti beton- és vasbetonszerkezetek idővel szaporodó és súlyosbodó károsodásait is csak ideiglenes jellegű beavatkozásokkal lehetett kezelni, nem beszélve a felszíni szakasz és a

járműtelepi altalaj viszonyai (feltöltött mocsaras terület) miatt keletkezett pályadeformációkról. A talán már az építés idején is csak a keleti blokk területén korszerűnek tartott gépészeti és elektromos berendezések és hálózatok elöregedtek, elavultak, ugyanakkor a metró működtetése miatt ezek akár részleges cseréjére nem volt mód.
A metrófelújítás tehát szakmailag, műszakilag megkérdőjelezhetetlenül indokolttá vált az M3 metróvonalon, azonban hazánkban az infrastruktúra-üzemeltetés és -fenntartás területén attól, hogy valami szükséges és indokolt, még egyáltalán nem jelenti azt, hogy meg is valósul. Nyilvánvalóan az elsődleges indok a forráshiány, ezzel minden infrastruktúra-üzemeltető küzd a világ minden pontján. Sajnos Magyarországon arányaiban sokkal több forrás jut fejlesztésre és új építésre, mint üzemeltetésre és fenntartásra, és nyilván ezen a helyzeten nem segít, hogy a forráshiány miatt elmaradt üzemeltetési és fenntartási feladatokra az Unió sem nyújt fedezetet.
A helyzeten csak akkor lehetne érdemben változtatni, ha az egyes beruházások megvalósításánál az előállítási költségekkel szemben a teljes élettartam költség kerülne vizsgálatra Ez nemcsak a beruházások műszaki tartalmát segítene optimalizálni, hanem talán az üzemeltető kezébe is kerülne egy olyan érvrendszer, ami alapján a szükséges forrásokra igényt tarthatna. A forráshiány mellett azonban még egy jelentős hátráltató tényező miatt késlekedett a metrófelújítás indítására vonatkozó döntés: az M4 metróvonal építéséhez kapcsolódó negatív médiakampány, amely miatt nem csak a metróvonalak építése vált tabu témává, nemkívánatossá, de úgy általában véve a metróvonalakkal való foglalkozás is politikailag a „nem túl vonzó" kategóriába került, és ha egy fontos ügy nem talál kellő érdekérvényesítő képességgel rendelkező támogatóra, akkor lehet az akármilyen fontos, nem tud megvalósulni.
A szakmailag egyre fenntarthatatlanabbá váló műszaki állapot és a politikai támogatás hiánya olyan kényszerhelyzetbe hozta az üzemeltetőt, hogy a beruházás késlekedése miatt 2014-2015-ben a teljes vonalszakaszon síncserét volt kénytelen végrehajtani. Ezen intézkedés jogosságát egyébként 2018-ban vélhetően ugyanazok a döntéshozók kérték számon az üzemeltetőn, akik miatt ez az intézkedés szükségessé vált. A felújítás keretében végzett állapotfelmérés kimutatta, hogy a pálya és leerősítés hibáinak javítása nélküli, üzemszünetekben végzett síncserék nyomán a sínek állapota igen gyorsan leromlott.
Amikor végre zöld lámpát kapott a beruházás, nagy erővel kezdődtek meg a tervezési munkák, s valószínűleg ekkor szembesültek először a szakemberek azzal, hogy amit ésszerűnek, korszerűnek és szükségesnek tartanak, annak megvalósítása legfeljebb a már emlegetett teljes élettartam költség vizsgálata esetén lenne indokolt. A projekt szemlélet azonban csak a beruházási költségeket vizsgálta, így ez bekorlátozta a lehetőségeket. Nyilván számos vita lehetett ekkor az üzemeltető-beruházó-tervező-támogató között, mi az a műszaki tartalom, ami csökkenthető, mi az, ami fontos, s mi az, ami nem. Ennek nyomát viselik azok a több körben lefolytatott eredménytelen közbeszerzési eljárások, amelyeken hol a műszaki tartalom, hol a szerződéses feltételek módosultak mindaddig, amíg legalább részben olyan ajánlatot tudtak tenni a leendő kivitelezők, amik nagyjából belefértek a forráskeretbe.
Mindez most már a történelem (feledhető) része, s végre elérkezett az a pillanat, amikor fegyvert (szerszámot) ragadhattunk, és ténylegesen megkezdődhetett az M3 metróvonal felújítása.

2. Minden kezdet nehéz

A metrófelújítás műszaki tartalma, ahogy a fenti előzmények azt már sejtetni engedik, nehezen volt meghatározható konkrétumokban. A beruházó természetesen meg volt győződve arról, hogy teljes bizonysággal azt tartalmazzák a szerződések, amit elképzelt. A vállalkozónak szin-



2. ábra

A SWIETELSKY Vasúttechnika Kft. speciális M3 metrókompatibilis szállítóeszköze [3]

tén teljes bizonyossága volt abban, hogy mire adott ajánlatot, és amiben nem volt biztos, arra kérdéseket tett fel még az ajánlati időszakban. Az Üzemeltető valószínűleg bízott abban, hogy azt tartalmazza a szerződés, amit előzőleg véleményezett. Ugyanakkor a tenderek lebonyolításában számos közreműködő volt (lebonyolító, tervező, beruházó, mérnök, üzemeltető). Talán ma már senki se tudná megmondani, hogy a teljes terjedelmében mintegy 150 kg-ot kitevő Co234 szerződés, amelyet Társaságunk elnyert, hány helyen és hány közreműködő segítségével született meg. Ahogy így utólag megállapítható, mindenki a saját részeire összpontosított, és valószínűleg sem időben, sem szakértő létszámban nem bővelkedett senki, ráadásul ahogy az már a bevezetőben említésre került, a tenderek darabszáma, terjedelme, tartalma, volumene többször is változott, amely változásokat természetesen a dokumentációkban nem sikerült homogén módon átvezetni. Nyilvánvalóan erre a kézenfekvő megrendelői megoldás: majd a vállalkozó átvezeti minden dokumentáción, hiszen ő tudja mire vállalkozott. A vállalkozó ezt tudomásul is vette, meg is bízta a tendertervek készítőjét, hogy vezesse át azokat a módosításokat, amik a közbeszerzési eljárások során nevesítve lettek, hiszen ő részt vett minden ilyen tenderfázisban, tehát tudnia kell, mi változott. És itt kezdődtek a nehézségek. A tervező ugyan készített terveket, de hogy az az egész műszaki tartalmat képező torta hogyan lett a különböző szerződések között feldarabolva, nem tudhatta. Bizonyos változtatásokkal ráadásul az érintettek egy része nem is értett egyet. Az is előfordult, hogy egyes szereplők nem a végleges dokumentációból kezdtek el munkálkodni, hanem valamely korábbi változatból.

Azt is fontos megjegyezni, hogy ilyen volumenű metrófelújítás nem igazán volt még hazánkban. Az M2 metróvonal felújítása lényegesen kisebb lépésekben és műszaki tartalommal valósult meg, talán nem túlzás azt kijelenteni, hogy igazából minden oldal tapasztalatlanul állt a feladat előtt. Az eltérő szereplők eltérő szempontrendszerek alapján próbálták képviselni az álláspontjukat, és a fentiekben vázolt helyzet bizony képlékennyé tette a vitás ügyeket, mint ahogy sok-

szor az életben, nem igazán volt fekete-fehér alapon eldönthető kérdés. Vállalkozói oldalról legtöbbször azt kellett tudatosítani a felekben, hogy a felújítás nem egy új építést jelent, az egykori építési körülmények olyan peremfeltételt jelentő adottságok, amiken egy felújítás keretében nem, vagy csak részlegesen lehet javítani.
A gyakorlatban mindezek az ellentmondások, viták hetekben, hónapokban voltak mérhetőek, hiszen annak ellenére, hogy vállalkozónak tervezési feladata nem lett volna, jóváhagyott kiviteli tervek alapján gyakorlatilag azonnal kellett volna munkát kezdenie, még a tervek előzőekben leírt aktualizálása sem volt egyszerű, az azokra épülő anyagbemutatások, technológiai utasítások, minősítési és mintavételi tervek kidolgozása és jóváhagyatása pedig értelemszerűen lehetetlen volt.
És hogy mindezt még tovább fűszerezze az élet, úgy alakultak a közbeszerzési eljárások, hogy a déli és a középső szakasz állomásainak eljárásai eredménytelenek lettek, így a jól átgondolt eredeti organizációs terv, mely a déli szakasz felújításával kezdődött volna, gyakorlatilag használhatatlanná vált, annak átdolgozására pedig pontosan zérus idő állt rendelkezésre, hiszen a szerződéskötést követő 60 napon belül a munkákat meg kellett kezdeni.

3. Beindult a munkavégzés



3. ábra

A metrófelújítás kezdeti időszaka az északi szakaszon [1]

Aki nem volt ott, az biztosan kételkedve olvassa majd azt, hogy az immáron első fázisba került északi szakasz lezárása előtti napokban/hetekben is felmerült, hogy talán mégsem kellene ezt ilyen körülmények között elkezdeni. A szerződés azonban nem hagyott kiskaput erre vonatkozólag, ráadásul hatalmas politikai és média nyomás nehezedett a beruházóra, így aztán minden

bizonytalanság ellenére lezárásra került a Lehel téri kitérő körzettől északra terjedő szakasz, és megkezdődött a munkavégzés.
Az első munkafázisok természetesen adottak voltak, mérések és vizsgálatok (geometriai-, állapot-, visszanyereményi stb. felmérések), nagytakarítás, majd bontás. Itt fontosnak tartom megemlíteni, hogy pl. a teljes alagúti szakaszra háromdimenziós, ponthalmazfelhő alapú térbeli modell készült, melyhez nagyon sokszor fordult minden érintett, amikor valamiről pontosabb információ volt szükséges.
Ezekkel az első munkafázisokkal egyidőben kellett minden félnek szembesülnie azzal, hogy hiába a több évnyi megelőző tervezés és egyeztetés, sajnos a tervező kiindulási adatai nem feleltek meg a valós helyzetnek. A teljesség igénye nélkül pl. a metró üzemben rendelkezésre álló geodéziai alappontrendszer sűrítése és részbeni pótlása miatt a terveket mind magassági, mind vízszintes értelemben korrigálni kellett. A pontszerű szintezéssel felmért pályabeton szintek a valóságban sokkal heterogénebb állapotot mutattak. A több mint 50%-ban visszaépíthetőnek feltételezett sínekről a szerződés műszaki előírásai szerint mindössze néhány ezrelék volt visszaépítésre alkalmasnak minősíthető. Az organizáció alapját képező hosszított és hétvégi üzemszünetek időtartamát számos dolog csökkentette, mint pl. a feszültségmentesítés és a feszültség alá helyezés jelentős ideje, egyes nagy tömeget vonzó fővárosi rendezvények, melyek kiemelt fontossága miatt számos vágányzár maradt el, vagy rövidült. Az északi szakasz vasúti szállítással történő kiszolgálása az eredeti organizáció szerint a déli szakasz megelőző lezárása hiányában gyakorlatilag többszörösére nőtt időben, míg pótlólagos vasúti kapacitást (különösen a teljesen zárt, speciális üzem miatt) sem az üzemeltető, sem a kivitelezők nem tudtak felvonultatni, bár ennél is szűkebb korlátot jelentett már ekkor is a vasúti járművezetők és tolatásvezetők korlátozott létszáma. Erre a szállítási kapacitáshiányra jelentett enyhítést a társvállalkozóval közösen kialakított leadónyílás, mely a Temesvár utca térségében a felvonulási területnek tervezett zöldfelületen került kialakításra a metróalagút födémének kibontásával. Ezt követően a leadónyílás méretével összeegyeztethető szállításokat (pl. transzportbeton) át tudtuk szervezni közúti szállításra, ami enyhítette a szűkös vasúti szállítási kapacitások túlterheltségét.
A vasúti pálya korszerű zaj- és rezgéscsillapított leerősítésének kiválasztása és megtervezése különös jelentőségű feladata volt a vállalkozónak. Erre már az ajánlati időszakban számos mérés, egyeztetés történt, ami alapján körvonalazódott a megoldás, azonban mire a kivitelezési szerződés megkötésre került, addigra álltak elő a korábbi járművekre műszaki jellemzőikben egyáltalán nem hasonlító első felújított fehér metrószerelvények, majd rövid időn belül el is tűntek a régi kék szerelvények. Mivel a szerződésben bizonyos helyszíneken konkrét zajcsökkentési előírások voltak megfogalmazva, a biztonság érdekében összehasonlító vizsgálatokat kellett végeznünk a különböző típusú járművek jelleggörbéinek megismerése érdekében. A számításokkal történő igazolások alapján végül kiválasztásra került az alkalmazni kívánt leerősítés, de a szerződés ennek elfogadását számos vizsgálathoz kötötte, melyek időszükséglete bizony jelentős volt. A hazai egyetemi és vizsgáló laborok folyamatos megkeresésével végül viszonylag gyors átfutással sikerült megszerezni a megfelelő eredményeket, melyeket akkreditált szervezettel tanúsíttatnunk is kellett. Mire fellibbent a zöld zászló a leerősítés előtt, addigra kiderült, hogy a gyártás globalizációja miatt az akkor már kezdődő globális konténer szállítási nehézségek miatt a korábbi 3-4 hetes szállítási idők 8-10 hétre nőttek. Nem egy alkalommal kényszerültünk repülőre tenni és szó szerint a fél világon átreptetni azt a mennyiséget, amivel az adott szakasz kivitelezhető volt. Aki azt gondolja, hogy ez nem volt egy olcsó mulatság, az nem téved.
Az alagútszerkezetek szigetelésének javítása önmagában is megérdemelne egy külön előadássorozatot. Itt most röviden csak annyit tartok fontosnak megjegyezni, hogy az M3 metróvonal

alagútjai számos különböző szerkezettel, anyagokkal, mérettel és technológiai fegyelemmel készültek el, de egyetlen helyszínen sem volt még tervezetten sem porszáraz, azaz teljes hosszában lehetett számítani beszivárgásokra. Nyilván az eltérő szerkezetek, mélységi viszonyok, talajviszonyok, talajvíz viszonyok és az alagútszerkezetek eltérő állapota függvényében is teljesen eltérő volumenű vízmennyiségekkel szembesültünk. A szakkivitelezők és az erre szakosodott injektáló műgyanta, hab és gél gyártók bevonásával gyakorlatilag 6-8 hónapon át került sor vizsgálatokra, próbabeépítésekre, ameddig sikerült tulajdonképpen minden jellemző hibatípusra megfelelő beavatkozási technológiát és ahhoz tartozó anyag kiválasztást jóváhagyatni.
A kábeltartó szerkezetek kiválasztása, jóváhagyatása és kivitelezése is bőven kitöltene egy egész előadást, vállalkozó javaslata alapján végül sikerült egy korábban nem ismert lengyel gyártmányú kábeltartó rendszert beépíteni, azonban csak egy jellemzőként megemlíteném, hogy a funkciótartó szerkezetekre vonatkozó jogszabályok specialitása miatt (a kábeltartó minősítését a rajta lévő kábelek megfelelő funkciótartása adja meg) 4-5 égetési kísérlettel kellett bizonyítani a megfelelőséget, holott a kábeltartóval kapcsolatban semmilyen probléma nem merült fel.
A szakmai problémákat az ezekre allokált szakértői csapatok nagy örömmel vették górcső alá, gyakorlatilag mindenki legjobb tudása szerint igyekezett megoldást találni, ezek végén azonban általában minden szempár a vállalkozóra szegeződött, hiszen neki kellett volna a kitalált műszaki tartalmat megvalósítani. Ez rendszerint nem egyezett meg a tendertervekben szereplő műszaki megoldással, de jó esetben sikerült megtalálni azt az előre nem látható okot, amely minden félen kívül áll, és így egy változtatási eljárás keretében a kívánt műszaki tartalom megvalósíthatóvá vált. Sajnos számos esetben nem ez volt a helyzet, hanem egyszerűen a tervekben foglalt műszaki tartalom nem a valós állapotra épült. Ilyenkor aztán szoros egymásra mutogatás kezdődött, s végül általában a tervező bizonyította, hogy ő a kapott adatszolgáltatásra tervezett, ami a 40-50 évvel korábbi kivitelezési dokumentáció volt. Sajnos egyesesetekben már az akkori állapotban sem lehettek ezek a tervek a valósággal egyezőek, de az eltelt négy-öt évtizedben folytatott üzemeltetési és fenntartási tevékenységet semmilyen módon nem tükrözhette. Mindazonáltal ez egy megfontolásra érdemes tanács a jövő építői, mérnökei, beruházói és üzemeltetői felé, hogy a megvalósult állapotot pontosan dokumentálni kell, majd arra a fenntartási tevékenység során végzett beavatkozásokat is fel kell vezetni. Mindazonáltal ezekben az ügyekben is megoldást kellett találni. A beruházó keze ilyenkor úgymond meg volt kötve, hiszen amennyiben az előre nem láthatóság nem áll fenn, úgy a jogi környezet nem teszi lehetővé a megváltozott műszaki tartalom megrendelését, a vállalkozónak így csak a szerződés szerinti pénzügyi keretek álltak rendelkezésére. Ilyenkor aztán megindult a kompromisszum keresése, mondjuk úgy, iterálással, kreatívan. A lehetőségeinken és korlátainkon belül partnerként álltunk az üzemeltető mellé, ezáltal sikerült szinte minden ügy végére megnyugtató megoldást kidolgozni.

4. Eljött az első mérföldkő

Miután a fenti problémahalmazokra sikerült konszenzusos megoldásokat találni, el is érkezett a szerződés szerinti első kötbérterhes határidő, ahol minden szem a vállalkozókra meredt, miért nincs kész a mű? A teljesen eltérő organizációra és műszaki tartalomra épülő szerződésben meghatározott megvalósítási idő kétségtelenül szemben állt a realitással, de ahogy azt már említettük, beruházóra hatalmas politikai és társadalmi nyomás hárult. Számos kellemetlen órán, napon, héten keresztül feszültek egymásnak a felek, gyakorlatilag mindenki egy-egy (de különböző) kényszerpályán mozgott, melyen végül néhány külső objektív körülmény, és minden érintett maximális kompromisszum készsége szülte meg azt a forgatókönyvet, ami alapján a kudarc-

cá válás helyett a metrófelújítás első üteme sikersztorivá vált, és 2019 márciusában az utasok birtokba vehették az első hat felújított állomást és a hozzá kapcsolódó pályaszakaszokat. Amint az építési por elült, szembeötlő lett a különbség a régi és az új szakaszok, állomások között, sőt, mivel egy hirtelen ötlettől vezérelve a következő szakasz lezárásáig teljes vonalon közlekedett egy rövid ideig a metró, rajta ülve még csukott szemmel is meg lehetett pontosan határozni az átépített szakasz kezdőszelvényét.



4. ábra
A vágányfelújítás utolsó fázisa a sínköszörülés [1]

5. Hogyan tovább?

Sajnos ahogy az már az ilyen nagy beruházásoknál lenni szokott, „nem volt idő a gólörömre”, az érintettek már az átadás előtt komoly fejtörésben voltak, hogyan tovább. Azt az élet (egészen pontosan az újabb közbeszerzési eljárások eredménye) időközben eldöntötte, hogy nem a középső, hanem a déli szakasz felújításával folytatódik a beruházás.
Ez persze újabb kérdéseket vetett fel. Meg lehet-e biztonságosan oldani, hogy a déli szakasz két vágányát fizikailag szeparálva a metrószerelvények hajnali és esti ki- és beállása lebonyolítható legyen úgy, hogy mellette munkavégzés zajlik. Ismét egymásnak feszült a szerződéses dokumentumokban leírt feltételrendszer a realitással. Végül minden érintett arra a kreatív megoldásra

jutott, hogy biztonságosan ez csak úgy lehetséges, ha napközben és hétvégén munkaterületként működik a szakasz, míg a metrószerelvények ki- és beállására szolgáló időablakokban a teljes munkaterület kiürítésre kerül, és kvázi üzemi területté minősül vissza. Az északi szakasz kivitelezése során, illetve az üzembe helyezését követő időben számos olyan tapasztalat született, amelyet célszerűnek tűnt átvinni a déli szakasz kivitelezésébe. Így pl. az északi szakaszon a tender szerinti zárt vízelvezetési rendszer és a födémek, oldalfalak szigetelésjavítása káros mellékhatásaként a talajvizek a pályabetonon keresztül szivárogtak be az alagútba, és így a leerősítéseket áztatták. Utólag persze kezelésre kerültek ezek a helyszínek, a zárt vízelvezető rendszerre történő ráfúrásokkal, nyílt hossz- és keresztfolyókák pótlólagos kiépítésével, de mindez csak tüneti kezelés volt. Megoldást csak egy teljes koncepcióváltás jelenthetett, aminek a közbeszerzési szempontból történő adminisztratív kezelése nehezen volt elképzelhető.
A szigetelésjavítási koncepció is felülvizsgálatra került, a födémek teljes körű javítása a gerendás födémek kivételével megmaradt alapelvnek, viszont az oldalfalak teljes körű javítása helyett a lokális beszivárgások megszüntetése, illetve a beszivárgó vizek kritikus helyekre (vasúti pálya és tartozékai, járműszerelvények, kábeltartó szerkezetek) történő eljutásának megakadályozása, illetve a beszivárgó vizek irányított elvezetése vált fő szemponttá.
A Határ út előtti U-műtárgyakig tartó felszíni szakasz vasúti alépítményének felújításával kapcsolatban komoly szakmai aggályok merültek fel. Az köztudott volt, hogy az építéskor létesített vasbetonlemez táblák alatti részben ismeretlen beton- és aszfalt rétegekbe valamilyen módon jelentős víztömeg került, ezért a táblák felúsztak, elmozdultak, billegtek. A tervezők által kidolgozott keresztszivárgók beépítése erre csak részben kínált volna megoldást, ráadásul kivitelezése a metróforgalom egy vágányon történő folyamatos fenntartása mellett lehetetlen lett volna. Vállalkozó ezért részletes geotechnikai feltárást és vágatolást végzett a szakaszon, ami alapján egy új műszaki megoldást terjesztett a beruházó elé. A speciális szakmai kérdésben mind a beruházó, mind a mérnök jelentős kockázatokat érzett, melyekre megnyugtató válasz igazából csak a kivitelezés utáni ellenőrző mérések adtak. Jelentős fegyvertény ugyanakkor, hogy végül sikerült visszaállítani ezen a szakaszon is a menetrendszerinti sebességet.
Maga a Határ út állomás előtt a vasúti pálya föld alá vezetését biztosító U-alakú műtárgyak felújítása is egy érdekes epizód volt. A bontási munkák során derült ki, hogy ezek nem a rendelkezésre bocsátott kiviteli tervek szerint épültek meg, hanem teljesen eltérő szerkezettel, melyet a tender szerinti beavatkozással inkább csak károsítottunk volna, felújítás helyett. Az eltérő szerkezet feltárása, dokumentálása és a célnak legjobban megfelelő beavatkozás kidolgozása is egy hosszabb újratervezési és egyeztetési folyamatot indított meg, amely megelőzhető lett volna abban az esetben, ha a rendelkezésre álló megvalósulási dokumentációk a ténylegesen megépült szerkezeti kialakítást ábrázolták volna.
Az átalakult organizáció és a szűkösen rendelkezésre álló metrópótlás miatt a beruházó nem tudta biztosítani a hétvégi teljes vágányzárakat, sőt egy időszakban egyáltalán nem volt vágányzár a középső és az északi szakaszon, ami viszont előfeltétele lett volna az ottani munkakezdésnek. Ugyanez az organizáció változás eredményezte azt a lehetetlen helyzetet, amit a Nagyvárad téri kitérő körzet és az állomások vasúti pályájának átépítése jelentett. Hosszú és fáradalmas egyeztetéssorozat eredménye lett, hogy az addig elképzelhetetlen teljes lezárás árnyékában a déli szakasz vágányzára alatt a metróközlekedés fenntartásával át tudtuk építeni a kezdőponti részt és mindhárom vágányt, míg a végponti oldali három kitérő és az állomási pályarészek átépítését a 2021-ben 4 hetes teljes vágányzárban tudtuk megvalósítani.
Más jellegű anomáliát jelentett a Kőbánya-Kispest állomás gyengeáramú munkarészeinek kivitelezése is. Ez az állomás a szomszédos bevásárlóközpont átépítésekor részben átépítésre ke-

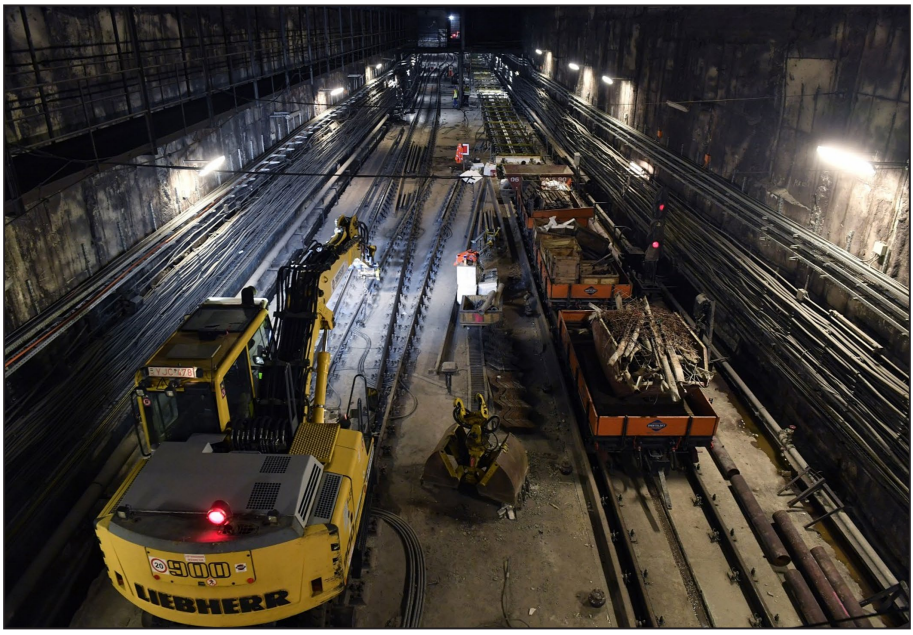
rült, ezért (illetve vélhetően költségtakarékossági szempontból) ennek az állomásnak a felújítása nem képezte a tárgyi rekonstrukció részét. Ugyanakkor a korábban kiépült tűzjelző, vizuális, hangos és segélykérő rendszerek nem voltak kompatibilisek a felújítás részeként kiépülő egységes rendszerrel, ráadásul ez az állomás egyúttal a MÁV területeken, illetve a kihúzó vágányokon is végez felügyeleti tevékenységet, mely semmiképp nem képezte a beruházás tárgyát.
Ebben az időszakban született meg a megállapodás a beruházó, a tulajdonos és a támogató, illetve az érdekképviseletek között, hogy az eredeti elképzeléssel ellentétben végül az összes metróállomás akadálymentesítése megvalósul, részben a beruházáson belül, részben azt követően, utólag.
A déli szakaszon került először leállításra a teljes munkavégzés, amikor a társvállalkozó bontási munkálatai során azbesztet mutatott ki nemcsak kötött, de szálló por formában is. Sajnos ettől kezdve a beruházás további szakaszain rendre került elő azbeszt a legváratlanabb helyekről is, amik minden esetben felborították az addig is cipőkanállal kihegyezett kivitelezési ütemtervet.
Amikor már azt gondoltuk, hogy minden halad a rendes kerékvágásban, megjelent egy világméretű vírus, és vele együtt kitört a pandémia. Ennek a kezelésére nem volt igazán senki felkészülve, de a vírusfertőzés, illetve az érintettség miatt karanténba kerülő kieső munkaerő, valamint az egyre nehezedő és kiszámíthatatlanabbá váló beszállítások tovább feszegették az amúgy is kritikus úton túllévő ütemtervet.



5. ábra

Megindult az utasforgalom a felújított déli szakaszon [2]

6. Mi lenne, ha …



6. ábra
Nagyvárad téri kitérők átépítése [3]

A fentiekben felsorolt események és körülmények vezettek oda, hogy az eredetileg 34 hónapra tervezett megvalósítási idő a végéhez közeledett, miközben egyedül az északi szakasz felújítása fejeződött be nagyjából teljesen, a déli szakasz előrehaladott állapotban, a középső szakasz munkára félig előkészített állapotban volt. A középső szakasz állomási munkáira még nem volt érvényes kivitelezési szerződés, a járműtelep és a diszpécserház felújítási munkái pedig éppen csak megkezdődtek, és mindkét helyen olyan mértékű akadályoztatások/eltérések merültek fel, amelyek kezelése beláthatatlan volt. Mindenki a másik szereplőre nézett tanácstalanul, lesz-e folytatás, és ha igen, akkor hogyan. Ebben benne volt az a veszély is, hogy hosszabb időre egy félig-meddig munkába vett torzó marad Közép-Európa legnagyobb utasforgalmat lebonyolító vasúti viszonylata, amit nyilván senki se szeretett volna. A felek egyedül abban tudtak megállapodni, hogy legalább a már majdnem befejezett déli szakasz kerüljön befejezésre és visszaadásra az utasforgalomnak, ami végül 2020. októberében meg is történt (5. ábra).
Számtalan tárgyalás, ötletelés jellemezte ezt az időszakot, amely a botrányra éhes média figyelmét se kerülte el, ugyanakkor a megoldás keresésében sokkal kisebb volt az érdeklődés. Végül mindkét fél jelentős kompromisszumok felvállalásával és a társadalmilag igen jelentős érdek felé fordulva alázattal sikerült megtalálni a labirintusból kivezető utat. Mindeközben eredményes lett a középső szakasz állomásaira kiírt közbeszerzési eljárás is, így sok-sok újabb komor hangvételű egyeztetés és még több álmatlan éjszaka után felszállt a fehér füst, folytatódhatott a metrófelújítás.
Az eltelt idő, a felfüggesztés miatt nem kellő mértékben előkészített munkaterület, a megváltozott akadálymentesítési koncepció, az újabb organizációs változások, az újonnan „színpadra lépett” szereplők, valamint az időközben lezajlott önkormányzati választások oldalvizén befutó

építészeti koncepció változás egy gyakorlatilag a befejezésig tartó állandó újratervezési folyamatot indított be, amit – ahogy azt valaki nagyon találóan megfogalmazta – nem is sikerült befejezni, hanem egy bizonyos ponton mindenki egyetértésével úgy maradt.

7. Elindul az igazi metrófelújítás – a mélyvezetésű szakasz



7. ábra

A mélyvezetésű szakasz jellemző keresztmetszete[2]

Az „igazi alagút" a mélyvezetésű alagút, ami az M3 metróvonal esetében Budapest legértékesebb belvárosi területei alatt 20-30 méterrel biztosítja a gyors, biztonságos és kiszámítható eljutási lehetőséget (7. ábra). Ezen szakasz sajátosságai is a mélyvezetésből adódnak, a Nagyvárad tér és a Lehel tér között gyakorlatilag két, egymástól független csőben haladnak a metrószerelvények, melyeket egyedül a Deák téren az M2 metróvonallal való vasúti kapcsolatot biztosító összekötő alagút kapcsol össze vasúti szempontból. Az állomások középső peronja, illetve az állomások előtt és után, illetve a vonali szellőzőknél található összekötő folyosók csak gyalogos átjutást tesznek lehetővé. A kéregalagutas szakaszokkal szemben itt a vonali szellőző műtárgyak is több vízszintes és függőleges szerkezeti részre vannak tagolva. Az organizáció szempontjából ezek nem értékelhetőek. Viszonylag korlátozottan figyelembe vehetőek még az állomási lejtaknák. Az organizáció miatt a középső szakasz munkálatai során mind az északi, mind a déli szakasz már utasforgalomba került, s teljes vágányzárak helyett továbbra is csak részleges hétvégi vágányzárak kerültek biztosításra a déli szakasz lezárásával. A folyamatos társadalmi/politikai nyomás miatt a munkanapi meghosszabbított üzemszünetek kivezetésre kerültek, ami tovább szűkítette a vállalkozók mozgásterét. A szűkös körkeresztmetszetű alagútba éppen illeszkedő űrszelvény mellett elhanyagolható tér marad az anyagok és a segédszerkezetek (állványok) elhelyezésére, míg a másik csőben a vágányépítési munkák kiterjedése és organizációja miatt egyéb munkafolyamatok végzése nem igazán lehetséges, így gyakorlatilag a legtöbb korábban vasúti

kiszolgálás nélkül végzett tevékenység vasúti kapacitásokra tart igényt. Sajnos sem a vasúti szerelvények, sem a járművezetői létszám nem pozitív irányba fejlődött a felújítás ideje alatt, ezért a vasúti kapacitások kihasználása egyre gyakoribb és egyre magasabb szintű fórumokon vált vitatémává. Az északi szakasz kiszolgálása miatt ráadásul az esti időablakra az egyik vágányról minden vasúti szerelvényt ki kellett vezényelni, a két pályán lévő összes gyalogos átjutási lehetőséget le kellett zárni, az állomásokon zárt kerítéssel kellett biztosítani, hogy ne juthasson senki a feszültség alá kerülő alagútba. Komoly logisztikai feladat hárult tehát a vasúti szállítások szervezésével foglalkozó munkatársakra, amibe egy-egy előre nem tervezhető körülmény napi szinten jelentett újratervezési feladványt. Kitartásuknak (és Istennek hála) végül egyetlen nap se kellett munkatársaimnak a KFM felé negatív jelentést tennie a pálya átjárhatóságának vonatkozásában, de azt túlzás lenne állítani, hogy nem volt olyan, hogy rezgett a léc.

A társvállalkozóval a beruházó olyan szerződést kötött, melynek értelmében három ún. előrehozott átadású állomást 2022 májusában forgalomba kell helyezni, ami azonban a vasúti pálya vonatkozásában öt állomás és csatlakozó alagútszakaszainak elkészítését tette szükségessé. Az állomási és alagúti feladatrészek szétválaszthatatlansága miatt ismét kompromisszumokat kellett kötni, ide nem értve a vasúti pálya és a biztosítóberendezés teljes körű elkészültét.

Amikor már kezdett körvonalazódni minden, és a pandémia következményei is kezdtek kezelhetővé válni, Oroszország megtámadta Ukrajnát, és kezdetét vette egy mai nap is tartó háború, aminek a káros következményei még a COVID-hoz képest is jelentősebbek lettek. Nemcsak az alapanyagok, az Ukrajnát érintő szállítások váltak bizonytalanná, hanem gyártói kapacitáshiányok jelentek meg, alvállalkozói létszámok tűntek el, az energia, az üzemanyag árak, és persze a forint árfolyama is a végtelen felé indult meg hirtelen.

A társvállalkozói szerződések közötti koordináció még sohasem vált ennyire fontossá, ugyanakkor a kialakult kaotikus helyzetben mindenki annak örült, ha bármely munkarész elkészül még akkor is, ha technológiailag nem annak lett volna ott az ideje. Ennek a körülménynek a munkafolyamatok végén álló gyengeáramú munkarészek kivitelezése „itta meg a levét", ugyanis az átadások közeledtével úgy kellett dolgozniuk, hogy bizonyos, a munkakezdéshez szükséges előfeltételek még nem álltak rendelkezésre, ellenben bizonyos munkarészek már elkészültek, amiknek nem kellett volna. Az addig is számtalan kompromisszumon felül további engedményeket kellett tenni a szerződésben foglalt feltételekhez képest, bár igaz, a szerződés nem is számolt olyan alagútszakaszok forgalomba helyezésével, amelyekhez tartozó állomások még nem készültek el.

Az már csak egy savanyú hab volt az amúgy is keserű tortán, hogy éppen ebben az időszakban vált fizetésképtelenné és került felszámolás alá az addig kvázi konzorciumi partnerként a gyengeáramú munkarészek megvalósításáért felelős alvállalkozónk. Ezzel egy újabb olyan problémahalmaz szakadt a nyakunkba, amelyre nem voltunk felkészülve, viszont igen kiterjedt méretű volt.

Az egymást között csak 3K néven emlegetett Corvin-negyed, Klinikák és Kálvin tér állomások végül 2022 májusában ténylegesen forgalomba álltak, míg a metrószerelvények ezzel párhuzamosan Kőbánya-Kispest és Deák tér között közlekedtek menetrend szerint.

8. Valahogy most már mégis be kellene fejezni ezt a felújítást



8. ábra
A felújított központi diszpécser munkahelyek [2]

Az átadás-átvétel során, illetve az addigra eléggé begyűrűző globális szállítási problémák miatt ismét egybehangzóan kiáltottak fel az érintettek: „Kifutunk az időből!”. Ez újabb fejtörést, ötletelést, újratervezést eredményezett. Mit lehetne tenni? Hátra volt még hat állomás felújítása, amiből kettő csak a 3K átadása után került lezárásra, tehát ott még el se kezdődött a munkavégzés. Maradt egy közel kétszer 4 km hosszú vasúti pálya, aminek egyik fele ugyan elkészült, de valamiért ott senki nem akart munkát végezni. Előttünk állt a központi Szabó Ervin téri Diszpécserház felújítása, beleértve a nyári 8 hetes vágányzárra ütemezett KFM munkahely felújítását, valamint a továbbra is problémát problémára halmozó járműtelep felújítása.

Számos egyeztetés után (amelyeket nyilván még több háttérben folytatott megbeszélés követett) megszületett az a befejezési koncepció, amire fel lehetett építeni a munkákat, az átadásokat, és a beruházás külső keretrendszeréből sem kell kilépnie. Ennek lett az eredménye, hogy a hátralévő hat állomás kettesével csoportosítva kerülhetett befejezésre és átadásra, így az anyagellátási nehézségek miatti lassabb szállítások ütemezhetővé váltak, a kivitelezői létszámokat át lehetett csoportosítani, a beruházói/mérnöki/üzemeltetői létszámokat is jobban lehetett összpontosítani. A továbbiakban ennek megfelelően kerültek forgalomba 2023 januárjában a Ferenciek tere és Deák tér állomások, 2023 márciusában az Arany János utca és a Nyugati pályaudvar állomások, és ezzel párhuzamosan visszaállt a teljes metróközlekedés Kőbánya-Kispest és Újpest-Központ között, végül utolsóként 2023 májusában megnyílt az utasforgalom előtt a Nagyvárad tér és a Lehel tér állomás is.

A legtöbbször már csak állatorvosi lóként emlegetett Diszpécserház felújítása is véget ért (8. ábra), bár bizonyos speciális körülmények miatt a központi diszpécser munkahelyek még nem működhettek teljes funkcionalitásukban, amire hamarosan sor kerül.

Befejeződtek a járműtelep felújítási munkái is, már amennyiben a fordítókoronggal, illetve a térvilágítással kapcsolatban felmerült pótmunkákat nem az eredeti műszaki tartalom részének tekintjük. Az ilyen jellegű munkák is folyamatban vannak, és vélhetően a konferencia megtartásának idején már ezekről is múlt időben lehet majd beszélni.

A beruházás egyik legelőremutatóbb fejlesztése az a SCADA rendszer, amelyről tapasztalataink szerint a legtöbben azt sem tudják, micsoda, de azt mindenki tudni véli, hogy nincs kész. Ezzel kapcsolatban szeretnénk néhány félreértést tisztázni.

A Wikipedia szerint a SCADA (Supervisory control and data acquisition = felügyeleti vezérlő és adatkezelő) rendszer „egy olyan vezérlőrendszer-architektúra, amely számítógépeket, hálózatba kapcsolt adatkommunikációt és grafikus felhasználói felületeket tartalmaz a gépek és folyamatok magas szintű felügyeletére. Ide tartoznak továbbá az érzékelők és egyéb eszközök, például a programozható logikai vezérlők, amelyek kapcsolódnak a folyamatüzemhez vagy a gépekhez." [4] A SCADA rendszer a vállalkozó érdekkörében saját szakemberei által került specifikusan az M3 metróvonal felújításához kapcsolódóan kifejlesztésre, felhasználva létező és kereskedelmi forgalomban lévő szoftvereket. A SCADA egy olyan kapcsolatot képez az összes rákapcsolt gépészeti, elektromos és gyengeáramú, egyebekben önállóan működő rendszer között, amely a felhasználók számára egyszerűsített központosított megjelenítést, egységes kezelőfelületet, bizonyos esetekben pedig előre meghatározott protokollok szerint tömbösített parancskiadásokat tesz lehetővé. Fontos azt tisztázni, hogy maga a SCADA nem vezérel semmilyen eszközt, nem ad parancsokat egyetlen rá csatlakoztatott eszköznek és rendszernek sem, viszont folyamatosan figyeli azok működését, működőképességét, állapotát, és adott esetekben kommunikál egyes rendszerek között.

A SCADA alaprendszer szinte minden állomáson már az átadás pillanatában felállt, alap működésben a hibaüzenetek megjelenítésére, és a folyamatában rácsatlakoztatott rendszerek állapotának visszajelzésére szolgált. Nagyon fontos és rendkívül kimerítő feladat volt az egyes rendszerek SCADA integrálása előtt megismerni az érintett rendszerek (PLC-k) tényleges felépítését és működését, és meggyőződni azok leírás szerinti működéséről. Talán érdemes egyszer megemlíteni, hány ilyen rendszert érint a SCADA: mozgólépcsők, passzázskapuk, liftek, füstfüggönyök, alagútvilágítási körzetek, üzemkezdet előjelzés, feszültség-állapot jelzés, szivattyúk, elosztó felügyelet, főszellőzés, állomási világítás, tűzivíz hálózat, üzemi terek szellőztetése, tűzjelzés. Ezen felül a SCADA által nyújtott információk segítségével tudja a központi diszpécser vezérelni, illetve adott esetben felülvezérelni az egyebekben az állomásokon autonóm módon működő rendszereket, mint a mozgólépcső-vezérlés, a passzázskapuk, a mozgólépcső vészleállítás, illetve a peron-vészrendszerek. Éppen ezért az egyes rendszerek csak egyesével, állomásonként külön-külön kerültek integrálásra. A SCADA integráció után az integrált rendszerek már a SCADA felületről is letesztelésre kellett, hogy kerüljenek, csak ezt követően engedélyezte az üzemeltető az adott állomáson az adott rendszerek SCADA-n keresztüli felügyeletét.

Minden ügy megoldódott, minden vita lezárult? Nos, ez egyelőre nem így van, ahogy már az előbbiekben is említettük, vannak olyan munkarészek, melyek objektív okokból korábban nem tudtak elkészülni, ezek még előttünk állnak. Vannak az elkészült munkarészekkel kapcsolatban hibák és hiányosságok, melyek többsége természetesen jótállási körbe tartozik, de vannak bizony olyan ügyek, amelyek megnyugtató megoldása, rendezése még nem zárult le. Hasonlóképpen vannak olyan változtatások, elszámolások, elvarrandó szálak, melyek a végszámla összeállításáig rendeződnek, remélhetőleg minden fél számára megnyugtató módon.

Konklúzió, avagy Mit csinálnánk másként, ha ma újrakezdhetnénk

Erre a beruházás hatéves tapasztalatával a tarsolyunkban, illetve a fejünkben nagyon könnyű lenne bölcsességeket mondani, ugyanakkor a következő hasonló beruházások számára már az előzőekben igyekeztünk néhány gondolatot megfogalmazni. Reméljük, lesz folytatása a beruházásnak, ahol a megszerzett tapasztalatokat kamatoztatni is módunkban áll majd.
Összességében büszkék vagyunk arra, hogy részt vehettünk ebben a szakmailag méltán különleges beruházásban, büszkék vagyunk saját teljesítményünkre, munkatársainkra, partnereinkre, hibáink ellenére, tévedéseinkkel együtt, egyúttal megköszönjük minden társszereplőnek azt az összességében konstruktív együttműködést, ami nélkül ma nem lehetne ilyen pozitív módon visszatekinteni a beruházásra. Egyúttal felkérjük a beruházáson részt vevő partnereinket, hogy építő kritikai jellegű észrevételeiket, tanácsaikat osszák meg velünk, mert mindig van mit tanulnunk, és szüntelenül törekszünk jobbá válni.

Irodalomjegyzék

[1.] https://m3felujitas.hu/m3-as-multja
[2.] magyarepitok.hu
[3.] vasuttechnika.hu
[4.] https://en.wikipedia.org/wiki/SCADA



KTE

BKV ZRT
BKV. ÖNNEK JÁR.

A rendezvény a BKV Zrt. szakmai támogatásával
a Közlekedéstudományi Egyesület szervezésében valósul meg.